

Ympäristöministeriön Raki-ohjelman hanke

Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa (Nesteravinne)

Projektikoodi 7000V-YIR070

Kesto: 1.1.2017–31.12.2019

Luonnonvarakeskus (Luke)

Soilfood Oy

Ammattiopisto Livia

Loppuraportti

31.12.2019

Petri Kapuinen¹, Oiva Niemeläinen¹, Pentti Ruuttunen¹ ja Ossi Kinnunen²

¹Luke, ²Soilfood Oy

Jakelu, 31.12.2019

Sisällys

1.	Tiivistelmä	3
2.	Hankkeen tausta ja tavoitteet	4
2.1.	Tausta	4
2.2.	Tavoitteet	10
3.	Hankkeen osapuolet ja menetelmät	10
3.1.	Osapuolet	10
3.2.	Hankkeen työpaketit ja niissä käytetyt menetelmät	12
3.2.1.	Työpaketti 1: Glyfosaatin ja muiden torjunta-aineiden käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa	12
3.2.2.	Työpaketti 2: Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttö nurmien lannoituksessa	12
3.2.3.	Työpaketti 3: Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttö viljan lannoituksessa	13
3.2.4.	Työpaketti 4: Viestintä	14
4.	Hankkeen tulokset	14
4.1.1.	Ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseokset	14
4.1.2.	Kierrätyslannoitteiden käyttö nurmilla	20
4.1.3.	Kierrätyslannoitteiden käyttö viljoilla	29
4.1.4.	Demonstraatiot Mynämäessä ja Piikkiössä	35
4.1.5.	Soilfoodin astiakasvatuskokeet ja tilademonstraatiot	36
4.1.6.	Ammoniumsulfaatin markkinaselvitys	37
4.1.7.	Levitysjärjestelmä väkeville nestemäisille lannoitteille	37
4.1.8.	Väkevän ammoniakkiveden logistiikkaan liittyvä selvitys	38
4.1.9.	Hankkeen tulokset suhteessa tavoitteisiin	38
5.	Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset	41
6.	Viestinnän toteutuminen ja tulokset	42
6.1.	Ydinviestit	42
6.2.	Viestinnän pääasiallinen sisältö, määrä, laatu ja kohderyhmät	43
6.3.	Arvio viestinnän onnistumisesta ja viestintäsuunnitelman toteutumisesta	44
7.	Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	44
8.	Talousraportointi	46
9.	Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	46
10.	Johtopäätökset/Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista	47
11.	Kirjallisuus	49

Liitteet

Liite 1. Ruuttunen, P. & Kapuinen, P. 2020. Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa – Glyfosaatin ja muiden rikkakasvien torjunta-aineiden käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus xx: 1 – 28. Käsikirjoitus.

Liite 2. Seppänen, A. & Kinnunen, O. 2019. Jaetut Boost-lannoituksen astiakokeet. Soilfood Oy. 9 s. + 2 liitettä

Liite 3. Seppänen, A., Härkönen, A & Kinnunen, O. 2019. Raportti Soilfood Oy:n toteuttamista Nesteravinne-hankkeen tilademonstraatioista. Soilfood Oy. 13 s.

Liite 4. Virtanen, E. & Kinnunen O. 2019. Ammoniumsulfaatin markkinaselvitys. Soilfood Oy. 6 s.

1. Tiivistelmä

Nestemäiset kierrätyslannoitteet syntyvät biolaitoksissa useimmiten typenpoiston sivutuotteena. Nämä biolaitokset ovat pääsääntöisesti puhdistamolietettä mädättäviä biokaasulaitoksia, joiden mädätysjännöksessä erotettua nesteosaa ei saa käyttää lannoitevalmisteena. Sellaisia ovat esimerkiksi ammoniumsulfaatti- ja ammoniakkiliuos. Jossain tapauksissa niitä syntyy konsentroimalla, kuten konsentraatti tai konsentroidu perunan soluneste. Useimmille niistä on olemassa teollista käyttöä, mutta markkinatilanteesta riippuen niitä on tarjolla myös maatalouteen. Maatalouden ravinnevirrat ovat huomattavan suuret suhteessa näiden sivutuotteiden ravinnemääriin. Yksittäisen biolaitoksen tuotanto on varsin vaatimaton, muutamia tuhansia tonneja vuodessa, eikä sen ravinteet periaatteessa riitä kuin kyseisen laitoksen sijaintikunnan pelloille. Ravinnetitoisuudet ovat pienemmät kuin perinteisten rakeisten mineraalilannoitteiden, mikä lisää niiden logistisia kustannuksia. Pienten volyymien takia lannoitteita ei kannata rakeistaa tai kiteyttää. Tästä keskeisimmän poikkeuksen tekee Suomessa Harjavallassa nikkeliteollisuuden sivutuotteena syntyvä kiteinen ammoniumsulfaatti, jolla voitaisiin kattaa huomattava osa Suomen peltolannoituksesta. Muutoin maatalous lähinnä tarjoaa ympäristön kannalta kestävän käytön teolliselta käytöltä yli jääville sivuvirroille. Hankkeen kuluessa näiden sivuvirtojen määrässä ei tapahtunut oleellista muutosta, mutta jossain määrin ne muuttivat muotoaan. Sivuvirtojen määrä voisi kasvaa, jos biolaitoksilla olisi suuremmat typenpoistovaatimukset, mutta ne eivät voi muodostaa oleellista osuutta maatalouden ravinteiden käytöstä. Hankkeen kuluessa luonnonmukaisen tuotannon kysyntä nestemäisiin sivuvirtoihin kuitenkin kasvoi ja niiden painoarvo hankkeessa kasvoi. Alun perin luomutuotantoon hyväksyttävistä nestemäisistä kierrätyslannoitteista oli mukana vain konsentroidu perunan soluneste. Myöhemmin mukaan tulivat vinassi ja melassi. Näiden nimikkeiden sisällä lannoitteen ominaisuuksien ja ravinneoostumuksen variaatio on kuitenkin suurempi kuin käsitteen konsentroidu perunan soluneste, joten tulosten tulkintoja ei voi laajentaa käsittämään koko kirjoa.

Keskeisin ongelma nestemäisten kierrätyslannoitteiden lannoituskäytössä on se, että niiden ravinnetitoisuudet ovat perinteisten lannoitteiden ja lantojen sekä maanparannusaineiden ravinnetitoisuuksien välistä sekä, että ne ovat nestemäisiä. Levitysmäärät ja lannoitteiden olomuoto poikkeaa siitä, mihin maataloudessa on totuttu. Tämä merkitsee sitä, että maataloilla ei ole yleisesti tarkoitukseen sopivaa kalustoa ja että niiden käyttöä ei tunneta.

Nesteravinne-hanke pureutui näihin ongelmiin ja selvitti mahdollisuuksia hyödyntää maataloilla olevaa kalustoa näiden kierrätyslannoitteiden levitykseen, rakensi tarvittaessa puuttuvan levityskaluston ja teki niillä kenttäkokeita hyvän sadon kannalta oikeiden menetelmien selvittämiseksi volyymikasveilla, nurmella ja viljalla, hankkeen vaikuttavuuden varmistamiseksi.

Viime vuosien yleisen keskustelun aiheena on ollut glyfosaatin haittavaikutukset ja sen mahdollinen kieltäminen. Ammoniumsulfaatilla oli 70 ja 80-luvuilla joissakin tutkimuksissa saatu parannettua glyfosaatin tehoa. Tässä mielessä hankkeessa selvitettiin mahdollisuutta pienentää glyfosaattiannoksia sen ja ammoniumsulfaatin tankkiseoksilla ja saada samalla myös typpi- ja rikkilannoitusta. Lisäksi selvitettiin mahdollisuutta yhdistää rikkikasvien torjunta ja lisälannoitus ammoniumsulfaatilla muutenkin. Tällä olisi saavutettavissa työn ja kustannusten säästöjä. Saatujen tulosten perusteella sopivan ammoniumsulfaattiannoksen ravinnesisällön arvo suhteessa levityskustannuksiin oli suhteeton varsinkin, jos sillä ei saavutettu huomattavaa sadonlisää.

Lietelannan sijoittaminen nurmeen vaatii huomattavan työpanoksen ensimmäisen niiton jälkeen. Hankkeessa tutkittiin mahdollisuutta nopeuttaa nurmen jälkikasvun käyntiinlähtöä ruiskuttamalla nurmeen ammoniumsulfaattia heti niiton jälkeen, jolloin lietelannan sijoittamiselle jäisi enemmän aikaa. Samassa yhteydessä tutkittiin mahdollisuutta käyttää kiteistä ammoniumsulfaattia ja ammoniakkiliuosta nurmen lannoituksessa.

Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttömahdollisuutta viljoilla tutkittiin vehnällä tehdyissä kenttäkokeissa. Mukana oli ammoniumsulfaatin lisäksi ammoniakkiliuos, konsentraatti, konsentroidu perunan soluneste, vinassi ja melassi. Koejäsenet valittiin siten, että ravinnemäärät olisivat sopivat ja ne muutenkin sopisivat käytäntöön.

