

# Lihaluujauhon soveltuvuus sokerijuurikkaan lannoitteeksi

Marko Syvänen

Maisterintutkielma

Helsingin yliopisto

Maataloustieteiden laitos

Agroekologia

Tammikuu 2011

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Marko Syvänen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Lihaluujauhon soveltuvuus sokerijuurikkaan lannoitteeksi			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroekologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Tammikuu 2011	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 58
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Lihaluujauho muodostaa maatilojen myytävien kasvi- ja eläinperäisten tuotteiden jälkeen tärkeimmän agroekosysteemeistä poispäin suuntautuvan ravinnevirran. Se sisältää runsaasti pääkasvinravinteita tyypeä, fosforia ja kalsiumia (N ~8%, P ~5%, Ca yleensä ~10-15% luuaineksen määrästä riippuen), sekä kaliumia n.1% tai alle. Lihaluujauho on todettu tehokkaaksi lannoitteeksi useilla viljelykasveilla ja sen käyttö on sallittu myös luomuviljelyssä EU-alueella. Lihaluujauhoon ja erityisesti sen rehukäyttöön liittyvistä riskeistä merkittävin on TSE-tautien riski (naudan BSE-, lampaiden ja vuohien scrapie-, sekä ihmisen vCJD-taudit). Rehukäyttöä on monissa maissa rajoitettu 1980-luvulla puhjenneen BSE-kriisin myötä. BSE-taudin leviäminen yhdistettiin tilanteeseen, jossa nautaperäistä lihaluujauhoa käytettiin nautaeläinten rehun ainesosana. Myös lihaluujauhon käytössä turkiseläinrehuna saattaa piillä BSE:n tai muun TSE-taudin riski. Oikein käsitellyn lihaluujauhon lannoitekäyttöön ei kuitenkaan näytä tarkastelemieni tutkimusten perusteella sisältyvän huomattavaa TSE-riskiä, jos huolehditaan asianmukaisista varotoimista ja menettelyistä sekä tuotteen valmistusprosessissa, että käytettäessä lannoitetta. Lihaluujauhon lannoitekäytön lisääminen edistäisi ruokajärjestelmämme ravinnekierron sulkemista etenkin fosforin osalta. Lihaluujauho on uusiutuva luonnonvara, jonka lannoitekäytöllä voitaisiin korvata huomattava osa lannoiteaineena kulutettavista fosforipitoisista kiviaineista.</p> <p>Sokerijuurikkaan lannoituskokeissa Varsinais-Suomen Kaarinassa vuosina 2008 ja 2009 lihaluujauhokäsittelyt eivät menestyneet aivan yhtä hyvin satotasovertailussa kuin kontrollikäsittelyiden NPK-väkilannoitteet, mutta laatuominaisuuksiltaan (sokeripitoisuus; amino-N, K, ja Na-pitoisuudet) joiltakin osin kontrollikäsittelyjä paremmin. Kokeissa käytetyt lajikkeet olivat 'Jesper' vuonna 2008 ja 'Lincoln' vuonna 2009. Käytetty lihaluujauholannoite oli Honkajoki Oy:n Viljo Yleislannoite 8-4-3, joka sisälsi noin 10% kaliumsulfaatin ja kasvi-peräisten sivutuotteiden seosta. Viljo-lannoitetta käytettiin sekä yksistään, että yhdistettynä 10-25%:iin väkilannoitetta. Vuoden 2009 Viljo-koejäseniin vielä lisättiin kaliumsulfaattilannoitetta (42% K, 18% S), jotta päästiin annetun kaliumin määrässä päästiin lannoitusosuuden (60 kg K/ha) tasolle. Pelkkä Viljo-lannoite tuotti merkittävästi alhaisemmat sadot kuin kontrollikäsittelyt molempina vuosina. Kuitenkin kun Viljo-lannoitteen ohella käytettiin väkilannoitetta (10-25% kasvin typentarpeesta) päästiin varsin lähelle kontrollikäsittelyiden satotasoja. Myös pelkän LLJ-lannoitteen tuottamat satotasot olivat kuitenkin selvästi paremmat kuin Suomen keskimääräiset juurikassadot. Viljo-käsittelyillä oli selvästi positiivinen vaikutus laatutekijöihin amino-N, K ja Na vuonna 2008, mutta vuonna 2009 näiden pitoisuudet jäivät kontrollikäsittelyjen tasolle. Viljo-käsittelyiden sokeripitoisuudet olivat vuonna 2008 kontrollikäsittelyn luokkaa ja Viljo77%+NK1:n osalta kontrollia merkittävästi paremmat. Vuoden 2009 sokeripitoisuudet olivat kaikilla koejäsenillä erinomaiset, ja käsittelyiden välillä ei ilmennyt merkittäviä eroja. Kokeiden perusteella kaliumsulfaatilla täydennetty lihaluujauho on hyvin toimiva lannoite sokerijuurikkaalla Suomen olosuhteissa, etenkin yhdistettynä väkilannoitukseen.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Lihaluujauho, sokerijuurikas, lannoitus, lannoituskoe, agroekologia, BSE, vCJD			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos, Helsingin yliopisto			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Marko Syvänen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Lihaluujuuhon soveltuvuus sokerijuuriikkaan lannoitteeksi			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroecology			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year January 2011	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 58
Tiivistelmä — Referat — Abstract  Besides farms' main plant and animal products, meat and bone meal (MBM) represents agroecosystems' biggest outward flow of nutrients. MBM contains plenty of the main plant nutrients nitrogen, phosphorus and calcium (N ~8%, P ~5%, Ca usually ~10-15%, depending of the amount of bone matter), plus a little potassium (~1% or less). MBM has been proven efficient fertilizer on many plants, and it is also allowed for use in organic farming in EU. The most notable risk of MBM use relates to TSE-diseases (BSE for cattle, scrapie for sheeps and goats, and vCJD for humans). Its feed usage has been restricted in many countries since the BSE-crisis emerged in 1980's. The rise of BSE was attributed to feeding cattle with MBM of cattle origin. Also feeding MBM to fur animals might pose a TSE-risk. However, assessing on the base of the studies included in this thesis, the TSE-risk from fertilizer use of MBM appears to be rather small. Still, a prerequisite of this is that all appropriate precautions are followed in the production and handling of MBM as well as when using it. By increasing the fertilizer use of MBM we would be able to considerably improve the nutrient cycle of phosphorus and other nutrients in our food systems. MBM is a renewable resource. The fertilizer use of MBM would also diminish the dependency on non-renewable phosphorus-rich rocks, that are commonly used in fertilizers today.  MBM-fertilization was compared with mineral fertilizers in sugar beet field trials located in South-western Finland in the years 2008 and 2009. The cultivars used were 'Jesper' in 2008 and 'Lincoln' in 2009. The MBM source was Honkajoki Oy's Viljo Yleislannoite 8-4-3, of which 10% was a combination of potassium sulphate fertilizer (42% K, 18% S) and plant-based side products. Viljo-trials of 2009 also included added potassium sulphate to cover the nutrient requirements of sugar beet (60 kg K/ha). The plain Viljo-fertilizer produced yields that were significantly lower than control, but still above the Finnish average yields. When used in combination with mineral fertilizer (10-25% of the N content) the Viljo-trials produced yields close to the level of mineral fertilizers. The MBM-fertilization had a positive effect on beet quality in 2008 (measured in amino-N, K, and Na-concentrations), but in 2009 this effect was not present. Also, in 2008 one of the combinations (Viljo77%+NK1) produced a significantly higher sugar concentrations than the control. The sugar concentrations in 2009 didn't differ significantly between fertilizers used but were excellent in all trials. These field trials indicate that MBM supplemented with potassium sulphate has good potential for use as a fertilizer for sugar beet in Finnish conditions.			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Meat and bone meal, sugar beet, fertilizer, agroecology, BSE, vCJD			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences, University of Helsinki			

# Sisällys

Käyttämäni lyhenteet .....	5
<b>1 Johdanto</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Tutkimuksen tavoitteet</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Kirjallisuuskatsaus</b> .....	<b>9</b>
3.1 Lihaluujauho ja sen nykyiset käyttötavat .....	9
3.1.1 EU-alueen teurasjätteet ja niiden hyödyntäminen .....	9
3.1.2 Lihaluujauhon ravinnekoostumus .....	12
3.1.3 Lihaluujauhon pH .....	14
3.1.4 LLJ-lannoitteen raekoko ja levitystekniikka .....	14
3.1.5 Lihaluujauho fosforilannoitteena .....	15
3.1.6 Lihaluujauho typpilannoitteena .....	17
3.2 Sokerijuurikkaan viljely .....	18
3.2.1 Viljelyalueet, kasvupaikka ja kasvuvaatimukset .....	18
3.2.2 Sokerijuurikkaan laatutekijät .....	19
3.2.3 Sokerijuurikkaan ravinnetarve .....	20
3.3 Lihaluujauhon käyttöön liittyviä riskejä .....	21
3.3.1 Lihaluujauho ja TSE-taudit .....	21
3.3.2 Lannoitelihaluujauhon käsittely ja tautiriski .....	24
3.3.3 Lihaluujauhon käyttö turkiseläinten rehuna .....	25
3.3.4 Lihaluujauhon aiheuttama ammattiastma .....	26
3.3.5 Raskasmetallien pitoisuudet .....	27
3.3.6 Mykotoksikologinen laatu .....	27
3.4 Huomioita aiemmin tehdyistä lannoituskokeista .....	28
3.5 LLJ-lannoitteiden tuotteistamisen haasteita .....	29
3.6 Lihaluujauho agroekologisessa viitekehyksessä .....	30
<b>4 Kokeellinen aineisto ja menetelmät</b> .....	<b>33</b>
4.1 Koejärjestelyt .....	33
4.1.1 Vuoden 2008 kokeen taustatiedot .....	34
4.1.2 Kasvukauden 2008 sääolosuhteet .....	35
4.1.3 Vuoden 2009 kokeen taustatiedot .....	35
4.1.4 Kasvukauden 2009 sääolosuhteet .....	37
4.2 Käyttämäni analyysimenetelmät .....	38
<b>5 Tulokset</b> .....	<b>38</b>
5.1 Vuosi 2008 .....	38
5.1.1 Satotaso .....	38
5.1.2 Laatuominaisuudet .....	39
5.2 Vuosi 2009 .....	41
5.2.1 Satotaso .....	41
5.2.2 Laatuominaisuudet .....	42
5.2.3 Kasvuston lehtivihreämittaukset .....	43
<b>6 Tulosten tarkastelu</b> .....	<b>44</b>
6.1 Satotaso ja ravinteet .....	44
6.2 Sokeripitoisuus ja sokerisato .....	46
6.3 Ympäristötekijöiden vaikutus lannoitustehoon .....	47
<b>7 Johtopäätökset</b> .....	<b>49</b>
<b>8 Lähteet</b> .....	<b>51</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>57</b>

# Käyttämäni lyhenteet

BSE	<i>Bovine spongiform encephalopathy</i> , nautaeläimillä esiintyvä sienimäinen aivorappeumasairaus, ns. hullun lehmän tauti (engl. <i>mad cow disease</i> )
CJD	Creutzfeldt-Jakob disease, Creutzfeldt-Jakobin tauti
vCJD	vuonna 1995 ensi kertaa todettu uusi Creutzfeldt-Jakobin taudin varianttimuoto, joka yhdistettiin BSE-tautiin
LLJ	Lihaluujauho
SJT	Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus
TSE	<i>Transmissible spongiform encephalopathy</i>

# 1 Johdanto

Tuotantoeläinten ruhoista valmistettava lihaluujauho on suuri maatalojen ekosysteemeistä pois päin vievä kasvinravinteiden virta (Antikainen ym. 2008). Ainoa lihaluujauhoa merkittävämpi samansuuntainen ravinnevirta koostuu maatalojen myymistä tuotteista, olivat ne sitten kasvi- tai eläinperäisiä. Lihaluujauhossa on runsaasti kasveille välttämättömiä pääkasvinravinteita typpeä ja fosforia (N ~8 %, P ~5 %) (Ylivainio ym. 2008), mikä tekee siitä tehokkaan lannoiteaineen. Typpi- ja fosforipitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin monissa teollisesti valmistetuissa ja yleisesti käytetyissä lannoitteissa, esimerkiksi perunalle tarkoitettuisissa NPK-lannoitteissa. Tosin viljojen NPK-lannoitteissa typen määrä suhteessa fosforiin on yleensä selvästi suurempi kuin lihaluujauholla. Myös kalsiumin pitoisuudet ovat merkittäviä. Esimerkiksi Jengin ym. (2006) lannoitustutkimuksen lihaluujauhon kalsiumpitoisuudeksi ilmoitettiin ~10 %. Kalsiumin pitoisuus kuitenkin vaihtelee luumateriaalin määrästä riippuen. Lisäksi lihaluujauhossa on runsaasti orgaanista ainesta.

Eläinten luujauhon lannoitearvo tunnettiin ja sitä käytettiin huomattavissa määrin lannoitteena jo 1700-luvun jälkipuoliskolta lähtien. Englantiin tuotiin myös muualta Euroopasta sekä Etelä-Amerikasta ostettua luumateriaalia. Eläinten luiden lisäksi myös vanhoilta hautausmailta löydettyjä ihmisluurankoja hyödynnettiin lannoitteeksi käytettävän luujauhon valmistuksessa Englannissa (Simonen 1948, s.279-280).

1900-luvun jälkipuoliskolla Englannissa nautaeläinten ruhoista valmistettua lihaluujauhoa alettiin käyttää nautojen rehuna sen sisältämän halvan proteiinin vuoksi. Tämä johti 1980-luvun loppupuolella BSE-kriisiin, joka vavisutti etenkin Ison-Britannian maataloutta ja nousi laajalti esille suomalaisissakin medioissa. Kun lihaluujauhon rehukäytön yhteys nautaeläinten BSE-tautiin selkiytyi vähitellen, alettiin rehukäyttöä rajoittaa, kunnes se kiellettiin monin paikoin kokonaan.

Nykyisin lihaluujauhon lannoitekäytön mahdollisuudet ovat jääneet liian vähäiselle huomiolle maanviljelyssä. Suurta osaa lannoitteeksi kelpaavasta ainekse-

ta ei hyödynnetä suoraan lannoitteena, vaan se käytetään esimerkiksi turkiseläinten rehuna tai muissa käyttökohteissa. Osaksi varmaankin BSE-kriisin myötä koko lihaluujauho on saanut huonon maineen riippumatta sen käyttötarkoituksesta ja siitä mitä ainesosia käytetty lihaluujauho sisältää. On hyvä huomata, että BSE-taudin kannalta kriittistä, ns. TSE-riskiainesta, ei sisällytetä ainakaan EU-alueen LLJ-lannoitteisiin.

Lihaluujauhon lannoitekäytön vaikutuksia satotasoon ja sadon laatuominaisuuksiin on tutkittu useissa eri tutkimuksissa viime vuosikymmeninä. Koekasveina tutkimuksissa on ollut ainakin englanninraiheinä, kevät- ja syysvehnä, ohra, kaura sekä peruna (Salomonsson ym. 1994 ja 1995; Fredriksson ym. 1997 ja 1998; Jeng ym. 2004 ja 2006; Kivelä 2007; Chen 2008; Ylivainio ym. 2008; Anttila 2009; Tammeorg 2010; Sempiterno ym. 2010). Maataloustieteellisistä tietokannoista suorittamieni hakujen perusteella vastaavantyyppisiä tutkimuksia ei kuitenkaan ole aiemmin tehty sokerijuurikkaalla. Monet kasvilajit saattavat reagoida eri tavoin samoihin lannoitteisiin, joten lihaluujauho-lannoituskokeiden tekeminen useilla eri kasvilajeilla on eduksi. Sen lisäksi, että näin saadaan tietyn kasvin lannoittamisesta uutta käytännön tietoa, voidaan tutkittavan aineen, lihaluujauhon, lannoituksellista arvoa hahmottaa tarkemmin myös yleisemmällä tasolla. Tässä tutkimuksessa pyrin täyttämään tätä tieteen kentän aukkoa tutkimalla lihaluujauhokäsittelyn vaikutusta sokerijuurikkaan satotasoon ja laatuun.

Näkökulmani olen pyrkinyt rajaamaan koskemaan pääasiassa EU-aluetta ja Suomea, siinä määrin kuin tämänkaltainen raja on mahdollinen. Esimerkiksi BSE-kriisin kohdalla on tarpeen käsitellä siihen liittyviä asioita laajemmasta näkökulmasta. Kuitenkin kokeellinen aineistoni on Suomen kenttäoloista. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että lihaluujauhon lannoitusvaikutus on riippuvainen ilmasto-olosuhteista (ks. esim. Kivelä 2007). Tämän vuoksi tutkimukseni tulokset ovat parhaiten sovellettavissa samantyyppisissä ilmasto-olosuhteissa kuin missä koe toteutettiin.

Suomessa lihaluujauhoa on hyödynnetty eniten luomuviljelyssä (Elosato 2010). Jatkossakin sen luultavasti suurin käyttöpotentiaali tulee olemaan juuri luomuviljelyn puolella, koska tavanomaisessa viljelyssä yleisimmin käytetyt NPK-

väkilannoitteet ovat luomuviljelyssä kiellettyjä. Tämän vuoksi koetan painottaa tutkimuksessani luomuviljelyn näkökulmaa. Lihaluujauhon käyttö lannoitteena sopii siinä mielessä hyvin luomuviljelyn ajattelutapaan, että sen avulla voidaan tehostaa fosforin, typen ja muiden ravinteiden kiertoa maatalousekosysteemeissä. Toisaalta, kaikki luomuviljelyn piirissä toimijat eivät ole yhtä mieltä siitä, että lihaluujauhon käyttö soveltuisi luomuviljelyyn, ainakaan ennen kuin sen käyttöön liittyvät riskit on poissuljettu riittävän kattavasti. Lihaluujauho on siinä mielessä uusiutuva luonnonvara, että sitä syntyy tulevaisuudenkin maataloustuotannossa runsain määrin niin kauan kuin lihan, maidon ja muiden kotieläintuotteiden tuotanto jatkuu nykyisenkaltaisessa laajuudessa. Luomuviljelyssä lannoiteaineina käytettävät fosforipitoiset kivet kuten apatiitti ovat sitä vastoin uusiutumattomia luonnonvaroja, joiden käytölle on hyvä etsiä vaihtoehtoja. Tätä taustaa vasten koetan tarkastella lihaluujauhon lannoitekäytön mahdollisuuksia sekä hieman arvioida siihen liittyviä riskejä.

## 2 Tutkimuksen tavoitteet

Lihaluujauholannoituksen vaikutuksia ei ole ilmeisesti aikaisemmin tutkittu sokerijuurikkaalla. Tarkoitukseni tässä tutkimuksessa on selvittää, kuinka LLJ-pohjaiset lannoitteet soveltuvat sokerijuurikkaan lannoitteeksi Suomen viljelyolosuhteissa, erityisesti Varsinais-Suomessa, missä kenttäkoe tehtiin. Samalla pyrin myös arvioimaan lihaluujauhon lannoituskäyttöön liittyviä riskejä kirjallisuuskatsauksessa tarkastelemieni tutkimusten perusteella. Lihaluujauhon tulee olla EU:n ja Suomen lakien säättämien vaatimusten mukaisesti käsiteltyä. Kokeellinen aineistoni ei ole luomuviljelylle spesifinen, mutta koetan ottaa erityisesti luomuviljelyyn liittyvät tarpeet huomioon, koska lihaluujauhoa käytetään Suomessa eniten juuri luomuviljelyssä ja näyttää siltä, että suurin käyttöpotentiaali tulevaisuudessakin olisi luomuviljelyn puolella. Kokeellisen osan tutkimuskysymykseni ovat:



1. Minkälaisen satovaikutuksen LLJ-lannoitteet saavat aikaan verrattaessa väkilannoitteisiin?
2. Minkälaisia sokerijuurikassadon laatuun liittyviä vaikutuksia lihaluujauho-pohjaisilla lannoitteilla on havaittavissa? Laatutekijöinä tässä tutkimuksessa huomioidaan sokeripitoisuus, sekä sokerin hyödynnettävyyteen saantoprosentin kautta vaikuttavat aminotyypen, kaliumin ja natriumin pitoisuudet.