Yleisesti ottaen nestemäisistä kierrätyslannoitteista ei saatu mitään erityisetua mutta parhaimmillaan niillä saatiin vastaavia satoja kuin perinteisillä kiteisillä mineraalilannoitteilla. Kun niistä ei mitään erityisetua sadonmuodostuksen kannalta löytynyt, pitäisi niiden hinnan olla merkittävästi alle perinteisten mineraalilannoitteiden, jotta niiden maatalouskäyttö lisääntyisi. Teollinen kysyntä kuitenkin pitää niiden hinnan samalla tasolla perinteisten rakeisten mineraalilannoitteiden kanssa niin kauan, kun niistä ei ole ylitarjontaa. Hankkeessa kehitetyt menetelmät ja koneet vastaavat maatalouskäytön haasteisiin, kun nestemäisiä kierrätyslannoitteita on markkinoilla merkittäviä määriä. Se ei tule tapahtumaan ennen kuin biolaitosten typenpoistovaatimuksia lisätään merkittävästi. Kuitenkin luonnonmukaisessa tuotannossa nestemäisillä kierrätyslannoitteilla on luontaista kysyntää, koska sillä puolella nestemäiset lannoitteet ovat edullisempia kuin rakeiset ja pelletoidyt. Luonnonmukaisessa tuotannossa käytettävät nestemäiset kierrätyslannoitteet ovat yleensä verraten sakeita, mikä asettaa koneille lisähaasteita. On kuitenkin nähtävissä, että nestemäiset kierrätyslannoitteet yleistyvät lähitulevaisuudessa nimenomaisesti luonnonmukaisessa tuotannossa.

Ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseoksista ei löydetty mitään hyötyä. Keskeisin ongelma oli ammoniumsulfaatin ja kiinniteiden yhteensopimattomuus. Kiinnitteet puolestaan ovat käytännössä välttämättömiä erityisesti pienannosaineiden kanssa. Glyfosaatin kanssa kiinnitteen pois jääminen syö mahdollisen ammoniumsulfaatilla saatavan edun. Sivutuotos kuitenkin oli se, että glyfosaatin ja AMPA:n jäämiä voi yksinkertaisesti vähentää annosta pienentämällä. AMPA (aminometyylifosfonihappo) on glyfosaatin hajoamistuote.

Koneiden osalta merkittäväksi ongelmaksi nousi erityisesti ammoniumsulfaatin ruostuttava vaikutus ja ammoniakkiliuoksen kuparia, sinkkiä ja messinkiä syövyttävä vaikutus. Uudet koneet voidaan rakentaa niin, että niissä niitä ei ole, mutta tiloilla olevissa koneissa niitä saattaa olla jopa piilossa. Varsin pitkälle nestemäisten kierrätyslannoitteiden käytössä päästään kuitenkin nykyaikaisella kasvinuojeluruiskulla varustamalla se tarpeen mukaan lannoitesuuttimilla tai laahaletkuilla sekä sopivilla suodatinvalinnoilla. Kiteisen ammoniumsulfaatin levitys onnistuu tarkoituksenmukaisimmin kylvölannoittimen starttilannoitelaatikon kautta.

Nesteravinne-hanke sai rahoitusta Ympäristöministeriön Ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskevasta -ohjelmasta (Raki).

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

2.1. Tausta

Nestemäisiä kierrätyslannoitteita syntyy biolaitoksilla useimmiten typenpoiston sivutuotteena, esimerkiksi ammoniumsulfaatti- ja ammoniakkiliuos. Nämä biolaitokset ovat pääsääntöisesti puhdistamolietettä mädättäviä biokaasulaitoksia, joiden mädätysjäännöksessä erotettua nesteosaa ei saa käyttää lannoitevalmisteena. Joissain tapauksissa niitä syntyy jonkin jakeen konsentroidin tuloksena, esimerkiksi konsentratit, joka on konsentroitua rejektivettä, ja konsentroitua perunan soluneste. Useimmille näistä on oleellista teollisia käyttötarkoituksia, mutta markkinatilanteesta riippuen niitä tarjotaan myös maatalouteen. Maataloudessa ravinteiden käyttömäärät ovat niin suuret, että biolaitoksista syntyneiden kierrätyslannoitteiden sisältämät ravinnemäärät voivat kattaa vain hyvin pienen osuuden maatalouden ravinteiden tarpeesta. Ne eivät siten myöskään oleellisesti voi vaikuttaa mineraalilannoitteiden markkinoihin, mutta maatalous tarjoaa kestäväen käyttökohteen niille silloin, kun teolliset markkinat eivät vedä. Niiden ravinnepitoisuus on pääsääntöisesti pienempi kuin perinteisten rakeisten mineraalilannoitteiden, minkä tähden niiden käyttö on suhteellisen suurten logististen kustannusten takia lähinnä paikallista. Maataloudessa, varsinkin Suomessa, ei ole kuitenkaan tunnettu niiden käyttöä ainakaan yleisesti. Jotta niiden käyttö maataloudessa olisi tarkoituksenmukaista ja niiden ominaisuudet muutenkin tunnettaisiin, oli tarpeen tutkia niiden käyttöä kasvinravitsemuksessa tarkemmin ja tuottaa tietoa viljelijöille ja niiden tuottajille sekä niiden käytössä tarvittavien koneiden valmistajille ja maahantuojille, neuvonnalle ja alan oppilaitoksille tietoa. Nestemäisten kierrätyslannoitteiden levitysmäärät ja olomuoto poikkeavat useimmissa tapauksissa maataloudessa normaalisti käytettävien lannoitevalmisteiden ja lantojen vastaavista siinä määrin, että oli

tarpeen suunnitella ja rakentaa kyseiseen tarkoitukseen sopivat koneet ja laitteet sekä selvittää tiloilla olemassa olevan konekannan soveltuvuus käyttötarkoitukseen.

Nestemäisiksi kierrätyslannoitteiksi hankkeen suunnitteluvaiheessa laskettiin sellaiset lannoitevalmisteet, kuten ammoniumsulfaatti (AMS), typpivesi, konsentraatti tai konsentroidu perunan soluneste, jotka yleensä ovat ravinnepitoisuuksiltaan väkevämpiä kuin lietelanta tai eräät kierrätyslannoitevalmisteet, joiden levitysmäärä on samaa suuruusluokkaa kuin lietelannan mutta selvästi laimeampia kuin tavanomaiset mineraalilannoitteet. AMS:ia valmistetaan strippaamalla ammoniakkia typpipitoisista nesteistä ja pese-mällä se rikkihapolla. Siinä on rikkiä 1,15-kertainen määrä tyyppeen nähden, mikä rajoittaa sen tyy-pen tarkoituksenmukaisia käyttömääriä hehtaaria kohti. Sitä syntyy huomattava määrä sivutuotteena nikkeli-teollisuudessa (<http://www.norilsknickel.fi/fi/nikkeli/valmistus/tuotantoprosessi/>). Siellä se kiteytetään, koska se on järkevää siinä mittakaavassa. Biolaitosten tuottama ammoniumsulfaatin määrä on siihen nähden mar-ginaalinen. Maailmanlaajuisesti kuitenkin alle 5 % ammoniumsulfaatista syntyy nikkelin ja muiden metal-lien jalostusprosesseista. Selvästi eniten, lähes puolet, sitä tulee nylon 6 -nylonin valmistukseen tarvitta-van kaprolaktaamin valmistuksesta. Suurimmat tuottajamaat ovat Yhdysvallat (yli 3 milj. tonnia; 2016) ja Venäjä (1,6 milj. tonnia; 2016). Harjavallantuotanto on tässä perspektiivissä kuitenkin merkittävä. Sellai-senaan kiteistä ammoniumsulfaattia käytetään Suomessa alle 1000 tonnia vuodessa ja huomattavampi määrä sitä käytetään lannoiteseoksissa. Tarkemmin ammoniumsulfaatin markkinoista on Virtasen ja Kin-nusen (2019) selvityksessä.

Typpiveden valmistuksessa pesu tehdään vedellä. Sen typpipitoisuus on selvästi pienempi AMS:in ja pH korkea. Tämän tähden se on käytännössä sijoitettava. Typpivesi oli kyseisen nestemäisen kierrätyslannoitteen työnimi hankkeen suunnittelu- ja alkuvaiheessa. Tosiasiallisesti sille ei ole olemassa typpi-nimeä, joten sillä ei ole tällä hetkellä virallista asemaa lannoitteena, vaikka sillä on siihen potentiaalia. Muille mukana olleille lannoitteille on tyypinimi. Periaatteessa typpivesi on ammoniakkiliuosta, joka nimi-tys tulee vaarallisten aineiden kuljetusta koskevasta lainsäädännöstä. Tästä eteenpäin tässä loppurapor-tissa käytämme sitä nimitystä. Hankkeen alussa laimeaa ammoniakkiliuosta syntyi Turun Topinojalla Ga-sumin biolaitoksella. Sen ammoniakkipitoisuus oli noin 2 %. Sen valmistus kuitenkin loppui syksyllä 2018 ja sen tilalle tuli väkevä ammoniakkiliuos, jonka ammoniakkipitoisuus on noin 15 %. Siitä tyypeä on 82 %, joten sen typpipitoisuus on noin 120 kg/m³. Tuotannon määrä on 3000 m³ vuodessa mutta se on kasva-massa 5000 m³:iin vuodessa. Periaatteessa se riittäisi 3000 – 5000 vehnähehtaarin lannoitukseen, joka vastaa lähinnä yhden kunnan peltopinta-alaa.

Konsentraatti valmistetaan haihduttamalla rejektivedestä vettä. Siihen lisätään esimerkiksi rikkihappoa happamuuden lisäämiseksi, jolla estetään liukoisen tyy-pen haihtuminen ammoniakkina. Sen typpipitoisuus on samaa tasoa kuin laimean ammoniakkiliuoksen, mutta siinä on myös muita ravinteita. Sitä valmistettiin hankkeen suunnitteluvaiheessa nykyisin Gasumin Vehmaan laitoksessa, jossa valmistus jatkuu (<https://www.gasum.com/Yrityksille/mukaan-kiertotalouteen/kierratyslannoitteet/>; Gasum Voimakas Veh-maa). Tietävästi valmistusta ei ole muualla.

Konsentroidu perunan soluneste valmistetaan konsentroimalla soluneste, joka jäljelle jää tarkkelyksen ja valkuaisen talteenoton jälkeen, lähinnä Finnamyl Oy:n tehtailla (<https://finnamyl.fi/tuotteet/>). Se on lähinnä kaliumlannoite ja tuotantoprosessin takia hapanta. Markkinointi tapahtuu tällä hetkellä tämän hankkeen partnerin Soilfoodin kautta.

Nestemäisten lannoitevalmisteiden, joiden levitysmäärä on samaa suuruusluokkaa kuin lietelannan, kuten esimerkiksi kuivaamattoman mädätysjäännöksen, levitystekniikka ja käyttö ovat pitkälti samat kuin liete-lannan. Usein niiden raaka-aineena on puhdistamolietettä, jolloin niiden fosforipitoisuus on korkea ja niitä levitetään tyypillisesti harvemmin samalle peltolohkolle kuin lietelantaa. Niiden käyttöä maataloudessa on tutkittu viimeisen noin kymmenen vuoden aikana runsaasti ja ne rajataan siksi tämän hankkeen ulkopuo-lle (esim. Kapuinen 2010a, 2010b, 2013, Kapuinen ym. 2010, 2011, 2012, Marttinen ym. 2013, Paavola ym. 2011, Salo ym. 2010, 2011, 2013, Tontti ym. 2014, 2015, Tontti & Kapuinen 2015, Ylivainio & Kapui-nen 2011, 2012). Lisäksi puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden peltokäytön jatko nykyiselläkään tasolla näyttää epävarmalta, koska esimerkiksi mallastamot ovat ajamassa viljelysopimuksiin puhdistamo-lietteiden käyttökieltoa lähinnä haitta-aineiden takia (<http://www.farmit.net/blog/2016/09/07/kohti-aare-tonta-ja-sen-yli>). Niiden osalta tutkimuksen painopiste on lähitulevaisuudessa menetelmäkehityksessä

haitta-aineiden poistamiseksi ja niistä aiheutuvien todellisten riskien selvittämiseksi. Näitä on selvitetty viime aikoina LARA-hankkeessa (<https://www.laatulannoite.fi/>).

Konsentroitujen nestemäisten lannoitevalmisteiden käyttö on taloudellisesti mielekästä vain suhteellisen lähellä tuotantopaikkaa kuitenkin selvästi kauempana kuin lietelannan ja sitä vastaavien lannoitevalmisteiden, koska pitkät kuljetusmatkat syövät niiden ravinteiden arvon. Niitä syntyy mm. biolaitos lietteen käsittelyprosesseissa sivutuotteista, kun sivutuotteiden jatkokäyttöön liittyviä logistisia kustannuksia tai jätteenmaksuja halutaan pienentää. Usein niiden tuottaminen niiden itsensä takia on taloudellisesti kannattamatonta, mutta osana lietteidenkäsittelytoimintaa kannattavaa. Osa valmistuskustannuksista voidaan katkaista myyntituloilla, joita saadaan niiden ravinteiden pitoisuuden ja ravinteiden markkinahinnan perusteella maataloudesta ja teollisuudesta erilaisissa ravinne- tai muissa käyttötarkoituksissa.

Yksittäisten biolaitosten tuotantomäärät ovat suhteellisen pieniä, joten yleensä niiden tuotanto riittääkin vain paikalliseen käyttöön. Pienten volyymien takia rakeistaminen tai kiteyttäminen eivät ole yleensä taloudellisesti mielekkäitä, joten niitä käytetään nestemäisinä. Nestemäisyydestä on jossain tapauksissa jopa hyötyä maatalouskäytössä. Muita käyttöjä ovat teolliset käyttökohteet, kuten eristeteollisuus, vanerin valmistus ja savukaasujen puhdistus. Nekin hankkivat AMS:ia mieluummin nestemäisenä, koska se käytetään nestemäisenä ja rakeisen AMS:in liuottaminen olisi lisätyövaihe. Teollisten käyttömuotojen etu biolaitosten kannalta on tasainen menekki ympäri vuoden. AMS:in markkinoita on tarkemmin selvitetty liitteenä olevassa Soilfoodin tässä hankkeessa tuottamassa sitä koskevassa markkinaselvityksessä (Virtanen ja Kinnunen 2019, liite 4). Maatalouskäytön ongelmana on menekkin sesonkiluonteisuus. Suurten nestemäisten massojen säilyttämiseen ei ole yleensä niitä käytävillä maataloilla varastoja. Tuotteet varastoidaan yleensä 1000 litran IBC-konteissa. Sen sijaan kiinteitä orgaanisia lannoitevalmisteita (esim. kuivattu mädätysjäännös), joiden kuiva-ainepitoisuus on vähintään 30 %, voidaan nykyisin säilyttää peltopattereissa (VN 2014).

Viljelijät tuntevat huonosti konsentroituja nestemäisten lannoitevalmisteiden käyttöä ja ovat tottuneet rakeisten lannoitevalmisteiden käyttöön. Lisäksi Suomessa maatilojen konekanta pohjautuu rakeisten lannoitevalmisteiden käyttöön. Konsentroitujen nestemäisten lannoitevalmisteiden tuottajien maatalouskäytön tuntemus ei yleensä ole riittävä, jotta ne pystyisivät tukemaan viljelijää niiden käytössä. Suomalaisessa maataloudessa nestemäiset lannoitteet ovat suhteellisen tuntematon asia yleensäkin lukuun ottamatta puutarhaviljelyä.

Hankkeessa on tutkittu nestemäisten kierrätyslannoitteiden volyymituotteita ja volyymikäyttömuotoja, koska ensisijainen intressi on ravinteiden kierrätys. Vain poikkeustapauksissa kierrätysravinteilla voidaan saavuttaa erityisiä etuja kasvinravitsemuksessa suhteessa tavanomaisiin kemiallisiin rakeisiin lannoitteisiin, mutta niiden käyttö voi olla kannattavaa, jos ne ovat edullisempia kuin tavanomaiset lannoitteet (esim. Tontti ym. 2015). Hankkeen aikana erilaiset luonnonmukaisen tuotannon käytöt nostivat päätään. Nestemäisillä lannoitteilla on luonnonmukaisessa tuotannossa selvästi parempi kilpailuaseman kuin tavanomaisessa tuotannossa, koska ne ovat siellä edullisempia kuin rakeiset tai pelletöidyt vaihtoehdot, tosin kuin tavanomaisessa tuotannossa. Jo hankkeen suunnitteluvaiheessa mukana ollut konsentroitunut perunan soluneste on tällainen luomukelpoinen nestemäinen kierrätyslannoite, jota tällä hetkellä markkinoi hankkeessa partnerinakin oleva Soilfood Oy. Hankkeen loppupuolella selvitettiin jossain määrin myös muiden luomukelpoisten nestemäisten lannoitteiden, vinassin ja melassin käyttöä, koska niissä nähtiin käytön laajenemisen potentiaali niiden suhteellisen edullisuuden takia nimenomaisesti luonnonmukaisessa tuotannossa. Ammoniumsulfattiin ja ammoniakiliuokseen nähden uusi haaste levitysmäärän lisäksi niillä on suuri viskositeetti, joka vaatii ainakin suuremman putkituksen laitteisiin painehäviöiden välttämiseksi.