## 3 Kirjallisuuskatsaus

### 3.1 Lihaluujauho ja sen nykyiset käyttötavat

#### *3.1.1 EU-alueen teurasjätteet ja niiden hyödyntäminen*

Lihaluujauho on teurastamoteollisuuden sivutuote, jota syntyy kuolleiden tuotantoeläinten ruhoista. Lihaluujauho on yleistermi, joka siis käsittää kaikki teurasjätteistä jauhetut tuotteet. Lisäksi se sisältää itsestään kuolleita eläimiä, sekä hylättyjä ruhoja ja ruhonosia. Lihaluujauhon käyttöön nautaeläinten rehuna liittynyt 1980-luvulla alkanut BSE-kriisi johti siihen, että lihaluujauhon käyttöä alettiin laeilla rajoittaa ja säädellä aiempaa tarkemmin. Lihaluujauhon lannoituskäytön ehdot EU-alueella kiristyivät vuonna 2002 EU-komission sivutuoteasetuksen EY 1774/2002 myötä. Kuitenkin vuonna 2006 voimaantullut aiempaa sivutuoteasetusta täydentävä asetus EY 181/2006 takaa sen, että oikein käsiteltyä lihaluujauhoa, joka ei sisällä riskiainekseksi luokiteltuja ruhonosia voidaan käyttää kasvinlannoitteena. Sivutuoteasetus määrää mm. siitä, kuinka EU-alueen eläinperäisiä sivutuotteita tulee käsitellä, varastoida, kuljettaa, hävittää ja käyttää. Uusin vuoden 2002 sivutuoteasetusta joiltakin osin täydentävä asetus (EY 790/2010) annettiin syyskuussa 2010. Lisäksi Suomessa lihaluujauhon lannoitekäyttöä säätelee kansallinen lannoitevalmistelaki (539/2006), joka astui voimaan kesällä 2006, ja joka ottaa myös EU:n lannoitelainsäädännön huomioon.

Edellämainittu sivutuoteasetus EY 1774/2002 luokittelee teurasjätetuotteet kolmeen luokkaan. Luokittelun perustana on ajatus, että luokan 1 riskitaso on korkein ja luokan 3 matalin. Seuraavassa kuvaillaan eri luokkien sivutuotteita (EY 1774/2002; TTS ry 2005):

#### Luokka 1: TSE-riskimateriaali

Luokan 1 aines katsotaan niin vaaralliseksi, että se poltetaan. Tähän luokkaan kuuluvat kaikki eläimet, joissa on todettu TSE-tauti tai sen epäily (TSE-taudeista ks. luku 3.3.1). TSE-riskiainekseen sisältyy teurastamoilta saadut nautojen, lampaiden ja vuohien pääkallot, selkäranka ja muut sellaiset ruhonosat, jotka on katsottu mahdollisiksi prionin, patogeeniseksi muuttuneen proteiinin, välittäjiksi sairastuneesta eläimestä potentiaaliseen taudinkantaajaan. Luokkaan 1 kuuluu mm. myös maataloilta kerätyt nautojen, lampaiden ja vuohien raadot, lemmikki-, eläintarha-, sirkus- ja koe-eläimet, sekä myrkyä tai doping-ainetta saaneet eläimet.

#### Luokka 2:

Tähän luokkaan kuuluu pääasiassa hevosia, sikoja ja siipikarjaa. Luokan 2 sisältämät siipikarjan ja sianruhot ovat teurastamoilta sekä maatilojen raato-keräyksestä tulleita. Luokkaan 2 kuuluu myös mm. lääkettä sisältävä aine ja lanta tai ainesosat, joiden seassa on lantaa. Tämän luokan valkuaispitoista ainesta voidaan käyttää LLJ-lannoitteissa.

#### Luokka 3:

Tähän luokkaan luetaan teuraseläinten osat, jotka on todettu ihmisravinnoksi kelpaaviksi, mutta joita ei ole kaupallisista syistä tarkoitettu ihmisravinnoksi. Luokkaan 3 kuuluvat hyväksytyjen ruhojen vuodat, nahat, kaviot, sarvet, sorkat, sianharjakset, höyhenet ja sulat, sekä hyväksytyjen ruhojen sellaiset osat, jotka on hylätty esimerkiksi likaantumisen tai vertymien takia. Tietynlaiset elintarvikkeiden valmistuksen sivutuotteet kuuluvat tähän luokkaan mikäli ne eivät näytä aiheuttavan terveysvaaraa. Sama koskee elintarvikkeita, jotka ovat vanhentuneet niin, että niitä ei voida enää myydä ihmis-

ravinnoksi. Kolmannen luokan aineksia on täysin sallittua sekoittaa muiden luokkien aineksen joukkoon.

EFPRA:n (*European Fat Processors and Renderers Association*) uusimman tilaston mukaan vuonna 2009 EU19-alueen teurasjätteistä vain 14 % hyödynnettiin kasvintuotannossa lannoitteena (Coelenbier/EFPRA 2010). Muita keskeisimpiä vuoden 2009 eläinperäisten sivutuotteiden käyttökohteita olivat lemmikkieläinten ruuat (27 %), tuotantoeläinten rehu (11 %), oleokemikaalit ja saippua (9 %) sekä ihmisruoka (3 %). Kuitenkin prosentuaalisesti suurin osa mainituista sivutuotteista päätyi EFPRA:n mukaan energiakäyttöön.

EFPRA:n tilastotietojen mukaan EU19-alueella syntyi yhteensä 16171 milj. kiloa eläinperäisiä prosessoituja tuotteita vuonna 2009. Tämä luku käsittää kaikki punnitut ja tilastoidut kategorioiden 1, 2 ja 3 teurasjätteet sekä teurastamoiden eläinruhoista vielä ihmisruuaksi käytetyt ja jalostetut kudokset. Niistä kategorioiden 1 ja 2 teurasjätteitä syntyi 6 014 milj. kiloa. Kattegoria 3 ja ruuaksi käytetyt osuudet käsittivät yhteensä 10 157 milj. kiloa. Tästä voimme huomata, että teurasjätteiden määrät ovat volyymiltaan hyvin suuria. Teurasjätteissä liikkuu paljon ravinteita, jotka ovat peräisin tuotantoeläinten rehusta, pääasiassa maataloilta kasvatetuista kasveista.

Käsite agroekosysteemi tarkoittaa tiettyä maataloustuotannon ekologista aluetta kuten vaikkapa maatilaa, joka voidaan ymmärtää tämän rajatun alueen lajiston ja ympäristön käsittävänä vuorovaikutuksellisena systeeminä eli ekosysteeminä. Voimme edellä kuvattujen eri käyttökohteiden prosentuaalisten osuuksien perusteella huomata, että vain neljäsosa (25 %) eli lannoitteet ja tuotantoeläinten rehu päätyy takaisin agroekosysteemin kiertoon (Coelenbier/EFPRA 2010). Loput 75 % päätyy agroekosysteemin ulkopuolelle.

Suomessa lannoitteeksi käyttökelpoista lihaluujauhoa muodostuu noin 21milj.kg vuodessa, ja se sisältää noin miljoona kg fosforia. Kuitenkin lannoitteeksi kelpavaa lihaluujauhoa käytetään turkiseläinten rehuksi noin 7-8milj.kg vuodessa. Turkiseläinten rehuksi käytettävää osuutta ei tarvitse EU-alueella renderöidä samaan tapaan kuin jos aines käytetään lannoitteenvalmistuksessa, mutta se

**Taulukko 1.** Pohjoisamerikkalaisen lihaluujauhon pääravinteet mitattuna prosentteina kuiva-aineesta Garcian ja Rosentraterin (2008) mukaan.

<b>RAVINNE</b>	<b>PITOISUUDEN KESKIARVO (%)</b>	<b>KESKIARVON KESKIVIRHE (%)</b>
Typpi, Na	8,44	0,16
Fosfori, P	4,40	0,52
Kalium, K	0,557	0,121
Kalsium, Ca	9,42	1,12
Magnesium, Mg	0,252	0,041
Rikki, S	0,380	0,093

on kuitenkin happokäsiteltävä, jotta taudinaiheuttajilta rehussa vältyttäisiin. Renderöinti tarkoittaa lihaluujauhon asianmukaista käsittelyä, jonka tarkoituksena on tehdä raaka-aine käyttökelpoiseksi eri käyttökohteita, kuten lannoitekäyttöä varten. Toisaalta, fosforipitoisesta ravinnosta johtuen turkiseläinlanta on hyvin fosforipitoista ja sitäkin voidaan hyödyntää lannoitteena (Ylivainio ja Turtola 2009). Suomessa lihaluujauhoa käytettiin lannoitteena vuonna 2007 noin 3500 tn (Kivelä 2008).

### **3.1.2 Lihaluujauhon ravinnekoostumus**

Garcia ja Rosentrater (2008) tekivät analyysin pohjoisamerikkalaisesta lihaluujauhosta, joka oli peräisin 17:sta eri renderöintilaitoksesta Yhdysvalloissa ja Kanadassa. Taulukossa 1 kuvataan em. tutkimuksessa mitatut pääravinteiden pitoisuudet.

Lisäksi natriumin keskimääräiseksi pitoisuudeksi mitattiin 1,03 % (keskiarvon keskivirhe = 0,103 %). Monien tutkimuksessa mitattujen ravinteiden määrät vastasivat enimmäkseen aikaisemmin mitattuja, mutta pääravinteista kaliumin ja magnesiumin määrät poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi toisen tutkimuksen tuloksesta (National Research Council 1982), jota Garcia ja Rosentrater luonnehtivat tutkimusraportissaan (siihen mennessä) kaikkein arvovaltaisimmaksi

lähteeksi. Kyseisessä National Research Councilin (1982) tutkimuksessa kaliumin keskimääräinen pitoisuus oli 1,33 % ja magnesiumin 1,02 %. Määrät mitattiin renderöidystä lihaluujauhosta, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 93 %. Suomessa lannoitteeksi myytävien lihaluujauhovalmisteiden kuiva-ainepitoisuus on suurempi, vähintään 98 %.

Suomessa lannoitteeksi myytävät lihaluujauhovalmisteet sisältävät typpeä noin 8 % ja fosforia 4-5 %. Valmisteet tosin sisältävät myös kasviperäisiä sivutuotteita, jotka saattavat vaikuttaa ravinnepitoisuuksiin. Kolmannen tärkeimmän pääravinteen, kaliumin pitoisuus lihaluujauhossa on luokkaa 1 %, ellei sitä ole valmisteeseen lisätty esimerkiksi kaliumsulfaattina.

Lihaluujauhon ainesosat ovat peräisin useista eri lähteistä ja näiden mahdollisten eri ainesosien pitoisuudet voivat vaihdella riippuen lihaluujauhoerästä. Olettavasti myös puhtaan lihaluujauhon, eli sellaisen johon ei ole lisätty esimerkiksi kaliumisulfiittia kaliumpitoisuuden nostamiseksi, ravinnesisällöt vaihtelevat jonkin verran riippuen lihaluujauhoeristä. Ainoa Suomessa lihaluujauhosta lannoitteita valmistava yritys on Honkajoki Oy, jolle teurastamot toimittavat lihaluujauhon raaka-aineet. Yrityksen lannoiteteutekehittelijä Jukka Kivelä kuvailee Honkajoelle saapuvia lihaluujauhon raaka-aineita näin (sähköpostiviesti kirjoittajalle 15.11.2010):

*"(...) Teurastamot eivät lajittele mitään muuta kuin pakolliset eli märehitijöiden TSE-riskiaineksen erilleen, joka toimitetaan 1.lk käsittelyyn. Kaikki muu aines tulee Honkajoelle seka-aineksena, jossa on siis sikojen, lehmien, lampaiden, hevosten, vuohien ja lintujen 2. ja 3. lk teurasjätteet ja muutkin teurastuksen jätteet sekaisin ja niistä Honkajoki Oy tekee tämän teurassivutuotejauheen sekoittamalla, murskaamalla, kuumentamalla, puristamalla rasvan erikseen ja lopuksi jauhamalla. Eli lannoitteen raaka-aineessa on kaikkien eläinten kaikki sallitut osat ja vielä kaikenlaista muutakin mukana. (...)"*

### **3.1.3 Lihaluujauhon pH**

Lihaluujauho on tyypillisesti lievästi hapanta. Sempiternon ym. (2010) kokeen lihaluujauhon pH oli 6,45. Jeng ym. (2004) ilmoittavat analysoimansa lihaluujauhon pH-arvoksi 6,5. Aines oli peräisin Norsk Protein –yhtiön tehtaalta Norjan Hamarista, neljästä eri näyte-erästä. Myöhemmässä norjalaistutkimuksessa saatiin samankaltaiset tulokset: pH vaihteli 6,5-6,6 (Jeng ym. 2006). Yhdysvaltalaisen lihaluujauhon pH vaihteli näytteestä riippuen 5,89-7,19; mediaaniarvon ollessa 6,30 (Garcia ym. 2006). Suurimmat pH-arvot saatiin sellaisista näytteistä, jotka sisälsivät eniten karjaperäisiä kudoksia.

Ylivainion ja Turtolan (2009) kolmevuotisissa astiakokeissa lihaluujauho nosti hieman maan pH-lukemia lievästi happamalla maalla. Suomessa viljeltyjen maiden pH on yleensä välillä 4,5-7 (Hyytiäinen ja Hiltunen 1992, s.29). Näistä happamimmilla voisi olettaa jonkinlaisen pH:n nousun olevan mahdollinen, jos käytetään tyypillisiä lihaluujauhon levitysmääriä, jotka ovat Suomessa luokkaa tonni per hehtaari.

### **3.1.4 LLJ-lannoitteen raekoko ja levitystekniikka**

Lannoitteena hyödynnettävä lihaluujauho on tavallisesti hienojakoiseksi jauhetua. Jengin ym. (2004) lannoitustutkimuksen norjalainen lihaluujauho oli kuivaa (97 % DM) ja koostui pienistä, alle 2 mm:n kokoisista partikkeleista. Toisessa analyysissä yhdysvaltalaisen lihaluujauhon partikkelikoon mediaaniarvoksi mitattiin 0,387 mm (Garcia ym. 2006).

Jukka Kivelän ja Chen Linin lannoitustutkimuksessa (julkaisematon raportti, 2009: *Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to ryegrass*) lihaluu-materiaali antoi hienojakoisena jauhona tilastollisesti merkitsevästi suuremman satovaikutuksen kuin rakeinen lihaluu-materiaali, poikkeuksena kuitenkin alhaisin kolmesta vertaillusta typpitasosta (50mg N/kg). Koekasvina oli englanninraiheinä, lajike 'Meroa', jota kasvatettiin ruukuissa, ja josta korjattiin neljä satoa. Ruukuissa käytetty maaperä sisälsi 30 % hiekkaa ja 70 % savea.

Vaikka hienojakoinen lihaluujauho ilmeisesti antaa parhaimman lannoitusvaikutuksen, liittyy levittämiseen teknisiä ongelmia. Hienojakoinen aines pölyää helposti ja tuulisella säällä levitystulos saattaa jäädä epätasaiseksi. Tämä etenkin, jos lihaluujauhoa levitetään kosteankalkinlevittimellä, jonka lannoituslautaset ovat korkealla. Kuitenkin oikein käytettynä kosteankalkinlevitin on toiminut teknisesti melko hyvin, jos lihaluujauhossa ei ole ollut kovia paakkuja. Suuritehoista mutta painavaa kuivankalkinlevitintä voidaan myös käyttää, mutta siinäkin paakut saattavat olla ongelma. LLJ-säkkien käsittelyssä onkin syytä olla tarkkana, että jauho ei pääse kostumaan ja siten paakkuuntumaan (Kivelä 2006).

### **3.1.5 Lihaluujauho fosforilannoitteena**

Länsimainen, hehtaarisadoilla laskettuna tehokas maanviljely kuluttaa lannoitteissaan paljon fosforia, jonka helposti hyödynnettävissä olevat varannot luonnossa ovat rajalliset. Fosforivarojen ehtymisestä on olemassa erilaisia arvioita. Esimerkiksi Cordell ym. (2009) esittävät, että fosforin globaalit reservit saattavat kulua loppuun 50-100 vuoden aikana. Toisaalta, Smil (2002) arvioi, että ne riittävät ehkä vain 25-40 vuodeksi.

Kasvit ottavat tarvitsemansa fosforin maasta vetyfosfaatti- ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) tai divetyfosfaatti-ioneina ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) (Biologian sanakirja 2001, hakusana "fosfori"). Luomuviljelyssä pääravinteista typen ja kaliumin lannoitus voidaan yleensä hoitaa käyttämällä hyväksi karjanlantaa ja virtsaa sekä viherlannoitusta. Lantaa on kuitenkin hankala varastoida ja levittää. Lisäksi se voi vaurioittaa kasvustoja ja maaperäeliöstöä. Fosforia joudutaan usein lisäämään täydennyslannoitteina käytettävillä fosforipitoisilla kivijauheilla. Fosfaattikivien käyttö lannoitteiden raaka-aineena on suurin yksittäinen ihmisen aiheuttama fosforin kiertokulkuun vaikuttava tekijä. Lannoitteeksi soveltuvat kivijauheet sisältävät suuren osan fosforistaan apatiittimuodossa,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{X}_2$  [missä X voi olla  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$  tai  $\text{F}^-$ ] (Christensen ja Draycott 2006, s.187). Oikein käsiteltynä lihaluujauho on sallittu luomulannoite Suomessa. Lannoitteeksi soveltuvaa lihaluujauhoa syntyy Suomessa noin 21milj.kg vuodessa, mutta siitä noin 7-8milj.kg käytetään turkiseläinten rehuna. Lannoitteeksi kelpaava lihaluujauho sisältää noin miljoona kg fosforia (Ylivainio ja Turtola 2009). Lisäämällä lihaluujauhon lannoitekäyttöä voitaisiin

korvata etenkin luomuviljelyssä yleisesti käytettyjä kivijauheita, ja sitä kautta sulkea fosforin ravinnevirtaa enemmän agroekosysteemin sisällä kiertäväksi.

Maaperässä fosforia on tavallisesti suuria määriä. Rajalan (2004) mukaan nykyisissä peltomaissa on yleensä fosforia noin 3 tonnia/ha, josta noin 2 tonnia on luontaista fosforia ja noin 1 tonni on lannoituksesta maahan kertynyttä. Kuitenkin sekä maan epäorgaanisesta että orgaanisesta fosforista vain hyvin pieni osa on kasveille käyttökelpoisessa, helppoliukoisessa muodossa (Rajala 2004, s.134). Yleisesti maanviljelyssä käytetyt teollisesti valmistetut NPK-lannoitteet sisältävät fosforin ja muut ravinteet kasville helppoliukoisessa muodossa.

Lannoitteiden orgaaninen fosfori säilyy maassa pidempään kasveille käyttökelpoisena kuin epäorgaaninen (Montgomery ym. 2005). Zahoorin ym. (2007) mukaan suolaisissa, pH-arvoltaan neutraaleissa ja happamissa maissa lannoitteiden epäorgaaninen fosfori muuttuu alumiinin ja raudan avulla nopeasti muotoon, joka ei ole kasvien käytettävissä. Suolaisella maaperällä tehdyssä koeksessa orgaanisen ja epäorgaanisen fosforin yhdistelmä tuotti parhaan kuiva-ainesadon vehnällä (Zahoor ym. 2007). Lihaluujauhossa on sekä orgaanista että epäorgaanista (mineraalista) fosforia. Valtaosa siitä on epäorgaanista ja sijaitsee pääasiassa luuaineksessa kalsiumfosfaatin ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) muodossa (Ylivainio ym. 2008). Voidaan olettaa, että lihaluujauhon luufraktion fosfori on vähemmän liukoista kuin pehmytkudosten sisältämä osuus (Jeng ym. 2006). Maan pH vaikuttaa yhtenä tekijänä kalsiumfosfaatti-P:n liukoisuuteen (Ylivainio ym. 2008). Joidenkin tutkimusten mukaan näyttää siltä, että lihaluujauho toimii tehokkaimpana fosforilannoitteena happamilla mailla, joiden pH on alle 6 (Beckle ja Hofner 1993 ref. Jeng ym. 2006; Surendra ym. 1993 ref. Jeng ym. 2006).

Ylivainio ym. (2008) kertovat tutkimuksessaan, että lihaluujauhon fosforin liukoisuutta ja saatavuutta kasveille ei ole arvioitu. Kuitenkin jo Jeng ym. (2006) toteavat tutkimuksessaan, että 33-40 % lihaluujauhon fosforista oli kasveille helpokäyttöisessä muodossa. Ylivainion ym. (2008) tutkimuksessa vain noin 3 % lihaluujauhon fosforista oli vesiliukoista, kun taas ketunlannan fosforista vesiliukoista oli 5-28 % ja vastaavasti lypsykarjanlannan fosforista jopa 81 %. Lihaluujauhon fosforista 90% ja ketunlannan fosforista 65-89% liukeni suolahap-



poon (HCl), jonka liuoksen väkevyys oli 1 M. Vähäkalkkisessa maassa lihaluujauhoperäinen fosfori muuttuu useiden vuosien kuluessa vähitellen kasveille käyttökelpoisempaan muotoon. Ylivainion ja Turtolan (2009) lannoituskokeessa mitattiin lihaluujauhofosforin käyttökelpoisuutta kasveille. Kolmevuotisessa raiheinällä tehdyssä ruukkukokeessa korjattiin 10 heinäsatoa, joiden perusteella arvioiden lihaluujauhofosforin käyttökelpoisuus oli 63 %.

### **3.1.6 Lihaluujauho typpilannoitteena**

Yleisimmin maanviljelyssä käytettyjen teollisesti valmistettujen NPK-lannoitteiden sisältämä typpi on Haber-Bosch-menetelmän avulla valmistettu kaasumuotoisesta vedystä ( $H_2$ ) ja tuestä ( $N_2$ ) ammoniakiksi ( $NH_3$ ), josta saadaan edelleen nitraatteja ( $NO_3^-$ ). Tämä 1900-luvun ensimmäisinä vuosikymmeninä kehitetty menetelmä kuluttaa paljon energiaa ammonium-ionien kemiallisten sidosten muodostamiseen, mutta sen voidaan katsoa olevan perustana maataloustuotannolle, joka takaa ravinnonsaannin suurelle osalle väestöstä maailmanlaajuisesti (Smil 2002 ref. Kivelä 2007). Ilmakehässä on noin 78 % typpeä. Sen hyödyntämiseen perustuu palkokasvien typensidonta, joka on teollisten lannoitteiden ohella toinen kasvintuotannon kannalta keskeinen tapa saada typpeä kasvien käyttöön. Typensidonta tapahtuu palkokasvien ja joidenkin muiden kasvien juuriston juurinyströissä, joissa tietyt bakteerit (palkokasveilla *Rhizobium*-suvun bakteerit) sitovat ilmakehän molekulaarityppeä ( $N_2$ ) ja vedyn ( $H_2$ ) kanssa ammoniakiksi ( $NH_3$ ), jonka kasvi ottaa käyttöönsä.

Sokerijuurikas ottaa tarvitsemansa typen maasta pääasiallisesti nitraattina ( $NO_3^-$ ) sekä osittain myös ammonium-muodossa ( $NH_4^+$ ). Typentarve vaihtelee jonkin verran eri maaperätyyppien välillä. Kuitenkin pysyttäessä jonkin tietyn ilmastovyöhykkeen sisällä, on yleensä niin että typentarpeen määrittelyn kannalta maaperätyyppi ei ole läheskään niin ratkaiseva tekijä kuin: 1) kasveille helppokäyttöisen typen määrä maaperässä ennen sokerijuurikkaan kylvöä; sekä 2) kasvukauden aikana mineralisoituvan typen määrä (Cariolle ja Duval 2006, s.176-177).

Lähes kaikki lihaluujauhon tyyppi on orgaanisessa muodossa (Salomonsson ym. 1994, s.176). Lihaluujauhon tyypin käyttökelpoisuus viljoille on suunnilleen samaa tasoa kuin väkilannoitteilla. Kuitenkin LLJ-lannoitteen tyyppi tulee hitaammin kasvien käyttöön kuin helppoliukoisen keinolannoitteen tyyppi. Norjalaistutkimuksessa todettiin, että lihaluujauhon tyypilannoituksen tehokkuus ohralla ja kevätvehnällä oli vähintään 80 % keinolannoitteen tehosta, kun lannoite levitettiin peltoon keväällä (Jeng ym. 2004). Esimerkiksi hyvälaatuisen kompostin tyypin lannoitusvaikutus on selvästi heikompi, noin 45 % keinolannoitetyypin lannoitusvaikutuksesta (Turtola ja Ylivainio 2003 ref. Kivelä 2007).

Mondinin ym. (2008) mukaan lannoitteesta maaperään mineralisoituvan tyypin määrä on yksi tärkeimmistä tekijöistä arvioitaessa lannoitekäsittelyn arvoa. Mondini ym. näkivät lihaluujauholla olevan potentiaalia hyvänä tyypilannoitteena. Kaksiviikkoisessa kokeessa lihaluujauhosta maahan mineralisoituneen tyypin määräksi laskettiin n. 30–58% annetusta kokonaismäärästä.

## 3.2 Sokerijuurikkaan viljely

Sokerijuurikas (*Beta vulgaris* var. *altissima* Döll) ja sokeriruoko (*Saccharum officinarum* L.) ovat ainoat merkittävät viljelykasvit, joiden varassa kidesokerin tuotanto on koko maapallolla. Sokerijuurikas on sokeriteollisuuden lisäksi tärkeä myös rehukasvina. Taksonomisesti sokerijuurikas kuuluu Chenopodiaceae-sukuun (savikkakasvit), savikoiden suvun *Chenopodium* -mukaan. Juurikkaiden lajiin *Beta vulgaris* kuuluu sokerijuurikkaan lisäksi useita muita muunnoksia, mm. punajuurikas, rehujuurikas ja keltajuurikas.

### 3.2.1 Viljelyalueet, kasvupaikka ja kasvuvaatimukset

Sokerijuurikas soveltuu parhaiten viljeltäväksi lauhkealla vyöhykkeellä ja sitä viljellään eniten leveyspiirien 30 ja 60°N välillä (Draycott 2006, s.2). Suomessa sen viljely keskittyy maan eteläosiin, ja keskisadot täällä ovat yhä huomattavasti pienempiä kuin vaikkapa Ranskassa tai muissa volyymiltaan suuremmissa tuottajamaissa. Sokeriruok'on viljelylle Suomen ilmasto ei ole suotuisa. Sokerijuurik-

kaan tuotanto on Suomessa supistunut, koska sille ei makseta enää yhtä paljon viljelytukea kuin ennen. Sokerijuurikasta viljeltiin Suomessa vuonna 2009 noin 15 000 hehtaaria (TIKE, Satotilasto, *n.d.*).

Parhaat sokerijuurikassadot saavutetaan kun pH on välillä 6,5 – 8,0. Optimaalisen pH:n on katsottu olevan noin 7,0 (Christensen ja Draycott 2006, s. 208). Sokerijuurikkaan pH-optimi on muihin suomalaisiin viljelykasveihin verrattaessa suhteellisen korkea. Usein sokerijuurikaspeltoja joudutaan pH:n nostamiseksi kalkitsemaan, jotta kasvin satopotentiaali saataisiin hyödynnettyä mahdollisimman hyvin. Suomen viljeltyjen maiden pH on yleensä välillä 4,5-7 (Hyytiäinen ja Hiltunen 1992, s.29), eli useimmilla pelloilla alle sokerijuurikkaan optimitason. Jos lihaluujauhon pH on vain hieman hapan ja lähellä neutraalia (ks. luku 3.1.3), niin näyttää epätodennäköiseltä, että lihaluujauho lannoitteena vaikuttaisi ainakaan epäedullisesti sokerijuurikaspeltojen pH-arvoon, mahdollisesti jopa päinvastoin.

Hyytiäisen ym. (1999) mukaan hietamaat ja liejusavet ovat sokerijuurikkaan viljelyyn parhaiten soveltuvat maalajit. Myös multa- ja hiekkamailla kasvu on hyvää maan rakenteen ollessa kunnossa. Hiesumailla vaikeuksia saattaa aiheuttaa taimettumisen epätasaisuus (mts. s.165). Sokerijuurikas on halofyytti, eli suolapitoisilla kasvupaikoilla viihtyvä kasvi (esim. Milford 2006, s.30).

### **3.2.2 Sokerijuurikkaan laatutekijät**

Sokerijuurikkaan keskeisimpien laatutekijöiden on katsottu olevan 1) korkea sokeripitoisuus; ja 2) aminotyypen, kaliumin sekä natriumin alhainen määrä verrattuna sokeripitoisuuteen (Milford 2006, s.36). Saantoprosentin avulla kuvataan sitä, kuinka suuri prosenttiosuus juurikassokerista saadaan hyödynnettyä sokerin valmistuksessa. Korkean saantoprosentin saavuttamiseksi aminotyypen, natriumin ja kaliumin pitoisuuksien juurikkaassa tulee olla mahdollisimman pieniä. Taulukossa 2 on esitetty tärkeimmät sokerijuurikkaan laadulle asetettavat tavoitteet Hyytiäisen ym. (1999) mukaan.

**Taulukko 2.** Sokerijuurikkaan laadulle asetettavat tavoitteet. Sokeripitoisuuden yksikkö on prosentti, aminotyyppi, kalium ja natrium on ilmoitettu milligrammoina per 100g juurikasta. Lähde: Hyytiäinen ym. 1999. Kasvintuotanto 2, s.173.

	Heikko	Välttävä	Hyvä	Erinomainen
Sokeripitoisuus	alle 15,0	15,0 – 15,9	16,0 – 16,9	17,0 ja yli
Aminotyyppi	yli 35,0	35,0 – 26,0	25,9 – 18,0	17,9 ja alle
Kalium	yli 7,0	7,0 – 6,0	5,9 – 5,0	4,9 ja alle
Natrium	yli 1,00	1,00 – 0,75	0,74 – 0,50	0,49 ja alle
Saantoprosentti	alle 76,0	76,0 – 79,9	80,0 – 83,9	84,0 ja yli

**Taulukko 3.** Sokerijuurikkaan kasvinravinteiden tarve (Benton 1998, s. 134-135). Sulkumerkit kalsiumin kohdalla viittaavat siihen, että määritettyä tasoa (K=keskitasoa) ei tarkasti tiedetä ja ilmoitettu arvo on siis oletettu kalsiumin tarve.

Pääravinteet						Mikroravinteet				
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
S	A	HS	(K)	S	S	K	A	K	S	K

### 3.2.3 Sokerijuurikkaan ravinnetarve

Jones Benton kuvaa kirjassaan *Plant nutrition manual* (1998) useiden yleisten viljelykasvien eri kasvinravinteiden tarvetta viisiportaisella asteikolla: hyvin suuri HS (*very high*), suuri S (*high*), keskitasoa K (*medium*), alhainen A (*low*), hyvin alhainen HA (*very low*). Kasvinravinteiden tarve on esitetty yllä taulukossa 3.

Seuraavaksi vertaan keskeisimpien pääravinteiden pitoisuuksia lihaluujauhossa taulukossa 3 kuvattuihin arvoihin. Lihaluujauhossa on paljon fosforia suhteessa tyyppeen. Käytettäessä lannoitteena puhdasta lihaluujauhoa, on fosfori yleensä se ravinne, jonka suuri pitoisuus ensimmäisenä rajoittaa soveliaita lannoitemääriä, ainakin jos halutaan pysyä ympäristötukiehtojen sallimissa rajoissa. Koska sokerijuurikkaan työntarve on suuri ja fosforintarve pieni, ei lihaluujauhon typpi-fosfori-suhdetta voida pitää erityisen edullisena sokerijuurikkaalle. Toisaalta liian runsas typpilannoitus nostaa juurikkaiden aminotyyppipitoisuutta ja siten

heikentää saantoarvoa (Wiklicky 1971 ref. Dutton ja Huijbregts 2006; Burba ym. 1984 ref. Dutton ja Huijbregts 2006). Samoin liika tyypilannoitus alentaa voimakkaasti sokeripitoisuutta (Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus, Sjt 2010).

Tämän lisäksi taulukon 3 mukaisesti kaliumin tarve on hyvin suuri. Puhtaassa lihaluujauhossa taas kaliumia on vain vähän (ks. luku 3.1.2). Kaliumilla on merkittävä vaikutus mm. juurikkaan sokeripitoisuuteen. Durrant ym. (1974a,b; 1978 ref. Christenson ja Draycott 2006) tarkastelivat noin kahtasataa eri koetta, joissa tutkittiin kaliumin ja natriumin vaikutusta sokerisatoon.

Niinpä myös natrium on ravinne, jolla on vaikutusta sokerijuurikkaan kasvuun. Vaikka natriumin vähäisestä saatavuudesta johtuvia puutosoireita ei sokerijuurikkaalla tunneta, on kuitenkin huomattavaa, että on olemassa esimerkkejä tilanteista, joissa natrium on lieventänyt kaliumin puutosoireita. Lihaluujauhon natriumpitoisuus oli Garcian ja Rosentraterin (2008) mittauksessa keskimäärin 1,03 % (keskiarvon keskivirhe = 0,103 %). Vaikka määrä vaikuttaa melko pieneltä, voisi tämä natrium-määrä mahdollisesti hieman kompensoida lihaluujauhon alhaista kaliumipitoisuutta ja siten olla eduksi sokerijuurikkaan viljelyssä. Toisaalta liian suuri natriumin otto ja sitä kautta natriumsuolojen suuri konsentraatio valmiissa juurikkaissa vaikuttaa negatiivisesti siihen, kuinka hyvin sokeri saadaan eroteltua kasvusta sokeritehtaalla (Christenson ja Draycott 2006, s. 211 ja s.51).

### **3.3 Lihaluujauhon käyttöön liittyviä riskejä**

#### ***3.3.1 Lihaluujauho ja TSE-taudit***

Lihaluujauhoa on käytetty naudan ja muiden eläinten rehuna etenkin sen taloudellisesti edullisen proteiinin vuoksi. Tyypillisesti proteiinia on noin puolet lihaluujauhomassasta. Esimerkiksi Garcian ym. (2006) analyysissä proteiinipitoisuuden mediaaniarvo oli 56,6 %. Proteiinimäärät luonnollisesti vaihtelevat hieman riippuen materiaalierään sisältyvistä ainesosista ja niiden suhteista.

Lihaluujauhon käyttöön liittyvistä riskeistä huomattavin, ja parhaiten tunnettu riski liittyy TSE-tauteihin. Nautaeläinten BSE (engl. *bovine spongiform encephalopathy*, kansankielellä myös ”hullun lehmän tauti”) ja ihmisten vCJD ovat tarttuvia sienimäisiä enkefalopatioita eli TSE-tauteja (engl. *transmissible spongiform encephalopathy*). Ne ovat parantumattomia aivosairauksia, joiden oireisiin kuuluvat mm. vakavat koordinaatio-ongelmat ja useissa tapauksissa varhainen kuolema. TSE-tautien katsotaan voivan siirtyä yksilöltä toiselle prionin välityksellä. Myös lampaiden ja vuohien scrapie-tauti ja ihmisillä kore kuuluvat TSE-tauteihin.

Prioni-taudinaiheuttaja voi ilmeisesti myös siirtyä nautaeläimestä ihmiseen BSE-naudan saastuneen lihan syömisen seurauksena. Tällöin ihminen sairastuu muuntuneeseen Creutzfeld-Jakobin tautiin (vCJD), joka diagnosoitiin ensimmäistä kertaa vuonna 1996 (Will ym. 1996). Tämä oli noin vuosikymmen sen jälkeen kuin ensimmäinen BSE-tapaus diagnosoitiin vuonna 1986 Englannissa, missä suurin osa BSE-tapauksista on ilmennyt (Collee ja Bradley 1997). Kaikki tutkijat eivät kuitenkaan ole aivan yksimielisiä siitä, että vCJD olisi varmasti peräisin BSE-saastuneen lihan syömisestä ja vaihtoehtoisia selitysmalleja on kehitelty (ks. esim. Brown 2001).

Lihaluujauhoa alettiin käyttää Englannissa jo 1940-luvulla nautan rehun osana (Collee ja Bradley 1997). Se sisälsi taloudellisesti huokean proteiininlähteen märehitijöiden ruokavalioon. Ensimmäiset merkit BSE-taudista alkoivat ilmetä noin 40 vuoden kuluttua LLJ-rehun yleistymisestä. Useiden maanviljelijöiden ja eläinlääkärien kuvausten perusteella voidaan todeta, että BSE-tautiin viittaavia oireita havaittiin naudoilla jo 1980-luvun alkupuolella (The BSE Inquiry 2000). Lihaluujauhoa tosin käytettiin märehitijöiden rehuna ennen BSE-kriisiä muuallakin kuin Englannissa, joten miksi epidemia puhkesi juuri Englannissa? Yksiselitteistä vastausta on vaikea löytää, mutta on mahdollista, että scrapie-tautiin sairastuneiden lampaanruhojen päätyminen osaksi nautanrehua oli Englannin BSE-kriisin taustalla. Valtaosa BSE-tapauksista on todettu lypsylehmillä (Brewer 1999). Tämä saattaisi liittyä siihen, että lypsylehmillä on lihanautoja pidempi elinikä ja voimakkaampi ruokinta, mistä on seurannut lihanautoja pitkäaikaisempi ja suurempi altistus riskialttiille lihaluujauholle.

LLJ-rehun ja BSE-taudin välinen yhteys alkoi selvitä melko pian ensimmäisten kliinisissä tutkimuksissa diagnosoitujen BSE-tapausten jälkeen ja nautaperäistä lihaluujauhoa märehitijöiden ruokavaliossa alettiin pitää todennäköisenä BSE-taudin välittäjänä (The BSE Inquiry 2000). Heinäkuussa 1988 nautaperäinen LLJ-rehun käyttö märehitijöille kiellettiin Englannissa, missä siihen mennessä jo ainakin 35 000 eläintä oli sairastunut BSE:hen (Baker 1996). Tautiepidemian levinneisyys Englannissa, missä suurin osa tunnetuista BSE-tapauksista on havaittu, oli pahimmillaan vuosina 1992 ja 1993 (Collee ja Bradley 1997). Englannissa vCJD-taudin levinneisyys oli kuitenkin pahimmillaan vasta vuonna 2000, jolloin todettiin 28 uutta tautitapausta (Lillunen 2003).

Suomessa lihaluujauhon käyttö märehitijöille kiellettiin vuonna 1995 (Kivelä 2003). Suomessa ilmeisesti ainoaksi jäänyt kliinisissä tutkimuksissa todettu BSE-tautitapaus löytyi Kärnsämäeltä vuonna 2001, jonka jälkeen lihaluujauhon rehukäyttö kiellettiin 6.3.2001 alkaen kaikilta eläimiltä (Kivelä 2003).