Vaikka nestemäisten kierrätysravinteiden nykyinen käyttö maataloudessa on vähäistä, niiden potentiaalinen käyttö on selvästi suurempi kuin potentiaalinen tuotanto biolaitoksissa. Rakeistaminen on merkittävä lisäkustannus pienissä tuotantoyksiköissä, joten kierrätyslannoitteet tulevat olemaan muodoltaan pääasiassa nestemäisiä. Rakeista kierrätysammoniumsulfattia syntyy merkittäviä määriä nikkeliteollisuuden sivutuotteena Harjavallassa, mutta se viedään nykyisin pääasiassa ulkomaille. Suurin potentiaalinen käyttö konsentroiduille nestemäisille lannoitevalmisteille on perusviljakasveilla (ohra, kaura ja vehnä) ja nurmilla. Suomessa viljely pinta-ala vuonna 2016 on 1 979 900 ha (Luken tilastot;

<https://intra.luke.fi/tilastot>). Merkittävin osa (88,4 %) siitä käytetään nurmien (711 600 ha; 35,9 %), ohran (485 800 ha; 24,5 %), kauran (330 600 ha; 16,7 %) ja vehnän (222 600 ha; 11,2 %) viljelyyn. Painottamalla nestemäisten kierrätyslannoitevalmisteiden kasvinravitsemuskäytön tutkimus niihin saavutettiin suurin vaikuttavuus. Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttö eri viljakasveilla on hyvin samanlaista.

AMS typpi- ja rikkilannoitteena soveltuu periaatteessa kaikkien viljelykasvien lannoitukseen, ja sen tarkoituksen mukaista käyttöä rajoittaa lähinnä sen mukana tulevan rikin määrä. Kun rikkiä annetaan AMS:ina sopiva määrä, esimerkiksi 24 kg/ha, ammoniumtyyppiä tulee 21 kg/ha. Ammoniakkiliuos soveltuu samoihin tarkoituksiin kuin AMS, mutta sen tyyppiä on tarkoituksenmukaista käyttää enemmän hehtaaria kohti rikin puuttumisen takia. Korkean pH:n takia se pitää kuitenkin käytännössä sijoittaa. Potentiaalisesti ammoniakkitappio on suuri pintaan levitettynä. Konsentraatti sopii tilanteisiin, joissa tarvitaan tai voidaan käyttää jonkin verran myös fosforilannoitusta. Konsentroitua perunan soluneste soveltuu potentiaalinen runsaasti kalium tarvitsevilla kasveille tuotantopaikkojen lähistöllä.

Kasvinviljelytiloilla potentiaalinen kysyntä on monipuolinen mutta sen realisoituminen edellyttää sitä, että tietämys käyttömahdollisuuksista ja sopivasta levityskalustosta ja menetelmistä kasvaa ja käyttö koetaan taloudellisesti mielekkääksi. Erilaiset ravinteiden kierrätykseen liittyvät tuet voisivat lisätä niiden käyttöä. Karjatiloilta potentiaalinen kysyntä kohdistuu lannoitevalmisteisiin, joilla voidaan täydentää karjanlannasta tulevaa nurmien typpi- ja rikkilannoitusta. Ns. nitraattiasetuksen raja (VN 2014), 170 kg/ha karjanlannasta tulevalle kokonaistypelle, estää nurmien koko typentarpeen kattamisen lannalla. Lantana voidaan vuodessa antaa noin 100 kg/ha liukoista tyyppiä, jonka ylittävä tarve tai ympäristökorvauksessa (VN 2015) sallittu käyttö, joka voi satovuosina olla 140 kg/ha, on katettava orgaanisilla lannoitevalmisteilla, joiden raaka-aineesta korkeintaan 10 % on lantaa, tai epäorgaanisilla lannoitteilla. Myös epäorgaaniset lannoitteet voivat olla kierrätyslannoitevalmisteita. Mahdollisten orgaanisten kierrätyslannoitteiden valikoima tähän käyttötarkoitukseen on pieni, koska nurmilla ei saa käyttää lietetuotteita satovuosina (MMM 2011).

Konsentroitujen nestemäisten kierrätysravinteiden käytössä oltiin hankkeen alussa pisimmällä AMS:in käytössä. Yleisimmillä viljelykasveilla riittävä rikkilannoitus on 20 – 30 kg/ha, joten AMS:sta on mielekästä ottaa vain noin 20 kg/ha tyyppiä. Koska tämä voidaan periaatteessa käyttää jokaisella hehtaarilla, niiden potentiaalinen käyttömäärä tyypinä on Suomessa kuitenkin noin 40 miljoonaa kiloa, joka vastaa noin 200 000 tonnia rakeista AMS:ia (NS 21-24). Biolaitosten tuottaman AMS:in laajaa käyttöä rajoittaa lähinnä se, että nestemäistä AMS:ia tuottavia laitoksia on harvassa eikä niitä ns. Nurmi-Suomeen voi tulla-kaan muuta kuin lantaan pohjautuvana. Esimerkiksi Envor Biotech Oy Forssassa tuottaa AMS:ia enimmäkseen 5 m³ päivässä. Se sisältää tyyppiä 455 kg tyyppiä eli 22,75 hehtaarin annoksen. Vuosituotanto riittäisi vain noin 8300 hehtaarille. Se ei riittäisi edes Forssan ja naapurikunta Jokioisten jokaiselle peltohehtaarille. Ja kyseessä on kuitenkin Suomen merkittävin nestemäisen kierrätysammoniumsulfaatin valmistaja. Tällä hetkellä tuotanto on noin 4 m³ päivässä. Hankkeen aikana on ammoniumsulfaatin tuotanto aloitettu myös Gasumin Riihimäen laitoksessa. Sen kapasiteetti on 3 m³/pv, mutta tuotanto on ollut varsin ajoittaista. Tuotantoa rajoittaa ympäristölupa, joka käytännössä rajoittaa laitoksen käytön kymmeneen tuntiin päivässä sen kokonaistyyppipäästörajana takia. Tällainen päivittäinen tuotannon ylös- ja alasajo on hankalaa ja johtaa huonosti optimoituun prosessiin, jossa tuotteen laatu kärsii. Uusia laitoksia syntyy vain typenpoistovaatimusten takia, koska tuotanto sinällään ei ole kannattavaa. Tällä hetkellä näyttää siltä, että uudet laitokset tulevat olemaan pikemminkin väkevää ammoniakkiliuosta tuottavia kuin ammoniumsulfaattia tuottavia, koska niissä typenpoiston kustannukset ovat pienemmät kuin ammoniumsulfaattia tuottavissa laitoksissa. Tämä olikin keskeinen syy siihen, että hankkeen viimeisenä kenttäkoevuotena keskityttiin väkevään ammoniakkiliuokseen tulevaisuuden tuotteena.

Merkittävin kierrätysammoniumsulfaatin valmistaja on kuitenkin Norilsk Nickel Oy Harjavallassa. Sen tuotettava rakeinen AMS 100 000 tonnia vuodessa riittäisi puolelle Suomen peltoalasta, mutta se menee kuitenkin pääasiassa vientiin. Kuljetus kiteisenä on taloudellisesti mielekästä pitempiäkin matkoja. Hankkeen suunnittelun alussa tätä resurssia ei tiedostettu, mikä näkyy hankkeen nimessä "Nesteravinne", mutta se otettiin mukaan hankkeeseen tuotannon suuren volyymin takia, vaikka se ei nestemäinen olekaan. Lisäksi nähtiin kuitenkin niin, että jos nestemäinen ammoniumsulfaatti osoittautuu jotain erityisetuja tuottavaksi, kiteisestä ammoniumsulfaattista voidaan liuottamalla saada nestemäistä ammoniumsulfaattia huomattavia määriä suhteessa biolaitosten tuotantoon. Osoittautui kuitenkin, että siinä epäpuhtautena olevat

hiilivety-yhdisteet aiheuttivat suuria suodattimien tukkeutumisongelmia kasvinsuojeluruiskuissa ja vastavissa, joten käytännössä sen käytöstä nestemäisenä oli luovuttava.

Suomessa AMS:in käyttöä oli tutkittu jonkin verran viljakasveilla kevätkylvöjen yhteydessä (Tontti ym. 2015, Kapuinen & Ikkäläinen 2016) vehnällä tähkimisvaiheessa valkuaispitoisuuden nostamistarkoituksissa sekä 70 ja 80-luvuilla maailmalla varsin runsaasti glyfosaatin vaikutuksen tehostamiseksi (Suwunnamek & Parker 1975., Turner & Loader, 1980, O'Sullivan ym. 1981, Hallgren & Nilsson 1989a, 1989b). Tähkimisvaiheen lisätyypen anto nimenomaisesti AMS:ina ei ollut antanut kovin hyviä tuloksia (Tontti ym. 2015, Kapuinen ja Ikkäläinen 2016). Jokin muu kierrätystyyppi voisi sopia siihen tarkoitukseen paremmin. Yhdeksi luontevaksi käyttömuodoksi AMS:ille nähtiin ennen kevätkylvöä tehtävä glyfosaattikäsitteily suorakylvöpellolla. Tässä käytössä ruiskussa käytetään samoja suuttimia kuin kasvinsuojelussa, joten edes lannoitesuuttimien hankkiminen ei olisi ollut tarpeen. AMS:in sopiva osuus tankkiseoksessa oli jossain määrin epäselvä. Periaatteessa tankkiseoksessa ei olisi tarvittu lainkaan vettä, koska 100 l/ha nestemäistä AMS:ia sisältää 9 kg typpeä ja 10 kg rikkiä, mutta joidenkin tietojen mukaan näin suuri AMS:in osuus ei olisi enää ollut eduksi glyfosaatin vaikutukselle. Turner ja Loader (1980) pitivät 5 – 10 % AMS-annos sopivana. Se vastaa noin 30 l/ha nestemäistä AMS:ia, kun ruiskutettava määrä nestettä on 100 l/ha. Tämä määrä yksinään ei olisi kattanut merkittävää osuutta typpi- tai edes rikkilannoituksesta, mutta AMS-lisästä ei kuitenkaan olisi aiheutunut lisäkustannusta, koska se olisi ollut osa normaalia lannoitusta ja sen ravinteiden hinta on edullisimmasta päästä. Turnerin ja Loaderin (1980) mukaansa yli 20 % osuudet olisivat antagonistisia. Sopiva määrä riippuisi tankkiseoksen valmistuksessa käytettävän veden kalsium-, magnesium-, kalium- ja natriumpitoisuudesta. AMS muodostaa glyfosaatin kanssa ammoniumglyfosaattiyhdisteen, joka kulkeutuu kasvin sisään huomattavasti tehokkaammin kuin glyfosaatin suolat edellä mainittujen kationien kanssa.

Vähiten AMS:in käyttöä oli tutkittu kylvön ja tähkimisvaiheen välisissä erityisesti kasvinsuojelutoimenpiteiden yhteydessä. Siihen liittyi mahdollisten yhteensopivuuksien selvittäminen tankkiseoksena keskeisten kasvinsuojeluaineiden kanssa. Tankkiseokset saattoivat aiheuttaa sakkaantumista taikka positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia itse torjuntatehoon. Potentiaalisimmin positiivisia vaikutuksia oli odotetavissa sellaisten tehoaineiden kanssa, jotka ovat heikkoja happoja. Glyfosaattia lukuun ottamatta sellaisten tehoaineiden käyttö Suomessa on vähäistä, jolloin käytännössä sellaisia ei juuri kasvustosta tehtävässä rikkakasvien torjunnassa käytetä. Ammoniumsulfaattista haettiin apua nimenomaisesti glyfosaatin tehon parantamiseen ja sitä kautta sen ja sen hajoamistuotteen AMPA:n jäämien vähentämiseen, koska tehon parantaminen mahdollistaisi annosten pienentämisen. Muiden tankkiseosten osalta etua haettiin työnsäästöä siitä, että lannoitus ja kasvinsuojelu voitaisiin tehdä samalla ajokerralla. Lähtökohtaisesti nestemäinen AMS saattoi kattaa koko ruiskutettavan nestemäärän, koska 200 l/ha on sopiva nestemäärä useimmille torjunta-aineille ja sen mukana tulisi myös varsin sopiva rikkiannos, vaikka muita rikinlähteitä ei olisikaan. Jos tankkiseoksesta olisi ollut hyötyä itse kasvinsuojelutoimenpiteelle, tutkimuksesta olisi ollut muutakin hyötyä kuin ravinteiden kierrätyksen edistäminen. Jos tankkiseosten vaikutus kasvinsuojelullisesta näkökulmasta, olisi ollut neutraali, tutkimus kannatti painottaa enemmän potentiaaliin volyymikäyttöihin perusviljoille ja nurmille, jolloin käyttö olisi ainoastaan kasvinravitsemuksellinen, mutta levityksestä ei aiheutuisi muita kustannuksia, jos liittyisi kasvinsuojelutoimenpiteeseen. Lisäksi ammoniumsulfaattilla saatettiin lisätä ammoniumtyypin osuutta typpilannoituksessa. Sen osuus typpilannoituksessa on EU-jäsenyyden aikana vähentynyt, kun fosforilannoitusta on vähennetty. Pienempi fosforipitoisuus lannoitteessa tarkoittaa suurempaa nitraattityypin osuutta typpilannoituksessa. Jos tankkiseos AMS:in kanssa olisi heikentänyt torjunta-aineen tehoa tai muuten aiheuttanut ongelmia, AMS oli syytä levittää erikseen. Tähän tilanteeseen hankkeessa päädyttiinkin kahden vuoden kenttäkokeiden tulosten perusteella. Tankkiseoksista oli enemmän haittaa kuin hyötyä, joten AMS:in käytössä painotettiin viimeisenä kenttäkoevuotena sen pelkkää lannoituskäyttöä.

Ammoniumsulfaattista haettiin ratkaisua siihen, että nurmien jälkikasvu ensimmäisen niiton jälkeen viivästyy, kun lietalantaa ei ehditä sijoittamaan heti niiton jälkeen. Ajatuksen oli käynnistää nurmen nopea jälkikasvu ruiskuttamalla nurmelle kierrätysammoniumsulfaattia kasvinsuojeluruiskulla, jolloin saataisiin samalla rikkilannoitusta. Ammoniumsulfaatin levitys ruiskuttamalla on suhteellisen nopea toimenpide. Tarkoituksena oli antaa lisää aikaa lietalannan sijoitukselle ilman, että jälkikasvu hidastuisi. Ajateltiin myös, että jälkikasvun nopea käynnistäminen parantaisi myös lannan tyypin hyväksikäyttöä.

AMS on biolaitokselle edullisempi valmistaa kuin esimerkiksi ammoniumnitraatti, ja sen menekki on ollut enemmän kuin riittävä erityisesti muussa kuin maatalouskäytössä. Sen tähden ei ollut odotettavissa, että lähitulevaisuudessa tuotettaisiin nestemäisiä kierrätysammoniumnitraattilannoitevalmisteita, vaikka niiden osuus typpilannoituksesta voisi olla suurempi kuin AMS:in, jonka käyttöä rikki rajoittaa. Kierrätysammoniumsulfaatin määrä Suomessa ei kuitenkaan niin suuri, että sen sisältämä rikki rajoittaisi kierrätystä, jos sitä käytetään tasaisesti koko peltoalalla. Tarvittava lisätyppi voisi siten olla mineraalilannoitteen ammoniumnitraattia tai urea—ammoniumnitraattia. Uutena tuotteena hankkeen aikana markkinoille ilmestyi väkevä ammoniakkiliuos, joka on logistisesti mielekkäämpi kuin vanha laimea ammoniakkiliuos ja jonka ongelmana ei ole liian suuri rikkipitoisuus suhteessa typpipitoisuuteen. Sen typpipitoisuus on jonkin verran suurempi kuin ammoniumsulfaatin.

Seleeni on erityinen ongelma käytettäessä runsaasti rikkiä sisältäviä kierrätyslannoitevalmisteita, kuten ammoniumsulfaattia. Niissä ei ole seleeniä itsessään, jolloin niitä käytettäessä sadon seleenipitoisuus on alhainen, ja lannoitteen suuri rikkimäärä haittaa muunkin seleeninottoa. Kasvit eivät seleeniä tarvitse, mutta niitä syövät ihmiset ja eläimet kylläkin. Asia on kuitenkin korjattavissa ottamalla ilman seleenilisiä olevien lannoitteiden käyttö huomioon ruokinnassa. Seleeniä voidaan lisätä kivennäisaineisiin tai jopa nurmirehun säilöntäaineisiin (Seppälä ym. 2014). Kivennäisten syönti saattaa olla epämääräistä ja esimerkiksi ummessa olevien lehmien osalta vähäistä, jolloin seleenin riittävä saanti saattaa vaarantua. Tämän takia oli tarpeellista selvittää kierrätyslannoitevalmisteiden käytön vaikutus nurmi- ja viljasadon seleenipitoisuuteen.