BSE-kriisi ja sen vanavedessä ilmennyt vCJD-epidemia voidaan nähdä ehkä vakavimpana toisen maailmansodan jälkeisenä turvallisuusriskinä länsimaisissa ruokajärjestelmissä. Englannin karjatiloilille BSE aiheutti myös rajuja taloudellisia tappioita sairastuneiden eläinten myötä. Uusia tautitapauksia ilmenee edelleen, vaikka pahin vaihe näyttääkin menneen jo ohi. Lihaluujauhon käyttö myös märehitijöiden rehuna jatkuu edelleen monissa maissa, vaikka sen käsittelyssä yleensä pyritään ottamaan BSE-tautiriski aiempaa tarkemmin huomioon.

Lihaluujauhon kohdalla TSE-materiaali tulee kenties jatkossakin olemaan jäteaine, joka on syytä tuhota sen riskiluonteen vuoksi. Ainakaan ruuantuotannossa sitä ei ilmeisesti voida turvallisesti hyödyntää. Sen sijaan luokkien 2 ja 3 lihaluujauhon soisi palautuvan entistä enemmän sinne, missä se voidaan hyödyntää ruuantuotantojärjestelmän alkutuotannon resurssina korvaamassa rajallisia uusiutumattomia luonnonvaroja – eli lannoitteeksi.

### **3.3.2 Lannoitelihaluujauhon käsittely ja tautiriski**

Lihaluujauhon käsittelyä kutsutaan renderöinniksi. Renderöinnin on tarkoitus mahdollistaa materiaalin turvallinen hyödyntäminen eri käyttötarkoituksiin, kuten vaikkapa lannoitteeksi. Prosessi vaihtelee jonkin verran eri käsittelylaitosten välillä (ks. esim. Nielsen 2003). Ennen kuin lihaluujauhoa voidaan käyttää vaikkapa lannoitteeksi tai turkiseläinten rehuksi tulee materiaalista poistaa TSE-riskiaines (sivuasetuksen EY 1774/2002 mukainen luokka 1), jotta siinä mahdollisesti esiintyvät prionit saadaan poistettua lopputuotteesta kuten lannoiteaineesta. LLJ-aines, josta TSE-riskiaines on poistettu, jauhetaan ja jatkokäsittellään, jotta siihen mahdollisesti jääneet prionit saataisiin tuhottua. EU:n alueella prosessiin tulee kuulua kuumennus 133°C:n lämpötilassa kolmen baarin paineessa 20 minuutin ajan komission asetuksen EY 96/449 mukaan.

Esimerkiksi Cummins ja Adkin (2007) ovat korostaneet renderöinnin tärkeyttä TSE-riskin vähentämiseksi lannoiteaineissa. Heidän artikkelissaan kuvataan kaksi tapaustutkimusta, joiden avulla arvioidaan nisäkkäiden ruhoista valmistetun LLJ-lannoitteen TSE-tautiriskiä (BSE, scrapie, ja lampaiden BSE). Todennäköinen riski arvioitiin niin pieneksi, että lannoitekäyttö katsottiin mahdolliseksi. Koealueet olivat ei-laidunmaisia alueita Isossa-Britanniassa ja Irlannissa. Lihaluujauholannoitteen TSE-infektiivisyyden säilymisajasta maaperässä ei kuitenkaan tiedetä (Cummins ja Adkin 2007).

Mikäli prioni ei voi siirtyä eläinperäisestä aineksesta kasviin, josta se sitten mahdollisesti siirtyisi ihmiseen ruuan välityksellä, näyttää LLJ-lannoitteiden käyttö TSE-tautien osalta melko vähäriskiseltä, varsinkin sellaisilla maatiloilla, joilla ei ole kotieläintuotantoa. Karjatiloilta on tärkeää noudattaa asianmukaista varovaisuutta esimerkiksi siinä, että LLJ-lannoitteita ei pääse ollenkaan karjan rehun joukkoon vaikkapa laidunten kautta. On myös samalla todettava, että näiltä riskeiltä ei aina ole välttytty ja tunnetaan tapauksia, joissa lannoitteeksi tarkoitettua lihaluujauhoa on päässyt märehelijöiden rehun joukkoon. EU:ssa on tulossa vuonna 2011 voimaan uusi säädös, joka ilmeisesti tiukentaa LLJ-lannoitteiden käyttöehtoja, jotta sen nykyisiä riskejä saataisiin pienennettyä. Nykyisin viljelijällä on olemassa oma vastuunsa oikeanlaisesta lihaluujauhon



käsittelystä ja käytöstavasta. LLJ-lannoitteen käyttäjän on mm. huolehdittava tarkoin siitä, että tuotantoeläinten pääsy levitysalueelle on estetty 21 vuorokauden ajan levityksestä (EY 1774/2002).

### **3.3.3 Lihaluujauhon käyttö turkiseläinten rehuna**

Suomessa toimii tällä hetkellä noin 1100 turkistilaa, joista 97 % sijaitsee Pohjanmaan alueella (Turkistieto 2010). Turkiseläimet ovat luontaisesti lihansyöjiä ja niiden rehu Suomessa koostuu suurelta osin teurasjätteistä ja kalasta. Suomessa on turkistuotannossa merkittävä rooli kansainvälisesti. Noin kaksi kolmasosaa kaikista turkistuotteissa myytävistä siniketunnahkoista on peräisin Suomesta (Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liitto 2010). Sivutuoteasetus EY 1774/2002 ja rehulaki 86/2008 määrittelevät mitä rehuja turkiseläimille saa Suomessa antaa.

Lihaluujauho sisältää noin puolet proteiinia ja on turkiseläinrehuna hinnaltaan edullinen aine verrattuna muihin proteiinilähteisiin kuten kalaan. Kuitenkin joidenkin sen tärkeiden aminohappojen sulavuus turkiseläimillä on alhainen, mistä syystä sitä suositellaan käytettäväksi vain yhtenä rehun ainesosista (Ahlström ym. 2000). Turkiseläinkettujen lanta sisältää runsaasti fosforia. Siitä ehkä noin 40 % on helposti kasvien saatavilla olevassa muodossa. Suuri osa suomalaisen ketunlannan fosforista on peräisin rehuna käytetystä lihaluujauhosta. Suomessa vuoden aikana syntyvä ketunlanta sisältää noin 2 milj. kg fosforia, joka myös on mahdollista hyödyntää etenkin luomuviljelyssä fosforinlähteenä. Käytettäessä turkiseläinten lantaa lannoitteena on yleistä, että fosforia päätyy peltoon yli tuotantokasvien tarpeen (Ylivainio ym. 2008). Tällä saattaa olla merkitystä vesistöjä rehevöittävien ravinnevalumien kannalta.

TSE-tautien siirtyminen lajilta toiselle on ilmeisesti melko harvinaista. BSE-taudin leviäminen liitettiin tilanteeseen, jossa naudat syövät toisten nautojen ruhoja. Kuitenkin BSE:n oletettu alkuperä on lampaiden ja vuohien scrapie-taudissa, joka olisi siis siirtynyt scrapie-saastuneen eläimen ruhosta rehulihaluujauhon välityksellä naudalle (Brewer 1999). Kokeellisesti on myös osoitettu, että BSE voi siirtyä lampaille oraalisesti (Foster ym. 1993 ref. Cummins ja Adkin

2007; Jeffrey ym. 2001; Bellworthy ym. 2005). BSE:n potentiaalista siirtymistä turkiseläimiin ei ilmeisesti ole tutkittu. Kuinka siis voimme olla varmoja siitä, että taudinaiheuttaja-prioni ei saata siirtyä saastuneen lihaluujauhon välityksellä turkiseläinminkkeihin tai –kettuihin? Mikäli tällainen infektio on ollenkaan mahdollinen, on rehukäytön riski ilmeinen. Jos BSE:n alkuperä on lampaiden ja vuohien scrapie-taudissa kuten Brewer (1999) esittää, on lisäksi kysyttävä, voisiko turkiseläimillä kehittyä jokin uusi TSE-tauti saastuneen lihaluujauhon kautta? Tätä lienee vaikeaa tai mahdotonta tutkia. Kuitenkin jos BSE:n potentiaalista siirtymistä turkiseläimiin on mahdollista tutkia samaan tapaan kuin ollaan tehty lampaiden kohdalla, tulisi asiaa selvittää, mikäli lihaluujauhon rehukäyttöä turkiseläimillä halutaan jatkaa.

### **3.3.4 Lihaluujauhon aiheuttama ammattiastma**

Huhtanen ym. (2007) kuvailevat *Työterveys*-lehdessä (nro 2/2007) noin 40-vuotiaan sekatyömiehen tapauksen, joka on ilmeisesti ensimmäinen Suomessa todettu lihaluujauhon aiheuttama ammattiastma. Tutkittava oli ehtinyt työskennellä lihaluujauhoa valmistavassa yrityksessä noin 2,5 vuotta ennen Työterveyslaitoksen tutkimuksia. Työtehtävänä oli lihaluujauhon käsittely, jossa kaikki työvaiheet olivat pölyäviä. Työkoneet olivat kopillisia, ja niissä oli suodattava ilmanvaihto. Tutkittava käytti hengityssuojainta kuitenkin vain ajoittain. Tutkittavalla alkoi esiintyä työssä yskää ja hengenahdistusta noin 1,5 vuotta kestäneen työskentelyajan jälkeen. Tutkittavalla oli myös ennestään verenpaineauti ja refluksiesofagiitti (mahansisällön takaisinvirtauksesta johtuva pitkäaikainen ruokatorvitulehdus), joihin oli lääkitys. Tupakoinnin hän oli lopettanut 6 vuotta ennen Työterveyslaitoksen tutkimuksia. Myös toinen vastaavan tyyppinen astmatapaus tunnetaan (Diaz-Jara ym. 2001). Siinä astmaan sairastunut henkilö altistui lehmän luujauhopenälylle hengitysteitse.

Suomessa biologiset altisteet katsotaan yleisimmiksi ammattiastmojen aiheuttajiksi. Muita syitä ovat mm. kosteusvauriomikrobit, jauhot ja viljat, sekä eläinhilse (Huhtanen ym. 2007). Yllä kuvattujen lihaluujauhoon yhdistettyjen tautitapausten perusteella on syytä noudattaa varovaisuutta ja käyttää tarpeenmukaisesti hengityssuojaimia sellaisissa töissä, joissa altistutaan pölyvälle lihaluujauholla,

esimerkiksi kun työskennellään lihaluujauhon käsittelylaitoksissa tai levitetään jauhoa pelloille lannoitteeksi.

### **3.3.5 Raskasmetallien pitoisuudet**

Raskasmetallit ovat tunnetusti ihmiselle myrkyllisiä alkuaineita. Merkittävät raskasmetallipitoisuudet saattaisivat potentiaalisesti olla ongelma lannoitteissa, joiden kautta niiden on mahdollista päätyä tuotantokasveihin ja ihmisen ravintoketjuun. Garcian ja Rosentraterin tutkimuksessa (2008) lihaluujauhosta mitattujen raskasmetallien pitoisuudet olivat alhaiset (nikkeli, kromi, lyijy) tai niitä ei havaittu ollenkaan (arsenikki ja kadmium). Mitatut kuparin ja seleenin pitoisuudet eivät olleet myöskään erityisen suuria. Tietyissä kielenkäytössä kupari ja seleeni luetaan myös raskasmetalleiksi (ks. esim. EU-komission päätös 2000/532/EY). Kuitenkin kuparia pidetään yleisesti kasvien kasvulle hyödyllisenä mikroravinteena ja seleeniä pidetään eläimille ja ihmisille tarpeellisena hivenaineena (ks. Jones 1998).

### **3.3.6 Mykotoksikologinen laatu**

Homesienet ja niiden toksiinit ovat ruuassa esiintyessään terveysriski ihmisille. Salomonsson ym. (1994 ja 1995) tekivät mykologisia analyyskejä maanäytteistä, joita lannoitettiin lihaluujauholla, urealla ja lietelannalla. Tarkoituksena oli selvittää eri orgaanisten lannoitteiden vaikutusta home-esiintymiin kevätvehnän sadossa. Ensimmäisen kokeen (1994) kaikkien käsittelyiden jyvänäytteissä oli *Alternaria* spp. ja *Cladosporium* spp. -sienten endogeenisiä infektioita 10-80 prosentissa näytteistä. Lisäksi ensimmäisen kokeen kaikissa jyvänäytteissä (1994) havaittiin *Fusarium* spp. ja *Penicillium* spp. -sieniä alle kymmenesosassa jyviä. Havaittujen *Fusarium* -hometoksiinien pitoisuudet kaikissa näytteissä olivat pieniä, alle 100 ppb (Salomonsson ym. 1994). Jälkimmäisessä kokeessa (1995) ei havaittu merkittäviä eroja pesäkkeitä muodostavien sienten määrissä eri käsittelyillä. Endogeenisiä *Penicillium* -infektioita ei havaittu ollenkaan, ja myös *Fusarium* -homeiden määrät olivat melko vähäisiä, esiintyvyyden vaihteluvälinä 5-10 % (Salomonsson ym. 1995). Näiden tutkimusten perusteella liha-

luujauhon vaikutus viljojen yleisiin homesieniin ja niiden toksineihin ei näytä merkittävältä.

### 3.4 Huomioita aiemmin tehdyistä lannoituskokeista

Suomessa LLJ-lannoitteiden vaikutusta on tutkittu useissa kenttäkokeissa. Kivelän (2007) 3-vuotisessa lannoituskokeessa kauralla lihaluujauhon lannoitusvaikutukseksi saatiin n. 96 % Y3-väkilannoitteen (N 20 %, P 3 %, K 9 %) tasosta. Lisäksi LLJ-lannoitteen pitkävaikutteisuus näkyi 24 % Y3-lannoitetta parempana satona seuraavana vuonna. Chenin (2008) kokeissa kauralla ja ohralla LLJ-lannoitus tuotti keskimäärin yhtä hyvät sadot kuin yllämainittu Y3-lannoite. Suomessa tehtyihin lannoitusvaikutustutkimuksiin kuuluu myös Tammeorgin (2010) italianraiheinällä (*Lolium multiflorum*, Lam.) tekemä viiden eri lannoitteen vertailu. Koejäsenenä oli lihaluujauho (8–6-0,5), kaksi erilaista väkilannoitetta, ja kaksi erilaista lihaluujauho-seosta joihin oli lisätty kaliumia. Tammeorg toteaa, että typen ja fosforin osalta lihaluujauhon satovaikutus oli yhtä tehokas tai joiltain osin jopa tehokkaampi kuin kokeessa vertailtujen kaupallisten väkilannoitteiden satovaikutus. Ainoana tilastollisesti merkitsevänä erona oli se, että Nurmen NK (N 20 %; P 0 %; K 14 %) tuotti merkitsevästi alhaisemman sadon kuin LLJ-Puutarhan PK -yhdistelmä (N 6,5 %; P 5,5 %; K 5,5 %) korkeimmalla typpitasolla (240kg N/ha) (Tammeorg 2010).

Perunantuotannossa lihaluujauho pelkästään on luultavasti riittämätön lannoite riittävän kaliuminsaannin takaamiseksi. Perunantutkimuslaitoksella vuonna 2009 tehdyssä kokeessa käytettiin perunan lannoitteena lihaluujauhopohjaista Aito-Viljo-lannoitetta 8-5-1, missä numerot ilmaisevat NPK-prosenttimäärät, ja lisäksi kaliumfosfaattia. Tarkoituksena oli kartoittaa yhdistelmän soveltumista luomutärkkelysperunan tuotantoon. Käytetystä määrästä Aito-Viljoa (1000kg/ha) ja kaliumfosfaattia (260kg/ha) saatiin peltoon ravinteita seuraavasti: N 80kg/ha, P 50kg/ha ja K 100kg/ha. Ilman kaliumfosfaattia vastaava kaliumin määrä olisi ollut n.10kg/ha. Muita lannoitusaineita ei vertailtu, ja kontrollikoejäsenet olivat kokonaan ilman lannoitusta. Kaikilla kokeen perunalajikkeilla ('Kardal', 'Kuras' ja 'Canasta') lannoituksella oli tilastollisesti merkitsevä tärkkelyssatoa (kg/ha) nos-

tava vaikutus. 'Kuras' sai suurimman kilomääräisen tärkkelyssadon lisäyksen suhteessa lannoittamattomaan koejäseneseen (Anttila 2009).

### 3.5 LLJ-lannoitteiden tuotteistamisen haasteita

Suurin LLJ-lannoitteiden käyttöpotentiaali lienee luomuviljelyn puolella, missä tavanomaisessa viljelyssä käytettyjä NPK-lannoitteita ei ole lupa käyttää, ja missä lihaluujauhoa voidaan hyödyntää suhteellisen edullisena täydennyslannoitteena. Joidenkin ihmisten mielestä luomuviljelyn imago on kuitenkin vaarassa, mikäli lihaluujauhon käyttö luomulannoitteena yleistyy. Luomuviljelyn ajatus-tapaan kuuluu se, että uusia viljelykäytäntöjä ei yleensä sallita, ellei niitä ole todettu turvallisiksi. Uuteen käytäntöön liittyvät mahdolliset riskit pitäisi melko kattavasti saada esimerkiksi tutkimusten avulla poissuljettua, mikä saattaa olla työlästä ja vaivalloista. Käytännössä kaikkia riskejä on vaikeaa, ellei mahdotonta poistaa. Kirjallisuustarkasteluni perusteella näyttää siltä, että suurin LLJ-lannoitteisiin liittyvä riski, TSE-tautien leviäminen, on melko pieni, mikäli lannoite valmistetaan, käsitellään ja käytetään asianmukaiset varotoimenpiteet huomioon. On kuitenkin vaikea arvioida, kuinka tarkasti varotoimenpiteitä käytännössä noudatetaan. Suomessa lihaluujauhon käyttö on luomusäädösten mukaan täysin sallittua. Kuitenkin esimerkiksi Iso-Britannian johtava luomujärjestö, Soil Association, lukee lihaluujauhon "*with approval*" -kategoriaan, mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että lannoitteen käyttö on tapauskohtaisesti luvanvaraista, ja se sallitaan vain sellaisissa tuotantoyksiköissä, joihin ei kuulu karjaa tai lampaita (Soil Association 2009).

Lannoitelisäyksestä kasveille saatavien ravinteiden määrä on keskeisimpiä lannoitteen arvoa määrittäviä tekijöitä. Lisäksi lannoitetta tulisi arvioida myös sen perusteella, minkälaisia vaikutuksia käsittelyllä on maaperän mikrobiologiaan. Tämän tyyppinen tieto saattaisi olla avuksi myös LLJ-lannoitteiden tuotteistamisessa, kun etenkin luomuviljelyn ajattelutavassa korostetaan maan pieneliöstöstä ja pitkäaikaisesta kasvukunnosta huolehtimista. Voisi olettaa, että lihaluujauhon suuri orgaanisen aineksen määrä saattaa parantaa maaperän fysikaalisia, kemiallisia ja mikrobiologisia ominaisuuksia. Kuitenkin vaikutukset maan pien-

eliöstöön kaipaisivat lisätutkimuksia (Mondini ym. 2008). Kahiluodon ja Westbergin (1998) tutkimuksen perusteella lihaluujauhokäsittely saattaa tehostaa mykorrhitsojen toimintaa maaperässä. Lazarovitsin (2001) kenttäkokeessa lihaluujauhokäsittely vähensi maasta huomattavasti monia maaperän välityksellä leviäviä patogeenejä. Vaikutuksen katsottiin liittyvän typpipitoisiin yhdisteisiin, ammoniakkiin ja (tai) typpihapokkeeseen. Samankaltainen vaikutus todettiin myös sianlannan ja soija-materiaalin lisäyksellä.