Biolaitosten tuottamia kierrätyslannoitteita suurempi kierrätyslannoitteiden potentiaali on maataloilla itsellään lannassa. Pääosa maatalouden ravinteiden kierrätyksestä tapahtuu nimenomaisesti lantana. Lannan sisältämän typen hyväksikäyttö on kuitenkin yleensä heikompi kuin lannoitteiden. Tämä johtaa helposti sadonalennuksen ravinteiden käyttömäärien ollessa rajoitettuja ja ympäristön kuormitukseen. Tämän takia hankkeessa nähtiin lannassa suuri potentiaali kierrätystyppilannoitteiden raaka-aineena. Poistamalla lannasta tyypeä mahdollisimman paljon ja siirtämällä se käytettäväksi nestemäisenä kierrätyslannoitteena, vaikka samalla tilallakin, voitaisiin satoja nostaa, typen hyväksikäyttöä parantaa ja ympäristönkuormitusta vähentää. Osa nurmen typpilannoituksesta on joka tapauksessa hoidettava muuna kuin lantana, koska ns. nitraattiasetus (VN 2014) rajoittaa lannasta tulevan kokonaistypen määräksi 170 kg/ha, joka tarkoittaa noin 100 kg liuk. N/ha. Liukoisen typen vajuus on jopa 140 kg/ha. Tästä hankkeesta erillisessä hankkeessa Ductor Oy kehitti Tuorlassa sijainneessa koelaitoksessa ammoniumfermentaatiolaitosta, jonka lopputuotteita olisivat olleet nestemäinen ammoniumsulfaatti ja ammoniakkiliuos, jotka olisivat sopineet suoraan tässä hankkeessa kehitettäviin lannoituskäyttöihin. Ductor Oy arvioi, että pelkästään nautakarjan lannasta voitaisiin Suomessa tuottaa 25 miljoonaa kiloa tyypeä vasten 100 miljoonaa kiloa kiteistä ammoniumsulfaattia. Määrä vastaa Harjavallassa syntyvän ammoniumsulfaatin määrää ja siitä riittäisi liukoista tyypeä noin miljoonalle hehtaarille 20 kg/ha, joka on sen järkevä käyttömäärä. Menetelmällä olisi lannan liukoisen typen hyväksikäyttöä voitu parantaa erityisesti nurmilla, mutta myös merkittävä osa lannan orgaanisesta tyypestä saatu kasvien käyttöön. Vaikka lannan orgaaninen typpi kierrätetäänkin nykyisinkin peltoon, siitä ei varsinaisesti ole kasvinravitsemuksessa mitään hyötyä. Se vain lisää typen huuhtoutumispotentiaalia. Lannan satovaste yleensä vastaa enimmillään sen liukoisen typen sisältöä. Ammoniumsulfaatin tuottaminen sen itsensä takia ei ole taloudellisesti kannattavaa edes biolaitosmittakaavassa puhumattakaan maatilamittakaavasta. Kuitenkin se saattaisi olla kannattavaa sitä kautta, että lannan, joka tilan joka tapauksessa on hoidettava, tyypellä saisi nurmesta parempia satoja tätä kautta, mikä kompensoisi ammoniumsulfaatin tuotantokustannukset. Kyseinen Ductor Oy:n hanke kuitenkin kuivui kasaan tämän hankkeen kuluessa ja lantaperäisiä nestemäisiä kierrätyslannoitevalmisteita saadaan vielä odottaa. Tässä hankkeessa kehitetyt menetelmät ja koneet kuitenkin antavat vastauksen niiden oikealle käytölle, kun se päivä koittaa.

Hankkeen suunnittelussa ja sen alkuvaiheissa ammoniumsulfaatille kilpaileva typpivesi tarkoitti laimeaa ammoniakkiliuosta, jonka typpipitoisuus oli noin 2 %. Sen suurimpana ongelmana oli sen logistiikan kustannukset. Vaikka sen ravinnesisällön arvo oli noin kymmenkertainen lietelannan vastaaviin, sen kuljettaminen oleellisia matkoja oli kannattamatonta. 2 % tyypeä tarkoittaa 2 kg N/t, joten ravinnesisällön arvo oli noin 20 €. Sen vaatimat säiliöt levityskalustossa olivat lähempänä lantoja ja maanparannusaineista kuin lannoitteita. Hankkeen aikana se vaihtui väkevään ammoniakkiliuokseen, jonka levitysmäärät olivat potentiaalisesti luokkaa 1 m³/ha. Se lähestyi levitysmäärissä selvästi selvää lannoiteluokkaa. Sen

typpisisällön arvo on noin 120 €/t. Sen käytössä edistyiinkin aimo harppauksin hankeen viimeisenä vuotena ja luotiin vahva pohja jatkohankkeille.

Hankkeessa käytettyä konsentraattia syntyy edelleen vain Gasumin Vehmaan laitoksella. Keskeinen syy tähän on se, että sen raaka-ainepohjaa rajoittaa tyyppinimen rejektivesi rajoitteet. Lannoitteena sen raaka-aineista yli 10 % ei voi olla puhdistamolietepohjaisia. Sen tuotantomäärien ei voi tässä tilanteessa odottaa kasvavan, mutta lannoitevalmistelainsäädännön kokonaisuudistus voi muuttaa tilannetta. Suuren kiintoainemäärä sisältönsä ja viskositeettinsa takia se kuuluu levitettävyydessä varsinaisilla nestelannoitusjärjestelmillä samaan kastiin vinassin ja melassin kanssa.

Hankkeessa oli alun perin mukana luomukelpoisista nestemäisistä lannoitteista vain konsentroidu perunan soluneste. Se on enemmän suunnattu muihin kuin volyympikasveihin suuren kaliumpitoisuutensa takia. Viljakasveille suunnatut vinassi ja melassi tulivat mukaan hankkeen loppupuolella uusina luomutuotannon lannoitevalmisteina. Niiden käyttöä kasvinravitsemuksen näkökulmasta ehdittiin tutkia, mutta käytössä tarvittava levitystekniikan selvitys jäi vaiheeseen.

2.2. Tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli menetelmien lisäksi kehittää koneita nestemäisten kierrätyslannoitteiden levittämiseen ja selvittää tiloilla olemassa olevien koneiden soveltuvuus nestemäisten kierrätyslannoitteiden levitykseen. Varsinaisia nestelannoitukseen tarkoitettuja koneita on Suomessa maataloilla hyvin vähän, koska lannoitus perustuu pääsääntöisesti rakeisiin mineraalilannoitteisiin. Sen sijaan tiloilla on kasvinsuojeluruiskuja runsaasti. Niiden soveltuvuus nestemäisten kierrätyslannoitteiden levitykseen oli kuitenkin jossain määrin epäselvä hanketta suunniteltaessa. Hankkeen tavoitteena oli kuitenkin niiden suunnittelu ja rakentamien siltä osin kuin niitä ei tiloilla ollut valmiiksi. Olemassa olevien koneiden osalta tavoitteena oli selvittää niiden soveltuvuus käyttötarkoitukseen. Nestemäisten kierrätyslannoitteiden lisäksi katsottiin tarpeelliseksi selvittää merkittävimmän kiteisen kierrätyslannoitteen ammoniumsulfaatin levitykseen sopivat koneet ja menetelmät. Potentiaalisin vaihtoehto tähän oli starttilannoitelaatikot, joita asennettiin runsaasti kylvölannoittimiin keväällä 2014, kun ympäristökorvauksen tuki kerääjäkasveille, 100 €/ha, julkaisiin.

Hankkeen tavoitteena oli vähentää rehevöitymistä ja edesauttaa Itämeren ja vesien hyvän tilan saavuttamista vuoteen 2020 mennessä ja tehdä ravinteidenkierrätys tunnetuksi ja hyväksytyksi. Lisäksi tavoitteena oli edistää bio- ja kiertotaloutta.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

3.1. Osapuolet

Hankkeen toteuttivat Luonnonvarakeskus, Soilfood Oy ja Ammattiopisto Livia. Hankkeessa oli läheistä yhteistyötä erityisesti Gasum Oy:n kanssa liittyen nestemäisten kierrätyslannoitevalmisteiden toimittamiseen. Konsentroidua perunan solunestettä saatiin Finamyl Oy:ltä. Soilfood Oy:n merkitys nestemäisten kierrätyslannoitteiden markkinakanava kasvoi hankkeen loppua kohti.

Luonnonvarakeskus

Luonnonvarakeskus (Luke) on tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio, joka yhdistää uusiutuvien luonnonvarojen ja vastuullisen ruoantuotannon osaajat kokonaisuudeksi, joka tarjoaa innovatiivisia ratkaisuja elinkeinojen edistämiseksi. Monitieteinen tutkimustieto ja asiantuntijapalvelut ovat pohja kestäville päätöksille niin kotimaassa kuin kansainvälisesti. Luonnonvarojen tutkimus palvelee kansalaisia tuottamalla tietoa terveydestä ja hyvinvoinnista sekä edistämällä suomalaisen luonnon puhtautta ja elinvoimaisuutta. Strategisia vaikuttavuusalueita ovat uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvat biomassapohjaiset tuotteet ja energia, ruokajärjestelmä ja –turva, hyvinvointi ja terveys ja kestävä luonnonvaratalous ja –politiikka.



Luke on Suomen toiseksi suurin tutkimuslaitos. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Metsäntutkimuslaitos, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos sekä maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen tilastotehtävät sulautuivat yhteen Luonnonvarakeskukseksi 1.1.2015. Luken henkilöstö on noin 1500 ja liikevaihto on 134 Meuroa. Tutkimuslaitoksella on 38 toimipaikkaa Suomessa.