Garcian ja Rosentraterin (2008) mukaan riittämättömän selvä data lihaluujauhon sisältämistä ainesosista on eräs tekijä, joka vaikeuttaa LLJ-lannoitteiden tuotteistamista. Lihaluujauhosta tehdyissä analyyseissä on heidän mukaansa tyypillisenä puutteena se, että vain kasvinravinteet on otettu huomioon. Toisena tyypillisenä puutteena on se, että tilastollisessa analysoinnissa aineistonsisäistä vaihtelua ei ole kuvattu riittävästi ja tutkimusten laadun arvioimiseen tarvittava data on puutteellista (Subcommittee on Feed Composition CoAN 1982 ref. Garcia ja Rosentrater 2008; Batal ja Dale 2008 ref. Garcia ja Rosentrater 2008). Tutkimuksissa, joissa muitakin aineita kuin kasvinravinteita on otettu mukaan analyysiin, on ongelmana kuitenkin se, että aineisto on peräisin vain yhdestä lähteestä, ja siitä johtuen tulokset eivät ole kovin laajasti yleistettävissä (Chaala ja Roy 2003; Cyr ja Ludmann 2006). Suomessa LLJ-lannoitteiden ainekset on analysoitava tapauskohtaisesti tuotteistamisvaiheessa. Valmiista lihaluujauhopohjaisista lannoitetuotteista on oltava ”selvitys keskeisestä kemiallisesta ja biologisesta koostumuksesta sekä fysikaalisista ominaisuuksista”, jotta ravinnemäärät voidaan ilmoittaa tuotetta markkinoitaessa (Lannoitevalmistelaki 539/2006).

### **3.6 Lihaluujauho agroekologisessa viitekehyksessä**

Ekosysteemi on luonnon toiminnallinen yksikkö, jossa elävillä organismeilla on vastavuoroisia suhteita sekä keskenään että myös ympäristönsä kanssa (Gliessman 2000). Ekologia on ekosysteemejä tutkiva tiede. Käsitettä ”ekologia” käytti jo kasvitieteilijä Carl von Linne 1749 viitaten siihen ”luonnon ekonomiana” (Worster 1977). Etenkin teollistyyppisesti järjestettyjen maatalojen agroekosys-

teemeille on tyypillistä pieni lajimäärä, sillä pääosa maailman ruuantuotannosta perustuu vain muutamien eri tuotantokasvien viljelyyn (Gliessman 2000).

Agroekosysteemeissä, joissa ravintona tai muulla tavoin hyödynnettävien lopputuotteiden määrä pyritään maksimoimaan, on ravinteiden kierto systeemin sisällä yleensä vähäistä. Suuri osa agroekosysteemien biomassasta ja ravinteista päätyy systeemin ulkopuolelle maataloilta myytävien satokasvien ja eläintuotteiden mukana. Osa maa-aineksesta ja sen ravinteista myös huuhtoutuu vesistöihin, etenkin silloin kun maa jää paljaaksi ja sateiden ravinteita huuhtovalle vaikutukselle alttiiksi vaikkapa sadonkorjuun jälkeen. Ravinteita joudutaan lisäämään lannoitteilla, jotta satotasot pysyvät korkealla (Gliessman 2000).

Lihaluujauhossa liikkuu kilomääräisesti valtava materiaalivirta, joka sisältää runsaasti kasvinravinteita, kuten fosforia ja typpeä (ks. luvut 3.1.1 ja 3.1.2). Ainoastaan lannoitus- ja rehukäytössä tämä ravinnevirta palautuu suoraan takaisin osaksi maatalan ravinnekiertoa mistä se on peräisin. Muissa tapauksissa se päätyy agroekosysteemin ulkopuolelle. Kuitenkin lannoituskäyttö ja rehukäyttö kattoivat yhteensä vain neljäsosan (25 %) teurasjätteiden käyttökohteista EU19-alueella vuonna 2009 (Coelenbier/EFPPRA 2010). Tämänhetkisistä (tammikuu 2011) 27 jäsenvaltiosta EU19-maihin eivät kuulu Romania, Bulgaria, Slovenia, Viro, Liettua, Latvia, Kypros ja Malta.

Lihaluujauhon ravinteiden kuten fosforin suhteellisen vähäinen palautuminen agroekosysteemeihin voidaan nähdä teollisuusekologisena ongelmana. Teollisuusekologiassa tähdätään ihmisen toiminnan järjestämiseen niin, että tuotannolliset prosessit ja teollisuusjärjestelmän eri osa-alueet voisivat toimia toisilleen komplementtisesti eli toisiaan tukien. Haasteena on pyrkiä mahdollisimman syklisesti toimivaan järjestelmään, jossa syntyvän jätteen eli hyödyntämiskelvottoman aineksen määrä on minimoitu, ja jossa ei olla riippuvaisia järjestelmän ulkopuolisista energianlähteistä. Käytännössä kuitenkin syklinen toimintatapa rajoittuu luonnonekosysteemeihin, mutta niiden osoittamaa mallia voidaan lähestyä tehostamalla tuotantomateriaalien ja energian käyttöä (Graedel 1996).

Vaikka ekosysteemi-käsitteen alkuperä on biotieteissä, niin teollisuusekologiassa teollisista järjestelmistä puhutaan tietynlaisina ekosysteemeinä, joita ihmisen toiminta säätelee, ja joissa eri toimijat ovat moninaisissa vuorovaikutussuhteissa keskenään ja ympäristönsä kanssa. Teollisuusekologiassa käytetään monia perinteisessä ekologiassa yleisiä käsitteitä: mm. tehtaista voidaan puhua organismeina, joilla on omat keskinäiseen vuorovaikutukseensa perustuvat trofiatasot (Graedel 1996).

Itse näen korkean fosforipitoisuuden lihaluujauhon keskeisimpänä luonteenpiirteenä ajateltaessa lihaluujauhoa luonnonvarana agroekosysteemissä. Lihaluujauho ja turkiseläinlanta ovat kaikkein puutteellisimmin hyödynnettyjä fosforyyli-jäämiä Suomessa (Ylivainio ja Turtola 2009, s.65). Tunnusomaista fosforin liikkumiselle ekosysteemeissä on sen kierron hitaus. Kulloinkin vain pieni osa fosforista on kasvien käytettävissä ja valtaosa on sidottuna hitaaseen geologiseen kiertoon. Lannoiteteollisuus on hyvin riippuvainen kiihtyvään tahtiin hupenevista fosforipitoisista kivijauheista (esim. Cordell ym. 2009). Sitä vastoin esimerkiksi typpilannoitteet voidaan valmistaa uusiutuvista luonnonvaroista. Runsas typenssaanti agroekosysteemeihin voidaan jatkossakin taata palkokasvien typensidonnan avulla, mutta maataloustuotteiden mukana tilalta pois vietyä fosforia on paljon vaikeampi palauttaa takaisin kiertoon. Jos lihaluujauhon fosforin hyödyntäminen maatalojen ravinnekierrossa onkin yleensä vähäistä, on myös olemassa muita agroekosysteemeistä pois vieviä fosforivirtoja, jotka ovat jääneet melko vähälle huomiolle. Esimerkkinä voidaan mainita virtsa, joka on suurin yksittäinen ihmisyhdyskunnista peräisin oleva P-lähde. Sen fosforia ei käytännössä juuri ollenkaan palauteta agroekosysteemien välittömään ravinnekiertoon (Cordell ym. 2009).



# 4 Kokeellinen aineisto ja menetelmät

## 4.1 Koejärjestelyt

Kenttäkokeessa testattiin suomalaisen lihaluujauhon soveltuvuutta sokerijuurikkaan lannoitteeksi Suomen olosuhteissa. Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus (SjT) suoritti kokeet vuosien 2008 ja 2009 aikana. Kokeiden tilaajana oli Honkajoki Oy. Koepellot sijaitsivat Tuorlan kaupunginosassa, Kaarinan kunnassa Varsinais-Suomessa. Kokeessa annettiin sokerijuurikkaalle lannoituskäsittelyjä, joiden vaikutusta sokerijuurikkaan sato-ominaisuuksiin mitattiin. Keskenään vertailtavat koejäsenet olivat eri vuosina erilaiset ja koejärjestelyt erosivat toisistaan joiltakin osin. Vuonna 2008 oli neljä eri koejäsentä ja vuonna 2009 kuusi eri koejäsentä. Koeruudut kylvettiin 12m pituisiksi ja tasattiin myöhemmin kasvukaudella 10m pituisiksi. Jokaisesta koejäsenestä oli neljä kerrannaista. Koejärjestelyissä LLJ-lannoitteiden määrät kullekin käsittelylle laskettiin sokerijuurikkaan optimaalisen työntarpeen pohjalta. Lannoitteena käytetty lihaluujauho oli kaikissa LLJ-käsittelyissä molempina koevuosina Honkajoki Oy:n Viljo Yleislannoite 8-4-3™, missä numerot ilmaisevat NPK-prosenttimäärät. Tuote on hyväksytty käytettäväksi myös luomuviljelyssä. Tuoteselosteen mukaan tämä orgaaninen kivennäislannoite sisältää eläinperäisten sivutuotteiden lisäksi seuraavia aineksia: kaliumsulfaatti, vinassi, kuivattu kasvuturve ja melassi, joiden sisältämät NPK-määrät on siis laskettu mukaan tuotteen nimessä ilmoitettuihin prosenttilukuihin: 8-4-3. Honkajoki Oy:n lannoitetuotekehittäjä, Jukka Kivelän mukaan (suullinen tiedonanto 21.12.2010) itse lihaluujauhon osuus tuotteen kokonaisaineksesta on noin 90 %. Tuoteselosteen mukaan Viljo Yleislannoite 8-4-3 ”so pii viljojen, öljykasvien, perunan ja puutarhakasvien lannoitukseen”.

Kokeissa mitattiin molempina vuosina juurikassato (kg), juurikkaiden polysokerin määrä (kg), ja juurikkassokerin saantoarvoon vaikuttavat aminotyypin, natriumin ja kaliumin konsentraatiot milliekvivalentteina/100g juurikasta. Polysokeri tarkoittaa puhtaiden juurikkaiden määrää kerrottuna juurikkaiden sokeripitoisuudella.

Vuonna 2009 koekasvustosta, sokerijuurikkaiden lehdistä, mitattiin kasvuston typpitilannetta arvioiva SPAD –arvo kaksi kertaa kasvukauden aikana.

#### **4.1.1 Vuoden 2008 kokeen taustatiedot**

Vuoden 2008 kokeessa käytetty sokerijuurikkaslajike oli 'Jesper'. Koeasetelmana oli latinalainen neliö, josta jouduttiin hylkäämään yksi kerranne. Koetulokset analysoitiin satunnaistettuna kokeena. Koejäsenenä oli neljä Viljo-käsittelyä ja yksi kontrolli, jossa lannoitusaineena käytettiin Yara Oy:n tuotetta Pellon Hiven Y2™ (18-3-6). Koealueelta otettiin syksyllä 2007 ja keväällä 2008 maanäytteen viljavuusanalyysia varten (liite 1). Viljavuusanalyysissa koelohkon maalajiksi todettiin hietasavi. Sokerijuurikkaat kylvettiin 5.5.2008. Lannoitteet sijoitettiin peltoon kylvön yhteydessä. Sato korjattiin 2.10.2008. Lannoitemäärät laskettiin typentarpeen pohjalta. Seuraavassa on listattuna vuoden 2008 koejäsenet ja LLJ-koejäsenten kohdalla Viljo-lannoitteen prosenttiosuus annetusta kokonais-typpimäärästä:

1 = Kontrolli, Pellon Hiven Y2 (18-3-6)

2 = LLJ (8-4-3) (viljo 100 % N) 1750kg/ha

3 = LLJ (8-4-3) (viljo 77 % N) + Nurmen NK1 (20-0-7) 1000kg/ha + 300kg/ha

4 = LLJ (8-4-3) (viljo 75 % N) + Pellon Hiven Y2 (18-3-6)1000kg/ha + 333kg/ha

Käytän näistä jatkossa seuraavia lyhenteitä:

1 = KontrolliHY2

2 = Viljo100%

3 = Viljo77%+NK1

4 = Viljo75%+HY2

Vuoden 2008 sokerijuurikkaalle laskettu optimaalinen ravinnetarve koelohkolla oli 140kg N/ha, 43kg P/ha, 60kg K/ha, 80kg Na/ha, ja 14kg Mn/ha. Taulukossa 4 kuvataan koejäsenille annetut NPK-kokonaisravinnepitoisuudet:

**Taulukko 4.** Vuoden 2008 koejäsenten kokonaisravinnekertymät (kg/ha).

	Typpi	Fosfori	Kalium
KontrolliHY2	140	23	46
Viljo100%	136	87	17
Viljo77%+NK1	140	40	31
Viljo75%+HY2	140	40	33

Pelkällä Viljo lannoitteella lannoitetuista juurikkaista (koejäsen 2) lähetettiin Evi-ralle näyte tutkittavaksi. Näytteestä ei löytynyt luujauhon jäämiä Eviran tekemässä mikroskooppisessa analyysissä.

#### **4.1.2 Kasvukauden 2008 sääolosuhteet**

Koealueella päästiin sokerijuurikkaan kylvöille melko varhaisessa vaiheessa (5.5.2008). Kylvönjälkeinen aika oli alueella melko lämmin mutta hyvin kuiva kesäkuun puoliväliin saakka. Syys-lokakuu oli suhteellisen viileä, mutta Salon seudun mittauksen perusteella pitkäaikaista keskiarvoa sateisempi.

#### **4.1.3 Vuoden 2009 kokeen taustatiedot**

Vuoden 2009 kokeen sokerijuurikaslajike oli 'Lincoln'. Kokeessa oli kaksi kontrollikäsitelyä, joissa lannoitteina olivat Yara Oy:n tuotteet Hiven Y™ (23-3-6) ja Nurmen NK1™ (20-0-7). Seuraavassa on listattuna vuoden 2009 koejäsenet ja LLJ-koejäsenten kohdalla Viljo-lannoitteen prosenttiosuus koejäsenelle annettusta kokonaistypinmäärästä:

1 = Kontrolli, Hiven Y1 (23-3-6)

2 = Kontrolli, Nurmen NK1 (20-0-7)

3 = LLJ (8-4-3) (viljo 100 % N)

4 = LLJ (8-4-3) (viljo 80 % N) + Nurmen NK1 (20-0-7)

5 = LLJ (8-4-3) (viljo 80 % N) + Hiven Y1 (23-3-6)

6 = LLJ (8-4-3) (viljo 90 % N) + Hiven Y1 (23-3-6)

Näiden lyhenteinä käytän jatkossa:

1 = KontrolliHY1

2 = KontrolliNK1

3 = Viljo100%

4 = Viljo80%+NK1

5 = Viljo80%+HY1

6 = Viljo90%+HY1

Vuonna 2009 sokerijuurikkaalle laskettu optimaalinen ravinnetarve koelohkolla oli 130kg N/ha, 43kg P/ha, 60kg K/ha, 80kg Na/ha, ja 14kg Mn/ha. Määrät ovat muuten samat kuin 2008 mutta typen tarve oli tuolloin 10kg/ha suurempi. Lannoitemäärät laskettiin tämän suosituksen mukaan edellä esitetystä suhteesta. Koejäseniin 3-6 lisättiin tarpeenmukainen kaliumlannoite, käyttämällä kaliumsulfattilannoitetta (42% K, 18% S). Taulukossa 5 kuvataan koejäsenille annetut NPK-kokonaismäärät.

Koelohkon esikasvina oli kevätvehnä. Lohkolta otettiin syksyllä 2008 koeruutu-kohtaiset maanäytteet, joista tehtiin viljavuusanalyysi, jossa maaperänäytteistä mitattiin pH, Ca, P, K, Mg, Na (liite 2). Tässä on niistä tehdyn varianssianalyysin p-arvot samassa järjestyksessä: 0,964; 0,945; 0,904; 0,913; 0,963; 0,336. Missään mitatussa tekijässä ei siis havaittu käsittelyiden välisiä merkitseviä eroja, ja tämän vuoksi ei ollut perusteita ottaa viljavuusmuuttujia kovariaateiksi tilastolliseen analyysiin. Alueen maalaji oli viljavuusanalyysin perusteella liejusavea ja hietasavea. Sokerijuurikkaat kylvettiin 11.5.2009. Siemenetäisyytenä käytettiin 18 cm ja rivivälinä 47,5 cm. Koeasetelmana oli latinalainen neliö, jossa koejäsenten paikat valittiin satunnaisesti. Lannoitteet pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman suurelta osin kylvön yhteydessä lannoiteriviin. Joissakin koejäsenissä LLJ-lannoitteen määrä oli kuitenkin niin suuri, että koko määrää ei ollut mahdollista levittää kylvön yhteydessä. Niinpä noin kolmasosa LLJ-lannoitteesta hajalevitettiin koeruuduille ennen kylvöä. Hoitotoimenpiteinä kasvukauden aikana kokeessa toteutettiin peltolohkolle tarpeelliseksi katsottu rikkakasvitorjunta. Koelohkolla ei suoritettu ruiskutuksia lehtisairauksia vastaan, koska ne eivät olleet tarpeen.

**Taulukko 5.** Vuoden 2009 koejäsenten kokonaisravinnekertymät (kg/ha).

	Typpi	Fosfori	Kalium (jälkimmäinen luku: kaliumsulfaattisä)
KontrolliHY1	131	17	34
KontrolliNK1	130	0	49
Viljo100%	130	3	16 + 40 = 56
Viljo80%+NK1	130	3	22 + 36 = 58
Viljo80%+HY1	130	6	20 + 40 = 60
Viljo90%+HY1	130	5	19 + 40 = 59

Ensimmäinen SPAD-mittaus suoritettiin 7.7.2009, jolloin juurikkaan kasvuston kehittyminen oli voimakkaimmillaan lähdössä liikkeelle. Toinen mittaus suoritettiin heinäkuun lopulla 29.7.2009.

#### **4.1.4 Kasvukauden 2009 sääolosuhteet**

Vuoden 2009 kevät ei ollut kylvöjen kannalta kaikkein varhaisimpia, mutta Piikkiön alueella sokerijuurikkaan kylvölle päästiin melko varhain verrattuna muihin Suomen sokerijuurikkaanviljelyalueisiin.

Maa oli keväällä juurikkaan kylvöaikaan kohtuullisen kostea ja sademäärä oli kevään ja kesäkuun aikana riittävä takaamaan juurikkaan tasaisen taimettumisen. Koealueen kevätlämpötilat olivat pitkäaikaiseen keskiarvoon nähden lämpimämmät, mutta kesäkuun aikana ilmat alkoivat viiletä. Heinäkuussa lämpötilat taas kohosivat pitkäaikaisen keskiarvon tasolle ja lämpötilasumman kertymä sai kiinni vuoden 2008 tason. Kasvukaudella ei kuitenkaan ollut yhtä huomattavia kuivuusjaksoja kuin vuonna 2008. Kuitenkin huhti-toukokuussa ja syyskuussa sademäärät olivat ajoittain melko alhaiset suhteessa vuosien 1971-2000 keskiarvoon.

## 4.2 Käyttämäni analyysimenetelmät

Käytin koeaineistoni analyysien tekoon PASW™-tilasto-ohjelmaa. Vertailin eri käsittelyjen tuottamia keskimääräisiä satoja toisiinsa yksisuuntaisella varianssi-analyysillä. Varianssianalyysin edellytyksenä on, että tarkasteltavat vastemuuttajat, kuten hehtaarisato, ovat normaalijakautuneet aineistossa. Tämä varmistettiin kunkin analysoidun muuttujan kohdalla Kolmogorov-Smirnovin testillä. Kaikkien tekemieni tilastollisten testien merkitsevyyden kriittisenä rajana käytin p-arvoa 0,05 tutkimusalan yleisen käytännön mukaisesti.