Soilfood Oy

Soilfood Oy jalostaa ja markkinoi orgaanisia ja/tai kierrätettyjä lannoitteita, maanparannusaineita ja kalkkeja muun muassa metsä- ja elintarviketeollisuuden sekä energiantuotannon sivuvirroista. Soilfood tuottaa taloudellisesti ja ekologisesti kestäviä teollisuuspalveluita sekä parantaa viljelijöiden pelloiltaan saamia satoja, lisää maan tuottavuutta, mikrobitoimintaa ja humuspitoisuutta – ja samalla vähentää maatalouden päästöjä ilmaan ja vesiin. Tavoitteena on räätälöidä lannat ja muut ravinteikkaat sivuvirrat tasapainoiseksi lannoitukseksi tuottaen lisäarvoa niin teollisuudelle kuin viljelijöillekin.

Soilfoodilla on yli 30 teollista asiakasta, joille tarjotaan kokonaispalvelua sivuvirtojen laadukkaaseen käsittelyyn. Kokonaispalvelussa Soilfood ottaa kokonaisvastuun sivuvirran hyödyntämisestä sen syntypaikalta eteenpäin siten, että teollinen asiakas saa keskittyä ydinliiketoimintaansa ja saavuttaa samanaikaisesti lisäarvoa sivuvirran ekologisesta ja taloudellisesta sekä kiertotalouden mukaisesta hyödyntämisestä. Soilfood vastaa jäännöksen hyödyntämisestä lannoitevalmistelain mukaisesti koko vuosituotannon osalta. Palvelukonseptiin kuuluvat niin välivarastointi, logistiikka, tuotteiden analysointi, viranomaisveloitteet kuin määrien tarkka seuranta. Lisäksi Soilfoodin vuosittainen vastuullisuusraportointi tuottaa lukuja muun muassa kierrätettyjen ravinteiden määrästä sekä säästetyistä hiilidioksidipäästöistä, jotka ovat hyödynnettävissä myös yhteistyökumppaneiden raportoinnissa.

Myös viljelijöille tarjotaan kokonaispalvelua, ja tuotteet pyritään sovittamaan parhaalla mahdollisella tavalla kunkin viljelijän viljelykiertoon. Soilfood tarjoaa viljelijälle kaikki korkeatuottoiseen, kannattavaan ja ympäristöystävälliseen viljelyyn tarvittavat panokset ja palvelut koko Suomessa. Toimintamallissa maaperää hoidetaan kaikki kasvukunnon tekijät huomioiden: optimoidaan pääravinteet, hivenaineet ja mikrobi-toiminnan olosuhteet.

Soilfood Oy:n taloudellinen tilanne on vakaa, ja toiminta on kasvanut voimakkaasti. Soilfood on perustettu vuonna 2015, ja nykymuotoinen liiketoiminta alkoi vuonna 2016 Koneta Agriculture Oy:n ja Tyynelän Maanparannus Oy:n fuusioituttua Soilfoodiin. Soilfoodin liiketoiminta on kasvanut voimakkaasti liikevaihdon kasvaessa vuoden 2016 1,8 miljoonasta eurosta vuoden 2018 4,4 miljoonaan euroon. Liikevaihdon arvioidaan kasvavan 6 miljoonaan euron vuonna 2019. Samoin yrityksen työntekijöiden määrä on kasvanut vuoden 2016 kahdeksasta henkilöstä nykyiseen 25 henkilöön.

Soilfoodin tutkimus- ja kehitysyksikkö tuottaa tietoa Soilfoodin tuotteiden lannoitus- ja maanparannusvaikutuksista, sekä kehittää niiden parhaita käyttötapoja. Soilfood tekee paljon yhteistyötä mm. Helsingin Yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan, Luonnonvarakeskuksen sekä Suomen ympäristökeskuksen kanssa. Tutkimushankkeiden ohella yksikössä kehitetään jatkuvasti uusia tuotteita ja ratkaisuja teollisten sivuvirtojen hyödyntämiseksi ja viljelijöiden käytettäväksi. Vuonna 2019 tutkimukseen ja kehitykseen on budjetoitu 10,8 % Soilfoodin ennustetusta liikevaihdosta.

Hankkeessa Soilfoodin tehtävänä oli toimittaa päätoteuttajalle hankkeen kokeissa käytettäviä lannoitteita, selvittää väkevien nestemäisten kierrätyslannoitteiden käytön edellytyksiä järjestämällä tilademonstraatioita, toteuttaa markkinaselvitys ammoniumsulfaatin käytöstä Suomessa, sekä tukea päätoteuttajaa hankkeen viestinnässä.

Peimarin koulutus kuntayhtymä, Ammattiopisto Livia

Peimarin koulutus kuntayhtymä perustettiin 1.1.2011, kun Kaarinan, Paimion ja Paraisten kaupungit päättivät yhdistää ammatilliset oppilaitoksensa. KKY:ään siirtyivät Kaarinan sosiaali- ja terveysalan oppilaitos, Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti sekä Varsinais-Suomen maaseutuoppilaitos. Oppilaitos sai uuden yhteisen nimen: Ammattiopisto Livia.

Liviassa on noin 1000 opiskelijan kaksikielinen luonnonvara- ja ympäristöalan sekä sosiaali-, terveys- ja liikunta-alan oppilaitos. Livia on myös Suomen suurin luonnonvara-alan perustutkintoja antava oppilaitos. Lisäksi oppilaitos antaa ammatillista lisäkoulutusta, ammattitutkinnoissa. Henkilökuntaa oppilaitoksessa on noin 160 henkeä. Tuorlan koulutilalla on peltoa yhteensä 143 ha, jossa viljellään nurmen ja viljan lisäksi maakunnan tyypillisimpiä erikoiskasveja. Koulutilalla tuotetaan itse energiaa, biodieseliä grillirasoista noin 29 000l/ vuosi ja biokaasua sähkön ja lämmön tuotantoon noin 560 MWh. Lisäksi metsäopetus hoitaa koko Paimion toimipisteen lämmityksen itsetuotetulla hakkeella.

Muu yhteistyö

Hanke teki yhteistyötä ProAgrian kanssa tilakokeilujen järjestämisessä. Nestemäisiä kierrätyslannoitteita tuottavat biolaitosyritykset toimittavat hankkeelle tuotteitaan ja viestivät niiden käytöstä omille asiakkailleen ja osallistuivat hakkeen tilaisuuksiin. Tällaisia biolaitosyrityksiä oli ainakin Envor Biotech Oy, Gasum Biovakka Oy, Gasum Biotech Oy ja Finnamy Oy. Koneiden osalta yhteistyötä oli Propax Agro Oy:n kanssa

3.2. Hankkeen työpaketit ja niissä käytetyt menetelmät

Hanke koostui neljästä työpaketista:

Työpaketti 1: Glyfosaatin ja muiden torjunta-aineiden käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa

Työpaketti 2: Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttö nurmien lannoituksessa

Työpaketti 3: Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttö viljan lannoituksessa

Työpaketti 4: Viestintä

3.2.1. Työpaketti 1: Glyfosaatin ja muiden torjunta-aineiden käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa

Työpaketissa 1 selvitettiin mahdollisuudet pienentää glyfosaattiannoksia jäämien vähentämiseksi torjuntatehon siitä kärsimättä tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa. Selvitys aloitettiin teknisillä testeillä ammoniumsulfaatin ja keskeisten herbisidien kanssa. Testaukseen otettiin mukaan valmisteita, joiden käyttö oli myyntimäärien perusteella pinta-alallisesti laajinta. Testitulosten perusteella valittiin glyfosaattivalmisteen lisäksi neljä muuta herbisidiä kenttäkokeisiin. Kokeista ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseoksilla tehtiin kahtena vuotena vehnällä ja ammoniumsulfaatin ja muiden herbisidien tankkiseoksilla kahtena vuonna kauralla ja ohralla. Glyfosaatin ja sen hajoamistuotteen AMPA:n jäämien eri glyfosaatin käyttömäärillä tutkittiin ensimmäisenä kenttäkoevuotena samaisessa kokeessa vehnällä.

3.2.2. Työpaketti 2: Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttö nurmien lannoituksessa

Työpaketissa 2 selvitettiin mahdollisuutta hyödyntää ammoniumsulfaattiliuosta nurmen jälkikasvun nopeaan käynnistämiseen ensimmäisen niiton jälkeen niin, että lietelannan sijoittamiselle jäisi enemmän aikaa ja samalla lietelannan tyypin hyväksikäyttö paranisi. Samalla selvitettiin kiteisen ammoniumsulfaatin ja ammoniakkiliuoksen soveltuvuutta nurmen lannoitukseen. Työpakettiin kuului myös tarkoitukseen sopivien koneiden laitteiden selvittämistä mm. maatalousnäyttelyissä ja internetissä. Lisäksi ammoniakkiliuosten sijoittamista varten rakennettiin sijoituslaitteet.