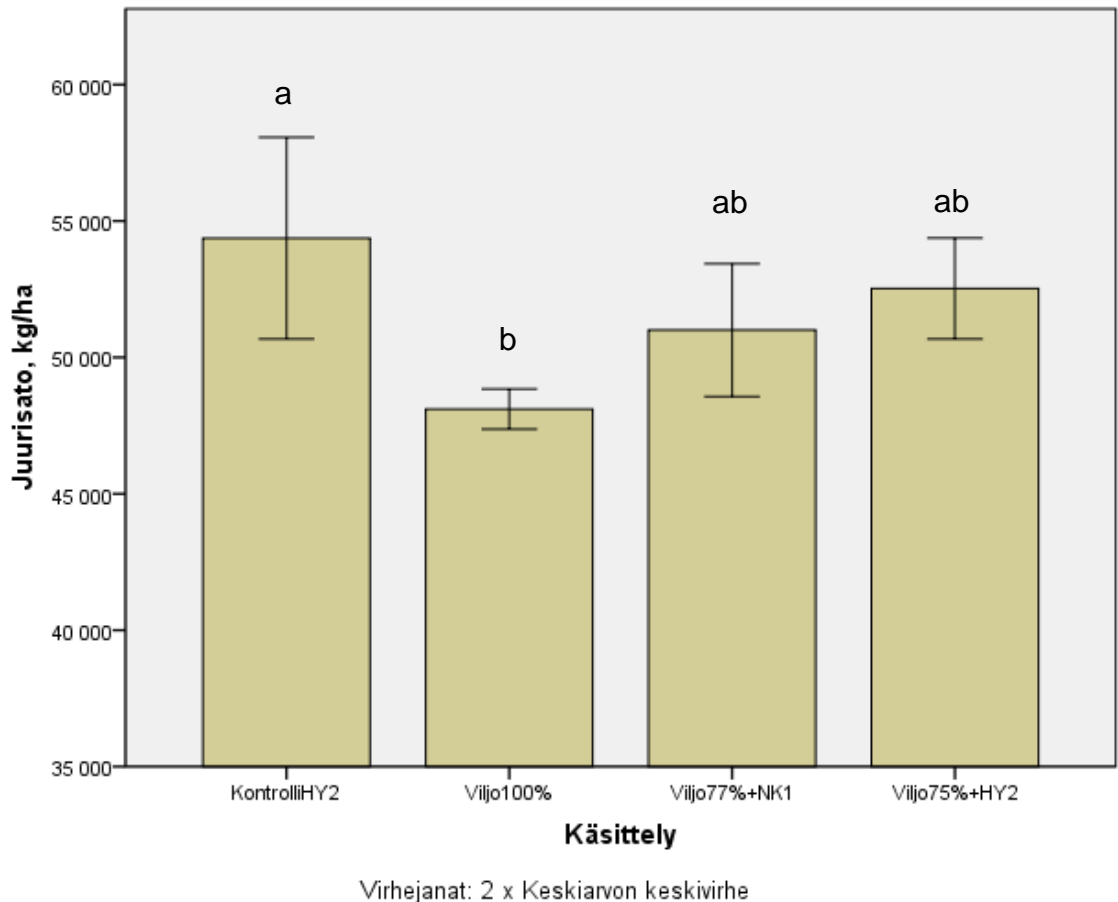
## 5 Tulokset

Vuosien 2008 ja 2009 tuloksia ei voitu tilastollisesti vertailla keskenään, sillä lannoitekäsittelyt eivät vastanneet toisiaan ja myös koejärjestelyt erosivat toisistaan mm. käytetyn sokerijuurikaslajikkeen osalta. Seuraavassa on esitettynä kokeen keskeiset tulokset ensin vuoden 2008 ja sitten vuoden 2009 osalta.

### 5.1 Vuosi 2008

#### 5.1.1 Satotaso

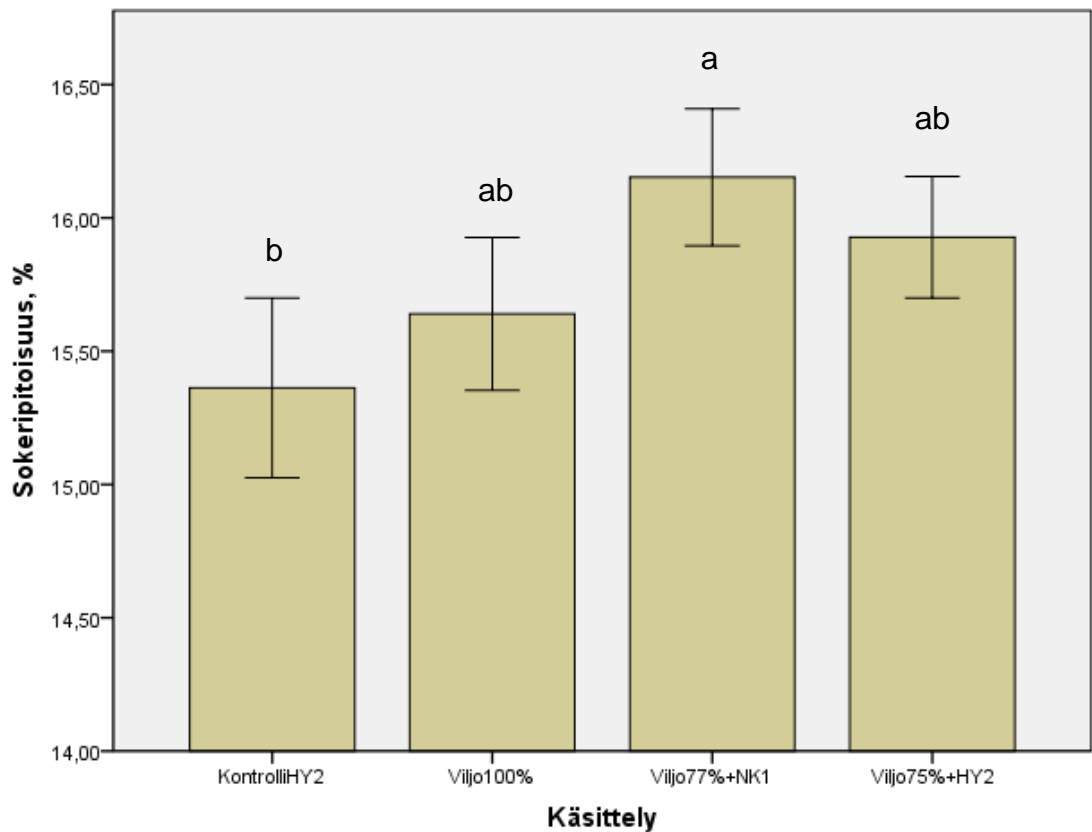
Vuoden 2008 kokeen kaikkien koejäsenten yhteinen keskisato oli 51500kg/ha. KontrolliHY2:n sato oli vuoden paras, keskimäärin 54 368 kg/ha, kun taas Viljo100% -koeruutujen sato oli kokeen heikoimpana keskimäärin 48105 kg/ha. Varianssianalyysin perusteella vuonna 2008 eri käsittelyjen keskimääräisten satojen välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja ( $p=0,021$ ). Tukeyn testin perusteella KontrolliHY2 tuotti merkitsevästi ( $p=0,015$ ) paremman sadon kuin Viljo100%. Missään muussa kahden eri käsittelyn välisessä vertailussa ei ollut Tukeyn testin mukaan tilastollisesti merkitsevää satotason eroa. Vuoden 2008 käsittelyjen sadot on esitetty graafisesti kuvassa 1.



**Kuva 1.** Vuoden 2008 sokerijuurikkaan keskiarvot eri lannoituskäsittelyillä. Satomäärä on muutettu yksikköön kg / ha. Huomaa, että pystyakselin asteikko on katkaistu alkamaan arvosta 35 000kg/ha. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot olivat merkitsevästi erisuuret, Tukeyn testi, riskitaso  $\leq 0,05$ .

### 5.1.2 Laatuominaisuudet

Polsokerin hehtaarikohtaisissa kilomäärissä ei ollut koejäsenten välillä tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p=0,059$ ). Vertailin sokeripitoisuuksia myös polysokeriprosentista muunnetun arkussini-testisuureen avulla. Arkussini-testisuureen keskiarvot erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p=0,010$ ) eri lannoituskäsittelyiden välillä. Tukeyn testin perusteella Viljo77%+NK1 -juurikkaiden sokeripitoisuusprosentti oli merkitsevästi ( $p=0,008$ ) korkeampi kuin KontrolliHY2:n. Vuoden 2008 sokeripitoisuusprosentit on esitetty kuvassa 2.



Virhejanat: 2 x Keskiarvon keskivirhe

**Kuva 2.** Vuoden 2008 keskimääräiset sokeripitoisuudet eri lannoituskäsittelyillä. Huomaa, että pystyakseli on katkaistu alkamaan arvosta 14%. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot olivat merkitsevästi erisuuret, Tukeyn testi, riskitaso  $\leq 0,05$ .

Juurikkaan aminotyypin ( $p=0,000$ ), kaliumin ( $p=0,000$ ) ja natriumin ( $p=0,001$ ) pitoisuuksissa oli tilastollisesti merkitsevää vaihtelua koejäsenten välillä. KontrolliHY2-juurikkaissa oli enemmän aminotyyppiä (mg amino-N/100g juurikas) kuin Viljo100%-juurikkaissa ( $p=0,000$ ) ja Viljo77%+NK1-juurikkaissa ( $p=0,039$ ). Samoin Viljo75%+HY2-juurikkaissa ( $p=0,020$ ) ja Viljo77%+NK1-juurikkaissa ( $p=0,028$ ) oli suurempi aminotyyppipitoisuus kuin Viljo100%-juurikkaissa.

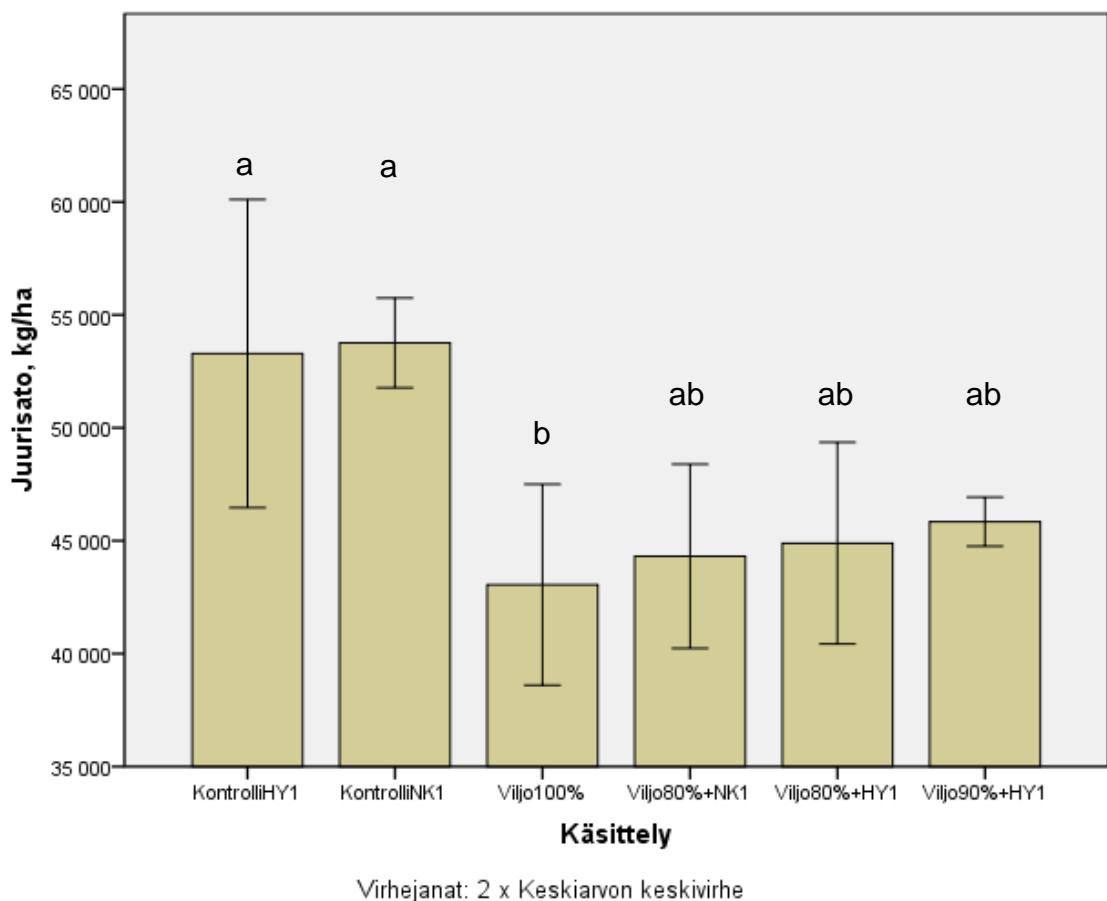
KontrolliHY2-juurikkaissa oli enemmän kaliumia (mg K/100g juurikas) kuin Viljo100%-juurikkaissa ( $p=0,000$ ). Samoin Viljo75%+HY2-juurikkaissa ( $p=0,001$ ) ja Viljo77%+NK1-juurikkaissa ( $p=0,001$ ) oli suurempi kaliumpitoisuus kuin Viljo100%-juurikkaissa. Natriumpitoisuus (mg Na/100g juurikas) oli KontrolliHY2-juurikkaissa suurempi kuin kaikilla muilla koejäsenillä: Viljo100% ( $p=0,009$ ), Viljo77%+NK1 ( $p=0,002$ ) ja Viljo75%+HY2 ( $p=0,001$ ).



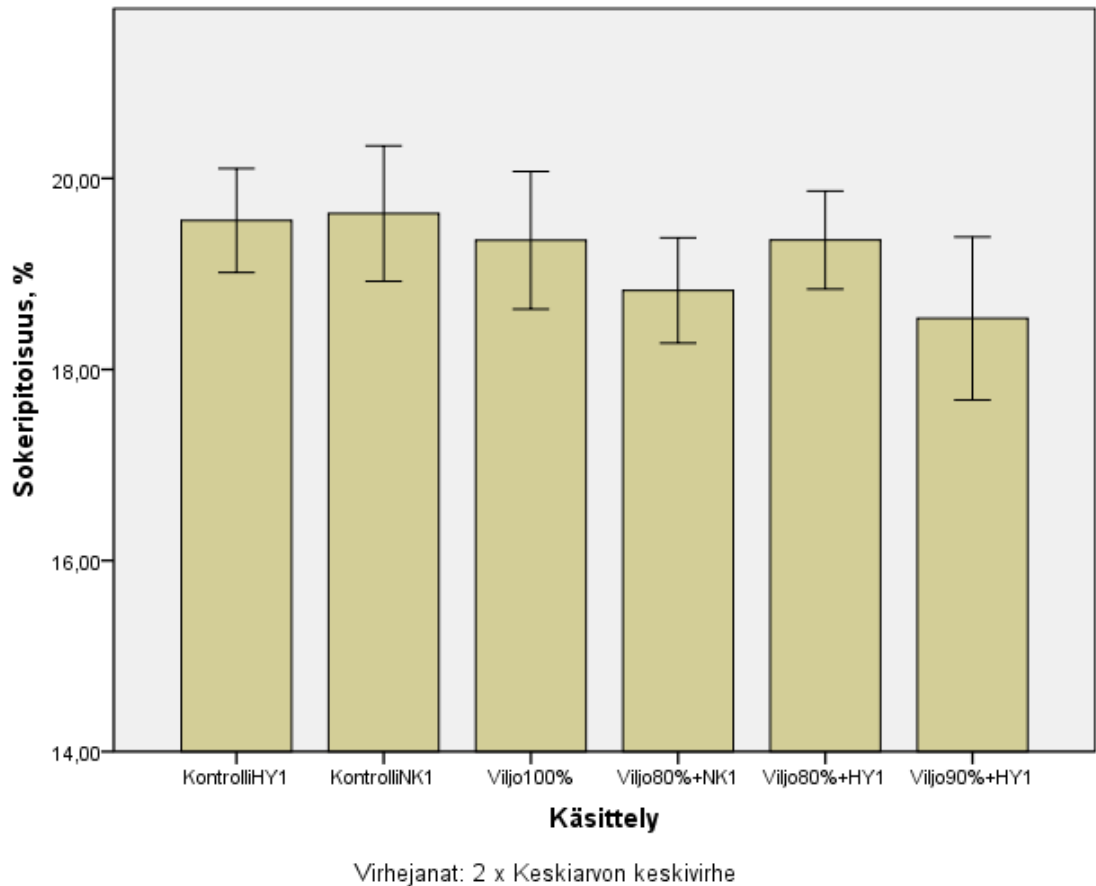
## 5.2 Vuosi 2009

### 5.2.1 Satotaso

Vuoden 2009 keskisato kokeessa oli 47 526kg/ha. KontrolliNK1 voitti keskisatojen vertailun (53 763kg/ha) ja Viljo100% jäi heikoimmaksi (43 052kg/ha). Varianssianalyysin tuloksista ilmeni, että keskisadoissa oli merkitseviä eroja eri käsittelyiden välillä ( $p=0,005$ ). Tukeyn testin perusteella Viljo100%-käsittelyllä saatu keskisato oli merkitsevästi pienempi kuin sekä KontrolliHY1:n ( $p=0,031$ ) että KontrolliNK1:den ( $p=0,023$ ). Käsittelyiden keskisadot on esitetty alla kuvassa 3.



**Kuva 3.** Vuoden 2009 keskisadot eri lannoituskäsittelyillä. Satomäärä on muutettu yksikköön kg / ha. Huomaa, että pysty akselin asteikko on katkaistu alkamaan arvosta 35 000kg/ha. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot olivat merkitsevästi erisuuret, Tukeyn testi, riskitaso  $\leq 0,05$ .



**Kuva 4.** Vuoden 2009 keskimääräiset sokeripitoisuudet eri lannoituskäsittelyillä. Huomaa, että pystyakseli alkaa arvosta 14%. Merkitseviä eroja käsittelyiden keskiarvoissa ei havaittu, Tukeyn testi, riskitaso  $\leq 0,05$ .

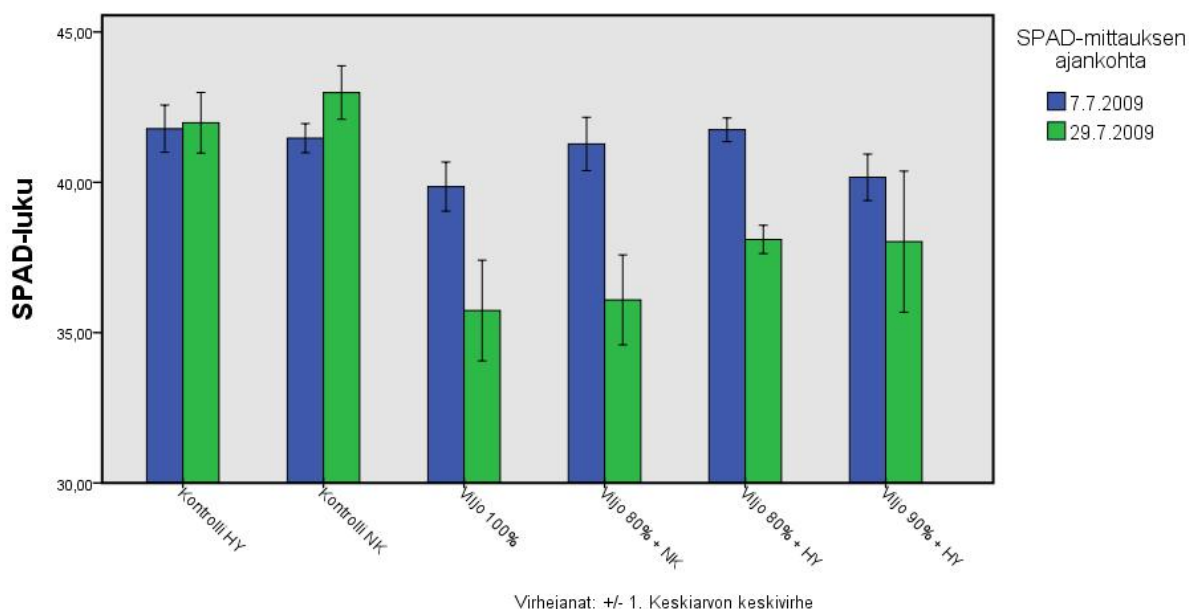
### 5.2.2 Laatuominaisuudet

Polsokerin hehtaarikohtaisissa kilomäärissä esiintyi merkitseviä eroja varianssi-analyyseissä ( $p=0,003$ ). Tukeyn testin mukaan KontrolliHY1:n polysokerimäärä oli suurempi kuin käsittelyiden Viljo100% ( $p=0,044$ ) ja Viljo80%+NK1 ( $p=0,044$ ). Samoin KontrolliNK1:n polysokerimäärä oli suurempi kuin käsittelyiden Viljo100% ( $p=0,026$ ), Viljo80%+NK1 ( $p=0,026$ ) ja Viljo90%+HY1 ( $p=0,041$ ). Kuitenkaan sokeriprosenteissa ei havaittu arkussinimuttujan avulla tarkasteltuna tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyiden välillä ( $p=0,178$ ). Sokeriprosentit on esitetty yllä kuvassa 4.

Vuoden 2009 sokerijuurikkaiden amino-N, K ja Na-pitoisuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ( $p$ -arvot vastaavassa järjestyksessä: 0,294; 0,331 ja 0,516).

### 5.2.3 Kasvuston lehtivihreämittaukset

Ensimmäisessä SPAD-mittauksessa (7.7.2009) käsittelyjen välisten keskiarvojen vaihtelu ei ollut tilastollisesti merkitsevää ( $p=0,288$ ). Kuitenkin toisessa mittauksessa (29.7.2009) varianssianalyysin tulosten mukaan käsittelyiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja ( $p=0,009$ ). Tukeyn testissä KontrolliNK1:n keskiarvo oli merkitsevästi suurempi kuin sekä Viljo100% -käsittelyn ( $p=0,024$ ), että Viljo80%+NK -käsittelyn ( $p=0,034$ ). SPAD-mittausten tulokset on esitetty graafisesti kuvassa 5.



**Kuva 5.** SPAD-mittausten tulokset (2009). Huomaa, että asteikko on katkaistu alkamaan arvosta 30.

# 6 Tulosten tarkastelu

## 6.1 Satotaso ja ravinteet

Vuoden 2008 kokeen keskisato lajikkeella 'Jesper' oli 51 500kg/ha, ja vuoden 2009 keskisato lajikkeella 'Lincoln' oli hieman tätä alhaisempi, 47 526kg/ha. Erisuuriin satotasoihin koevuosina vaikutti käytetyn lajikkeen lisäksi useat muut tekijät kuten eri koelohko ja sääolosuhteet. Molempina vuosina Viljo100%-koejäset tuottivat kilomääräisesti kokeen pienimmän sadon, joka oli myös merkittävästi kaikkia kontrollikäsittelyitä pienempi. Tästä huolimatta molempien koevuosien jokaisen käsittelyn keskisato oli suurempi kuin Suomen kansallinen sokerijuurikkaan keskisato, joka oli 34 520kg/ha vuonna 2008 ja vastaavasti 37 710kg/ha vuonna 2009 (TIKE, Satotilasto, *n.d.*). Tätä taustaa vasten voidaan sanoa, että myös Viljo100%-käsittelyt tuottivat Suomen viljelyoloihin nähden hyvän sadon molempina vuosina.

LLJ-lannoitteen keskeisimmät ravinteet näissä kokeissa olivat P (~4%), N (~8%) ja K (~3%). Kuten aiemmin todettiin (ks. luku 3.2.1) sokerijuurikkaan fosforintarve on pieni ja typentarve suuri. Näin ollen näyttää todennäköisemmältä, että LLJ-lannoitteilla typen saatavuus rajoitti juurikkaan kasvua ja satoa, kuin se että fosforin määrä olisi ollut kokeessa minimitekijänä. Jengin ym. (2006) kokeessa vehnällä, ohralla ja englanninraiheinällä tultiin siihen tulokseen, että kun lannoitteen määrä oli optimoitu kasvin typentarpeen pohjalta, lihaluujauhokäsittelystä jäi fosforia maaperään yli kasvin tarpeiden. Ilmeisesti myös näissä sokerijuurikkakokeissa kävi samoin. Koska Viljo-koejäsenten LLJ-lannoitteen osuus molempina vuosina optimoitiin typentarpeen pohjalta (140kg N/ha vuonna 2008 ja 130kg N/ha vuonna 2009), tulee kokeiden tuloksia arvioida erityisesti kasville käyttökelpoisen lannoitetypen saatavuuden näkökulmasta. Viljo Yleislannoitteen kaliumpitoisuus (n. 3%) on melko pieni sokerijuurikkaan runsaaseen kaliumintarpeeseen nähden ja ensimmäisen vuoden LLJ-koejäsenten saamat kaliummäärät olivat pienempiä kuin kontrollin (ks. taulukko 4, luku 4.1.1). Jälkimmäisenä koevuotena juurikkaan kaliuminsaannista huolehdittiin kaliumsulfaattisäl-

lä, jolloin LLJ-koejäsenten kaliumpitoisuus nousi kontrollikäsitteilyä korkeammaksi (ks. taulukko 5, luku 4.1.3). Koska kaliumilla on tärkeä rooli sokeripitoisuuden säätelyssä, saattoi myös sen erisuurilla määrillä koejäsenten välillä olla vaikutusta sokeripitoisuuteen. Lisäksi annetun kaliumin määrä luultavasti vaikutti mm. juurikkaiden kaliumpitoisuuteen.

Vuoden 2008 satotasovertailussa KontrolliHY2:n sato oli vuoden paras (54 368 kg/ha), Viljo100% -käsittelyn jäädessä heikoimmaksi (48 105 kg/ha). Ainoastaan näiden kahden koejäsenen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero kontrollikäsitteilyn hyväksi. Vuonna 2009 KontrolliNK1 (53 763kg/ha) voitti satotasovertailun ja Viljo100% (43 052kg/ha) jäi koejäsenistä heikoimmaksi. Viljo100%-käsittelyn keskisato oli merkitsevästi pienempi kuin sekä molempien kontrollikäsitteilyiden (KontrolliHY1 ja KontrolliNK1).

Ensimmäinen kasvuston typpitasoa määrittävä SPAD-mittaus (7.7.2009) tehtiin aikaan, jolloin sokerijuurikkaiden kasvu oli oletettavasti kaikkein voimakkaimmillaan. Heinäkuun lopun (29.7.2009) SPAD-mittauksessa Viljo100%:n ja Viljo80%+NK:n keskiarvo oli merkitsevästi alhaisempi kuin KontrolliNK1:n. Ilmeisesti nämä Viljo-käsittelyt kärsivät typenpuutteesta heinäkuussa. Verrattuna ensimmäiseen SPAD-mittaukseen, jossa tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyjen välillä ei havaittu, näyttää siltä että Viljo-lannoitettujen koeruutujen helppoliukoiset typpivarannot kuuluivat loppuun näiden kahden mittauksen välisenä aikana.

Pelkkä lihaluujauholannoitus tuotti heikoimman sadon. Tämä viittaa siihen, että kun juurikkaan typentarve katettiin pelkällä lihaluujauholannoitteella, oli helppoliukoisesta tyyppistä puutetta kasvukauden aikana. Tähän viittaa myös ensimmäisenä vuonna havaittu lihaluujauholla lannoitettujen juurikkaiden alhainen aminotyyppipitoisuus (13 mg/100g juurikasta). Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen mukaan sokerijuurikas kärsii typenpuutteesta kasvukauden lopulla, jos aminotyyppipitoisuus on alle 15 mg/100g juurikasta (SjT 2010). Viljo100%-käsittely jäi vuoden 2008 ainoana alle tämän arvon. Vuoden 2009 aminotyyppipitoisuuksissa ei ollut käsittelyiden välillä merkitseviä eroja, mutta pitoisuus oli kaikkien käsittelyiden keskiarvona n.7,2mg/100g juurikasta, mikä on huomatta-

vasti alle Sjt:n (2010) mukaisen kriittisen rajan. Aminotyperästä pääteltynä näyttää siis siltä, että vuonna 2009 kaikki koejäsenet kärsivät typenpuutteesta kasvukauden lopulla.

Alhainen aminotyyppipitoisuus on kuitenkin nähtävä laadun kannalta edullisena ominaisuutena, sillä se parantaa sokerin saantoarvoa. Vuonna 2008 LLJ-lannoituksella näytti oleva positiivinen vaikutus aminotyyppipitoisuuteen, sillä Viljo100%- ja Viljo77%+NK1-juurikkailla pitoisuus oli merkitsevästi alhaisempi kuin KontrolliHY2-juurikkailla. Lisäksi pelkkä Viljo-lannoite tuotti kaikista LLJ-käsittelyistä merkitsevästi alhaisimman aminotyyppipitoisuuden. Viljo-lannoitus tuotti edullisia laatuvaikutuksia myös kaliumin ja natriumin osalta. Pelkällä LLJ-lannoitteella saatujen juurikkaiden K-pitoisuus oli merkitsevästi pienempi kuin kontrollikäsittelyllä ja LLJ-lannoitteen ja väkilannoitteen yhdistelmällä saatujen juurikkaiden. Lihaluujauhollannoitus paransi juurikkaan laatua myös natriumin osalta, sillä kaikki Viljo-koejäsenet tuottivat kontrollia merkitsevästi alhaisemman natriumpitoisuuden. Vuonna 2009 Viljo-lannoituksella ei kuitenkaan havaittu yllä kuvatuista positiivisia laatuvaikutuksia, sillä käsittelyiden välillä ei ollut tekijöiden amino-N, K, ja Na pitoisuuksissa tilastollisesti merkitseviä eroja.

## **6.2 Sokeripitoisuus ja sokerisato**

Lannoituksella voi olla joko huomattavan edullinen tai jossain tapauksissa epäedullinen vaikutus juurikkaan sokeripitoisuuteen ja laatuun. Riittävän typensaannin tärkeys sokerinmuodostukselle tunnetaan hyvin. Toisaalta liian runsas typpilannoitus saattaa heikentää juurikkaan laatua nostamalla aminotyyppipitoisuutta. Kaliumilla on keskeinen merkitys sokeripitoisuuden muodostumisessa (Durrant ym. 1974a,b; 1978 ref. Christenson ja Draycott 2006), mutta kaliumlannoituksella ei ole kaikissa lannoituskokeissa todettu olevan vaikutusta sokeripitoisuuteen (Draycott 1972). Fosforilannoituksella on todettu joissakin tapauksissa positiivinen vaikutus sokeripitoisuuteen. Ilmeisesti vaikutus liittyy pääasiassa tilanteisiin, joissa helppoliukoisesta fosforista on ollut puutetta (Draycott 1972).

Vaikka sokerijuurikaskokeen satotaso oli ensimmäisenä koevuotena suurempi, niin sokeripitoisuudet olivat toisena koevuotena keskimäärin korkeammat. Hyytiäisen ym. (1999) kuvaamien laatutavoitteiden mukaisesti 2009 kaikkien koejäsenten sokeripitoisuudet olivat luokkaa ”erinomainen” kun vuonna 2008 liikuttiin vain tasoilla ”välttävä” tai ”hyvä” (ks. taulukko 1, luku 3.2.2).

Ensimmäisen vuoden kokeessa saatiin viitteitä siitä, että lihaluujauho lisäisi polsokeripitoisuutta. Tukeyn testissä Viljo77%+NK1 -juurikkaiden sokeripitoisuusprosentti oli merkitsevästi suurempi kuin toisen kontrollikäsittelyn (KontrolliHY2). Tämä osoittaa, että tietynlaisissa olosuhteissa lihaluujauholannoitus voi tuottaa selvästi korkeamman sokeripitoisuuden kuin väkilannoite. Polsokerin hehtaarikohtaisissa kilomäärissä ei kuitenkaan ollut koejäsenten välillä tilastollisesti merkitsevää eroa, vaikka varianssianalyyseissa saatu p-arvo (=0,059) olikin vain täpärästi suurempi kuin merkitsevyystaso 0,05. Toisena koevuonna molempien kontrollikäsittelyiden sokerisato oli merkitsevästi suurempi kuin kahden LLJ-käsittelyn (Viljo100% ja Viljo80%+NK1). Lisäksi KontrolliNK1:n polsokerimäärä oli suurempi kuin käsittelyllä Viljo90%+HY1. Suhteellisen pieni kilomääräinen sokerisato Viljo-käsittelyiden kohdalla on selitettävissä alhaisemmalla juurikasadolla, sillä sokeripitoisuudessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Näin ollen voidaan sanoa, että sokeripitoisuuden osalta kaikki vuoden 2009 koejäsenet menestyivät yhtä hyvin.

### **6.3 Ympäristötekijöiden vaikutus lannoitustehoon**

Lihaluujauhon lannoitusvaikutus on riippuvainen ympäristötekijöistä kuten sääoloista ja maaperän mikrobiologiasta sekä viljavuudesta ennen lannoitusta. Lihaluujauhon ravinteet liukenevat melko hitaasti kasvin käyttöön kasvukauden aikana ja sääolot vaikuttavat merkittävästi typen ja muiden ravinteiden liukenemisnopeuteen. Sopivissa olosuhteissa lihaluujauholannoitus on tuottanut yhtä hyvät sadot kuin väkilannoite (Kivelä 2007; Chen 2008). Maan riittävä kosteus on lihaluujauholannoitukselle tärkeää, sillä kuivan kasvukauden ja etenkin kuivan alkukesän on todettu heikentäneen lihaluujauhon ravinteiden liukenemisnopeutta savimaalla, jolloin lihaluujauhon lannoitusteho on saattanut

jäädä vain 60%:iin keinolannoitteen tehosta (Linden ja Lundsrom 2001 ref. Kivelä 2007; Gruvaeus 2002 ref. Kivelä 2007). Säätekijöillä oli luultavasti suuri merkitys vuoden 2008 sokerijuurikaskokeen tuloksiin. Tuolloin juurikkaiden alkukehitystä häiritsi huomattava kuivuusjakso kylvöajankohdasta (5.5.2008) kesäkuun puoliväliin saakka. Toinen kuivuusjakso sijoittui heinäkuun loppupuolelta elokuun puoliväliin. Toisaalta loppukasvukausi syys-lokakuussa oli enimmäkseen varsin kostea, mutta melko viileä. Vuonna 2009 huhti-toukokuussa ja syyskuussa sademäärät olivat myös melko alhaiset suhteessa pitkäaikaiseen, vuodet 1971-2000 kattavaan keskiarvoon. Tämä mahdollisesti vaikutti Viljo-lannoitteen ravinteiden liukenemisnopeuteen kielteisesti.

Vuoden 2009 koelohkolta tehtiin syksyllä 2008 koeruutukohtainen viljavuusanalyysi (liite 2). Minkään siinä mitatun tekijän (pH, Ca, P, K, Mg, Na) suhteen ei havaittu varianssianalysissä tilastollisesti merkitsevää eroa käsittelyiden välillä. Tämä varmentaa osaltaan vuoden 2009 varsinaisten koetulosten luotettavuutta, sillä lannoitteen vaikutuksen esiintulon kannalta on tärkeää, että maaperätekijöissä ei ole suuria vaihteluita koejäsenten välillä. Vuoden 2008 koelohkolta otettiin viljavuusanalyysia varten vain aluekohtaiset maanäytteet syksyllä 2007 ja keväällä 2008 (liite 1). Tämän vuoksi koeruutukohtaisten viljavuustekijöiden vaikutusta vuoden 2008 tuloksiin ei voida arvioida, mikä hieman heikentää tulosten luotettavuutta.

Koetulosten yleistettävyyden parantamiseksi ja jo saatujen varmentamiseksi olisi toivottavaa tehdä lisätutkimuksia Suomen ja muidenkin maiden kenttöolosuhteista, jotta lihaluujauhon lannoitusvaikutuksen riippuvaisuus sääolosuhteista ja muista ympäristötekijöistä voitaisiin selvittää tarkemmin. Kiinnostavaa lisätietoa maaperävaikutuksista voitaisiin saada esimerkiksi tehtäessä kokeita erilaisilla maalajeilla. Monivuotisilla kokeilla voitaisiin selvittää kuinka hyvin LLJ-lannoitteen pitkävaikutteisuus ilmenee sokerijuurikkaan viljelyssä.



## 7 Johtopäätökset

Lihaluujauho on todetusti tehokas lannoite monilla eri viljelykasveilla. Sen huomattavat fosfori- ja typpipitoisuudet ovat verrattavissa useisiin kaupallisiin NPK-lannoitteisiin. Lihaluujauho soveltuu korkean fosforipitoisuutensa vuoksi myös luomuviljelyyn täydennyslannoitteeksi, missä etenkin fosforia joudutaan usein lisäämään maahan täydennyslannoitteiden avulla. Sen vaikutus on pitkäaikainen ja siksi se sopii käytettäväksi kerran viljelykierrossa. Lihaluujauhoon liittyy TSE-tautien riski. Tämä riski on huomattava varsinkin lihaluujauhon rehukäytössä nautaeläimillä, joiden BSE-tauti on tutkimuksissa yhdistetty nautaperäiseen lihaluujauhoon rehun ainesosana. Myös lihaluujauhon käytössä turkiseläinrehuna saattaa piillä BSE- tai muun TSE-taudin riski. Oikein käsitelty lihaluujauhon lannoitekäyttöön ei näytä tarkastelemieni tutkimusten perusteella sisältyvän huomattavaa TSE-riskiä, varsinkin jos huolehditaan, että lihaluujauhoa ei päädy maatilalla rehun joukkoon esimerkiksi laidunten kautta. Suuri osa lannoitteeksi kelpollisesta lihaluujauhosta käytetään Suomessa turkiseläinten rehuna. Lihaluujauhon lannoitekäytön painottaminen edesauttaisi ruokajärjestelmämme ravinnekierron sulkemista etenkin fosforin osalta. Lihaluujauho on uusiutuva luonnonvara, jonka lannoitekäytöllä voitaisiin korvata huomattava osa lannoiteaineena kulutettavista fosfaattipitoisista kiviaineista.

Sokerijuurikkaan lannoituskokeissa lihaluujauhokäsittelyt eivät menestyneet aivan yhtä hyvin satotasovertailussa kuin kontrollikäsittelyiden NPK-väkilannoitteet. Pelkkä Viljo-lannoite tuotti merkitsevästi alhaisemmat sadot kuin kontrollikäsittelyt molempina vuosina. Kuitenkin kun Viljo-lannoitteen ohella käytettiin väkilannoitetta (10-25% kasvin työntarpeesta) päästiin varsin lähelle kontrollikäsittelyiden satotasoja. Myös pelkän LLJ-lannoitteen tuottamat satot olivat kuitenkin selvästi paremmat kuin Suomen keskimääräiset juurikassadot koevuosina. Viljo-käsittelyillä oli selvästi positiivinen vaikutus laatutekijöihin amino-N, K ja Na vuonna 2008, mutta vuonna 2009 näiden pitoisuudet jäivät kontrollikäsittelyjen tasolle. Viljo-käsittelyiden sokeripitoisuudet olivat vuonna 2008 kontrollikäsittelyn luokkaa ja Viljo77%+NK1:n osalta kontrollia merkitsevästi paremmat. Vuoden 2009 sokeripitoisuudet olivat kaikilla koejäsenillä erin-

omaiset, ja käsittelyiden välillä ei ilmennyt merkitseviä eroja. Kokeiden perusteella kaliumsulfaatilla täydennetty lihaluujauho on hyvin toimiva lannoite sokerijuurikkaalla Suomen olosuhteissa.

## 8 Lähteet

Ahlström Ö., Skrede A., Heggser O.S., Mikkelsen O. & Tangen S.F. 2000. Meat-and-bone meals from different animal by-products as protein sources for fur animals. *Scientifur*, vol. 24, iss. 4, pp. 63-66.

Antikainen R., Haapanen R., Lemola R., Nousiainen J.I. & Rekolainen S. 2008. Nitrogen and Phosphorus Flows in the Finnish Agricultural and Forest Sectors. 1910-2000. *Water, air, and soil pollution*, vol.194, pp. 163-177.

Anttila K. 2009. Perunantutkimuslaitos. Tärkkelysperunan tuotanto. Saatavilla: [http://www.elosato.fi/material/petla\\_koe\\_2009.pdf](http://www.elosato.fi/material/petla_koe_2009.pdf) Tulostettu 12.12.2010.

Baker H.F. & Ridley R.M. 1996. What went wrong in BSE? From prion disease to public disaster. *Brain research bulletin*, vol. 40, iss. 4, pp. 237-244.

Batal A. & Dale N. 2007. Ingredient analysis 2008 edition. *Feedstuffs*, vol. 79, pp. 16–17.

Bellworthy, S. J., Hawkins, S. A. C., Green, R. B., Blamire, I., Dexter, G., Dexter, I., Lockey, R., Jeffrey, M., Ryder, S., Berthelin-Baker, C., & Simmons, M. M. 2005. Tissue distribution of bovine spongiform encephalopathy infectivity in Romney sheep up to the onset of clinical disease after oral challenge. *Veterinary Record*, vol. 156, iss. 7, pp. 197–202. Tiivistelmä: viitattu 13.12.2010, <http://veterinaryrecord.bmj.com/content/156/7/197.abstract> Tiivistelmän lähde: BMJ Journals Online Archive. Tiivistelmän numero: doi:10.1136/vr.156.7.197

Benton J.J.Jr. 1998. Plant nutrition manual. CRC Press LLC. 149 pp.

Biologian sanakirja 2001. Tirri R., Lehtonen J., Lemmetyinen R., Pihakaski S., Portin P. Toinen painos.

Brewer M.S. 1999. Current status of bovine spongiform encephalopathy – a review. *Journal of Muscle Foods*, vol. 10, pp. 97-117.

Brown D.R. 2001. BSE did not cause variant CJD: an alternative cause related to post-industrial environmental contamination. *Medical Hypotheses*, vol. 57, iss. 5, pp. 555-560.

Burba M., Nitzschke U. & Ritterbusch R. 1984. Die N-Assimilation der Pflanze unter besonderer Berücksichtigung der Zuckerrübe. *Zuckerindustrie*, vol. 109, pp. 613-628.

Cariolle M. & Duval R. 2006. Nutrition – Nitrogen. In: *Sugar Beet*, (ed.) Draycott A. P., Blackwell Publishing Ltd 2006, pp. 169-184.

Chaalal A. & Roy C. 2003. Recycling of meat and bone meal animal feed by vacuum pyrolysis. *Environmental Science & Technology*, vol. 37, pp. 4517–4522.

Chen L. 2008. Meat bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer. Master's thesis. Available from: Viikki science library, Helsinki. 58 pp.

Christensen D.R. & Draycott A.P. 2006. Nutrition – Phosphorus, Sulphur, Potassium, Sodium, Calcium, Magnesium and Micronutrients – Liming and Nutrient Deficiencies In: *Sugar Beet*, (ed.) Draycott A. P., Blackwell Publishing Ltd 2006, s. 185-220.

Coelenbier P. 2010. EFPRA Congress 2010 Budapest. European Fat Processors and Renderers Association.

Collee J.G. & Bradley R. 1997. BSE: a decade on—part I. *The Lancet*, vol. 349, pp. 636-641.

Cordell D., Drangert J.-O. & White S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, vol. 19, pp. 292–305.

Cummins E. & Adkin A. 2007. Exposure assessment of TSEs from the landspreading of meat and bone meal. *Risk Analysis*, vol. 27, iss. 5, pp. 1179-1202.

Cyr M. & Ludmann C. 2006. Low risk meat and bone meal (MBM) bottom ash in mortars as sand replacement. *Cement and Concrete Research*, vol. 36, pp. 469–80.

Diaz-Jara M., Kao A., Ordoqui E., Zubeldia J.M. & Baeza M.L. 2001. Allergy to cow bone dust. *Allergy*, vol. 56, pp. 1014–1015.

Draycott A.P. 2006. Introduction. In: *Sugar Beet*, (ed.) Draycott A. P., Blackwell Publishing Ltd 2006, pp. 1-29.

Dutton J. ja Huijbregts T. 2006. Root Quality and Processing. In: *Sugar Beet*, (ed.) Draycott A. P., Blackwell Publishing Ltd 2006, s. 409-442.

Durrant M.J., Draycott A.P. & Boyd D.A. 1974a. The response of sugar beet to potassium and sodium fertilizers. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. Vol. 83, pp. 427-434.

Durrant M.J., Draycott A.P. & Payne P.A. 1974b. Some effects of sodium chloride on germination and seedling growth of sugar beet. *Annals of Botany*, vol. 38, pp. 1045-1051.

Durrant M.J., Draycott A.P. & Milford G.F.J. 1978. Effect of sodium fertilizer on water status and yield of sugar beet. *Annals of Applied Biology*, vol. 88, pp. 321-328.

Elosato 2010. <http://www.elosato.fi/ajankohtaista> Tulostettu: 12.12.2010

Foster, J. D., Hope, J., & Fraser, H. 1993. Transmission of bovine spongiform encephalopathy to sheep and goats. *Veterinary Record*, vol. 133, pp. 339–341.

Fredriksson H., Salomonsson L. & Salomonsson A.-C. 1997. Wheat cultivated with organic fertilizers and urea: baking performance and dough properties. . *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*, vol. 47, iss. 1, pp. 35-42.

- Fredriksson H., Salomonsson L., Andersson R. & Salomonsson A.-C. 1998. Effects of protein and starch characteristics on the baking properties of wheat cultivated by different strategies with organic fertilizers and urea. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*, vol. 48, pp. 49-57.
- Garcia R.A., Rosentrater K.A. & Flores R.A. 2006. Characteristics of North American meat and bone meal relevant to the development of non-feed applications. *Applied Engineering in Agriculture*, vol. 22, iss.5, pp. 729-736.
- Garcia R.A. & Rosentrater K.A. 2008. Concentration of key elements in North American meat & bone meal. *Biomass and Bioenergy*, vol. 32, pp. 887-891.
- Gliessman S.R. 2000. Agroecology – Ecological processes in sustainable agriculture. CRC Press LLC. 357 pp.
- Graedel T.E. 1996. On the concept of industrial ecology. *Annual Review of Energy and the Environment*, vol. 21, pp. 69–98
- Gruvaeus, I. 2002. Gödsling med organiska gödselmedel i vårmete. Östra Sverigeförsöken -rapport; Gödsling med EKO-gödselmedel. Försöksrapport 2001 för Mellansvenska försökssamarbetet 2002.
- Huhtanen M., Lindström I., Tuppurainen M. & Hannu T. 2007 Lihaluujauhon aiheuttama ammattiastma. *Työterveyslääkäri*, vol. 25, s. 80-82.
- Hyytiäinen T. ja Hiltunen S. 1992. Kasvintuotanto 1. Viides, uudistettu painos. Kirjayhtymä, 168 s.
- Hyytiäinen T., Hedman-Partanen R., Hiltunen S. 1999. Kasvintuotanto 2. Toinen painos. Kirjayhtymä, 251 s.
- Jeffrey, M., Ryder, S., Martin, S., Hawkins, S. A. C., Terry, L., Berthelin-Baker, C., & Bellworthy, S. J. 2001. Oral inoculation of sheep with the agent of bovine spongiform encephalopathy (BSE). 1. Onset and distribution of diseasespecific PrP accumulation in brain and viscera. *Journal of Comparative Pathology*, vol. 124, pp. 280–289.
- 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, pp. 268-275.
- 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, pp. 183-191.
- Juurikassarka-lehti 1/2010. Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus.
- Kahiluoto H. & Westberg, M. 1998. The effects of arbuscular mycorrhiza on biomass production and phosphorus uptake from sparingly soluble sources by leek (*Allium porrum* L.) in Finnish field soils. *Biological Agriculture and Horticulture*, vol. 16, pp. 65-85.
- Kivelä J. 2003. Lihaluujauho tulossa takaisin lannoitteeksi. *Luomulehti* nro. 1/2003, s. 4-7.

- Kivelä J. 2006. Levitystekniikka on lihaluujauhon lannoituskäytön ongelma. *Luomulehti* nro. 3/2006, huhtikuu, s. 18-19.
- Kivelä J. 2007. Lihaluujauho kauran lannoitteena. Maisterintutkielma. Saatavilla: Viikin tiedekirjasto, Helsinki. 79 s.
- Kivelä J. 2008. Uusvanha luujauho on funktionaalinen lannoite. [www.elosato.fi](http://www.elosato.fi). Elosato. Tulostettu 15.11.2010.
- Lazarovits G. 2001. Management of soil-borne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past. *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 23, pp. 1-7.
- Lillunen A. 2003. Riski ruoassa vai ruokajärjestelmässä? - Elintarvikealan asiantuntijoiden tulkintoja BSE-taudista. Maisterintutkielma. Saatavilla: Viikin tiedekirjasto, Helsinki. 136 s.
- Lundström C. & Lindén B. 2001. Kväveeffekter av humanurin, Biofer och Bina-dan som gödselmedel till höstvet, vårvete och vårkorn i ekologisk odlig. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Mark och växter, serie B. Rapport 8. Skara 2001. Sveriges lantbrukuniversitet: 50 s.
- Milford G.F.J. 2006. Plant structure and crop physiology. In: *Sugar Beet*, (ed.) Draycott A. P., Blackwell Publishing Ltd 2006, pp. 30-49.
- Mondini C, Cayuela M L, Sinicco T, Sánchez-Monedero M A, Bertolone E, Bardi L 2008. Soil application of meat and bone meal. Short-term effects on mineralization dynamics and soil biochemical and microbiological properties. *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 40, pp. 462-474.
- Montgomery M.B., Ohno T., Griffin T.S., Honeycutt W. & Fernanadez I.J. 2005. Phosphorus mineralization and availability in soil amended with biosolids and animal manures. *Biological agriculture and horticulture*, vol. 22, pp. 321-334.
- National Renderers Association, Inc. *North American Rendering*. 2<sup>nd</sup> edition. [http://assets.nationalrenderers.org/north\\_american\\_rendering\\_v2.pdf](http://assets.nationalrenderers.org/north_american_rendering_v2.pdf) Tulostettu: 17.11.2010.
- National Research Council. 1982. Subcommittee on Feed Composition CoAN, Board on Agriculture and Renewable Resources, Commission on Natural Resources, National Research Council. Nutritional data for United States and Canadian feeds, third revision. Washington, DC: National Academy Press.
- Rajala J. 2004. Luonnonmukainen maatalous. Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, Mikkeli, Julkaisuja 80. 496 s.
- Salomonsson L., Jonsson A., Salomonsson A.-C. & Nilsson G. 1994. Effects of organic fertilizers and urea when applied to spring wheat. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*, vol. 44, iss. 3, pp. 170-178.
- Salomonsson L., Salomonsson A.-C., Olofsson S. & Jonsson A. 1995. Effects of organic ferlitizers and urea when applied to winter wheat. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*, vol. 45, iss. 3, pp.171-180.

Sempiterno C., Fernandes R. & Calouro F. 2010. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus supplier to ryegrass (*Lolium multiflorum* L. var. *helen*) – Dry matter yield, N and P uptake and apparent N and P recovery. Saatavilla: [http://www.ramiran.net/ramiran2010/docs/Ramiran2010\\_0189\\_final.pdf](http://www.ramiran.net/ramiran2010/docs/Ramiran2010_0189_final.pdf) Tulostettu 1.12. 2010.

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

SjT 2010. Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus. Internet-lähde: <http://www.sjt.fi/viljely/sokerijuurikkaan-tekninen-laatu> Tulostettu 13.12.2010.

Smil V. 2002. Phosphorus: Global Transfers. Causes and consequences of global environmental change 3: 536-542. In: Encyclopedia of Global Environmental Change.

Soil Association. Lokakuu 2009. Organic Horticultural Production: An introductory guide. Saatavilla Internet-osoitteesta: <http://www.soilassociation.org/LinkClick.aspx?fileticket=fMRBsczi4LY%3D&tabid=144> Tulostettu 18.12.2010.

Subcommittee on Feed Composition CoAN, Board on Agriculture and Renewable Resources, Commission on Natural Resources, National Research Council. Nutritional data for United States and Canadian feeds, third revision. Washington, DC: National Academy Press; 1982.

Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liitto ry. 2010. Saatavilla: <http://www.stkl-pf.fi/modules/system/stdreq.aspx?P=15&VID=default&SID=433708146782021&S=1&A=closeall&C=27990> Tulostettu 29.11.2010.

Tammeorg P. 2010. Meat and bone meal as a nitrogen and phosphorus fertilizer for ryegrass. Maisterintutkielma. Saatavilla: Viikin tiedekirjasto, Helsinki. 68 pp.

The BSE Inquiry 2000. The BSE Inquiry: The Report. Saatavilla: <http://collections.europarchive.org/tna/20090505194948/http://bseinquiry.gov.uk/report/index.htm> Tulostettu 19.11. 2010.

TIKE *n.d.*, Satotilasto. <http://www.maataloustilastot.fi/tilasto/4> Tulostettu 12.12.2010.

TTS ry 2005. Lihaluujauho lannoitteena - käyttäjän kokemukset. Työtehoseuran raportteja ja oppaita 17. 2005. Saatavilla internetistä osoitteesta: [www.tts.fi/tts/julkaisut/files/tr17.pdf](http://www.tts.fi/tts/julkaisut/files/tr17.pdf) Tulostettu 12.12.2010.

Turkistieto 2010. Saatavilla: <http://www.turkistieto.fi/turkistarha/perustietoasuomenturkistarhoista> Tulostettu 29.11.2010.

Turtola E. & Ylivainio K. 2003. Lihaluujauhon sisältämän fosforin liukoisuus. MTT, Maaperä ja ympäristö 2003. Honkajoki Oy:n tilaustutkimus, tutkimusraportti.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2005. Suomalaiset ravitsemussuosituksset - ravinto ja liikunta tasapainoon.

Wiklicky L. 1971. The processing quality of sugar beet. *Zucker*, vol. 21, pp. 667-672.

Worster D. 1977. *Nature's Economy: The Roots of Ecology*. San Francisco: Sierra Club Books. 424 pp.

Ylivainio K. & Turtola E. 2009. Meat bone meal and fur animal manure as P sources in plant production. Teoksessa: Turtola E. & Ylivainio K (toim.). Suomen kotieläintalouden fosforikierto- säätöpotentiaali maatoilla ja aluetasolla. MTT, Jokioinen, Finland. pp. 66-160.

Ylivainio K., Uusitalo R. & Turtola E. 2008. Meat bone meal and fox manure as P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on a limed soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 81, pp. 267-278.

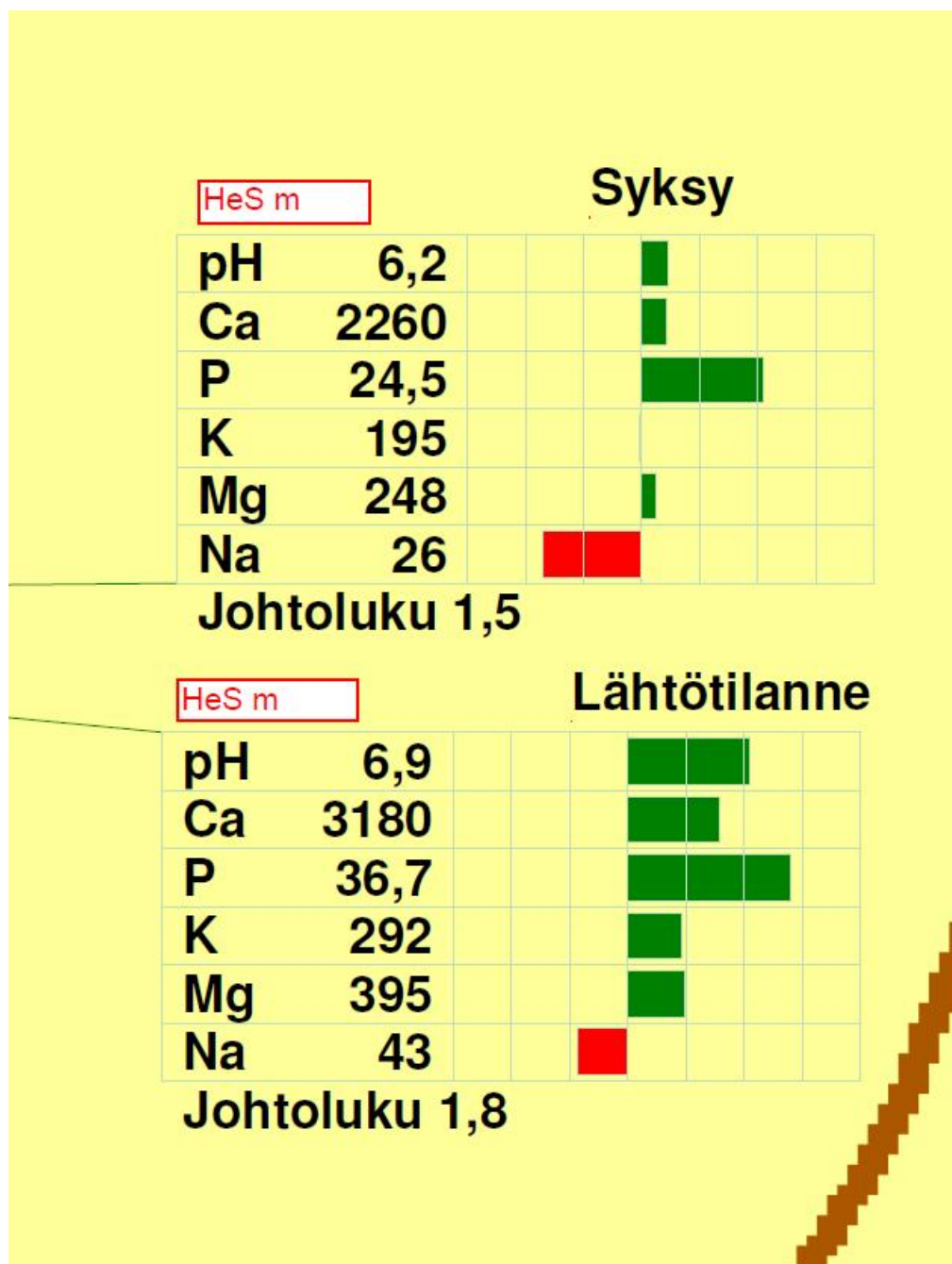
Will R.G., Ironside J.W., Zeidler M., Cousens S.N., Estibeiro K., Alperovitch A., Poser S., Pocchiari M., Hofman A. & Smith P.G. 1996. A new variant of Creutzfeldt-Jakob disease in the UK. *Lancet*, vol. 347, pp. 921-925.

Zahoor A., Honna T., Yamamoto S., Irshad M., El-Sharkawi H., Abou El-Hassan W.H. & Faridullah. 2007. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B - Soil and Plant Science*, vol. 57, iss. 3, pp. 222-230.



# Liitteet

**Liite 1:** Vuoden 2008 koelohkon viljavuusanalyysit. "Syksy" viittaa vuoden 2007 syksyn mittaustuloksiin ja "Lähtötilanne" vuoden 2008 tilanteeseen ennen soke-rijuurikaskokeen aloittamista.



Liite 2: Koerutukohtaiset maanäytteet vuoden 2009 koalueelta. Näytteet otettiin koevuotta edeltävänä syksynä (2008). Lähde: Sjt 2010