Tätä tarkoitusta varten perustettiin kenttäkoe Jokioisten Pellilään. Kenttäkoe lannoitettiin vuosittain keväällä tasaisella tyypilannoituksella ensimmäisen nurmisadon tuottamiseksi. Sen määrä määritettiin muutamien käsittelyiden kohdalta sadon selvittämiseksi. Varsinaiset koekäsittelyt tehtiin ensimmäisen niiton

jälkeen. Kenttäkokeessa oli mineraalilannoitteella toteutettuja typpitasoja typen satovasteen selvittämiseksi ja starttilannoitteena annetun ammoniumsulfaatin levitysmääriä. Erilaisilla ammoniumsulfaatin määrillä starttilannoitettuihin käsittelyihin sijoitettiin lietalantaa tavoitteena kokonaistypin määrää 170 kg/ha. Lisäksi selvitettiin mahdollisuutta terästä lietalantaa ammoniumsulfaatilla. Tässä tarkoituksessa lietalantaan sekoitettiin ammoniumsulfaattia sellainen määrä, että käytetyllä lietalannan levitysmäärällä sen tyyppiä piti tulla 45 kg/ha. Tälle verranteena oli ruiskuttamalla samaan aikaan pintaan levitetty ammoniumsulfaattiliuos samana typpimääränä. Käsittelyiden vaikutusta tutkittiin määrittämällä toisen nurmisadon määrä ja laatu. Myös kolmas nurmisato määritettiin määrän ja laadun osalta, mutta sille ei annettu erillistä lannoitusta. Keskeinen ajatus koejärjestelyssä oli se, että kolmannen sadon lannoitus tehdään jo ensimmäisen sadon korjuun jälkeen samalla kerralla toisen sadon lannoituksen yhteydessä ja lietalannan typen hyväksikäytön paraneminen näkyisi siten kolmannessa sadossa. Vastaavasti kiteisen ammoniumsulfaatin ja laimean ammoniakkiliuoksen käyttöä tutkittiin levittämällä ne ensimmäisen niiton jälkeen ja määrittämällä toisen ja kolmannen sadon määrä ja laatu. Seleenipitoisuuksia mitattiin osasta käsittelyjä erityisesti rikkilannoituksen vaikutuksen selvittämiseksi nurmisadon laatuun.

Viimeisenä koevuotena lietalannan käytöstä luovuttiin, koska näytti ilmeiseltä, että käytetyillä keinoilla ei voida lietalannan typen hyväksikäyttöä parantaa ainakaan oleellisesti. Koeohjelmaan otettiin uusi väkevä ammoniakkiliuos, jota käytettiin sijoittaen aikaisempiin uudelleen arvottuihin lietalantakäsittelyihin eri määrinä. Lisäksi sitä levitettiin lannoitesuuttimilla nurmen pintaan käsittelyssä, jossa oli aikaisemmin käytetty laimeaa ammoniakkiliuosta.

3.2.3. Työpaketti 3: Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttö viljan lannoituksessa

Työpaketissa kolme tutkittiin nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttöä osana viljan typpilannoitusta käyttäen koekasvina vehnää. Työpakettiin kuului myös tarkoitukseen sopivien koneiden laitteiden selvittämistä mm. maatalousnäyttelyissä ja internetissä. Lisäksi ammoniakkiliuosten sijoittamista varten rakennettiin nestelannoitusjärjestelmät kahteen suorakylvökoneeseen.

Tätä tarkoitusta varten perustettiin 3-vuotiset kenttäkokeet Kaarinan Yltöisiin. Ensimmäisenä kenttäkoevuotena kaikki nestemäiset kierrätyslannoitteet sijoitettiin. Toisena kenttäkoevuotena sijoitettiin nestemäistä ammoniumsulfaattia suorakylvön yhteydessä. Kolmantena vuotena sijoitettiin väkevää ammoniakkiliuosta suorakylvön yhteydessä. Ammoniumsulfaattiliuos ruiskutettiin viuhkasuuttimilla joko maahan tai kasvustoon. Muutoin nestemäiset kierrätyslannoitteet levitettiin kastelukannuilla letkulevitystä imitoiden. Kiteiden ammoniumsulfaatti sijoitettiin kylvön yhteydessä.

Ensimmäisenä ja toisena kenttäkoevuotena kokeissa oli mukana laimea ammoniakkiliuos, konsentraatti, ammoniumsulfaatti, konsentroidu perunan soluneste. Kolmantena kenttäkoevuotena kokeissa oli mukana väkevä ammoniakkiliuos, konsentroidu perunan soluneste, vinassi ja melassi. Kolmantena kenttäkoevuotena koe toteutettiin yhteisenä toisen hankkeen kanssa typpitasojen kustannusten jakamiseksi. Typpilannoituksen tavoitetaso oli 120 kg/ha. Nestemäisiä kierrätyslannoitteita pyrittiin käyttämään tavalla, jotka olisivat tarkoituksen mukaisia vaihtoehtoina kyseinen lannoite ainoana typen lähteenä tai sitten yhdessä typpitasoissa käytetyn mineraalilannoitteen kanssa. Mineraalilannoitteen osuus typpilannoituksesta oli suunnittelussa pääsääntöisesti puolet typpiannoksesta. Kuitenkin konsentraattia ja ammoniakkiliuosta käytettäessä rakeisen mineraalilannoitteen osuus oli 90 kg/ha, jotta rikkiannos ei kasvaisi kohtuuttomaksi tai polttovioitusten välttämiseksi. Levitysmäärät laskettiin ennakkonäytteistä määritetyn liukoisen typen pitoisuuden perusteella. Levityksen yhteydessä otettiin lannoitteista näytteet, joiden analyysitulosten perusteella määritettiin toteutuneet typpitasot.

Koeruuduista määritettiin sadon määrä ja laatu. Laatutekijöistä määritettiin sadon laatuhinnoitteluun vaikuttavat tekijät. Käsittelyiden satoja ja laatuja verrattiin toisiinsa toteutuneilla typpilannoitustasoilla.

3.2.4. Työpaketti 4: Viestintä

Työpakettiin 4 kuului varsinaisen viestinnän lisäksi demonstraatiot, koska niillä oli viestinnällinen tarkoitus. Osa demonstraatioista oli kenttäkoetasoisia, joissa haettiin vastausta erityiskysymyksiin, joihin ei oltu varauduttu muiden työpakettien kenttäkokeissa. Sellaisia toteutettiin erityisesti Mynämäessä hankevetäjän omalla tilalla ja yhteistyötahon Gasum Oy:n tuotepäällikön tilalla näkyvillä paikoilla. Demonstraatioiden hyödyntäminen viestinnässä jäi vähäiseksi henkilöstöresurssiin puutteen takia. Tilanne ei mahdollistanut enempien pellonpiennartapahtumien järjestämistä. Pellonpiennarpäiviä järjestettiin erityisesti Jokioisissa nurmikokeella ja ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseoskokeiden yhteydessä sekä Kaarinan Yltöisissä vehnäkokeella. Nurmikokeeseen liittyvät pellonpiennarpäivät järjestettiin juuri ennen toista ja kolmatta niittoa, jolloin käsittelyiden vaikutukset kasvustoissa olivat parhaiten nähtävissä. Esillä oli kokeissa käytettyä levityskalustoa. Useimmiten samassa yhteydessä käytiin tankkiseoskokeilla. Tilaisuuksiin on nestemäisten kierrätyslannoitteiden valmistajille ja markkinoijille varattu puheenvuoro. Vastaavasti Yltöisissä kasvustoja katseltiin juuri ennen tähkälle tuloa, koska käsittelyjen erot ovat silloin parhaiten nähtävissä. Pellonpiennarpäivistä on tiedotettu etukäteen laajasti mm. Farmit-sivuston kautta. Lisäksi lehdistölle ja sidosryhmille on lähetetty sähköpostitse kutsuja. Viljakokeessa käytettyä kalustoa on ollut esillä erityisesti Tuorlan avoimien ovien päivillä toukokuussa. Tuorlaan perustettiin myös nurmenlannoitusdemonstraatio, joka mm. kesän sääolojen takia tuhoutui, joten sen hyödyntäminen viestinnässä kävi mahdolltomaksi. Demonstraatioita pyrittiin järjestämään myös käytännön tiloilla hankkeen ensimmäisenä kasvukautena liittyen ammoniumsulfaatin käyttöön. Yleisesti ottaen tarkoitus oli toteuttaa demonstraatioita käytännön tiloilla liittyen lähistöllä olevien biolaitosten tuottamien lannoitteiden käyttöön, koska niitä riittää yleensä vain paikalliseen käyttöön. Käytäntö kuitenkin opetti, että tiloilla ei ollut täysin riittäviä valmiuksia toteuttaa niitä itsenäisesti ja samalla suunnitellusti. Luken hankehenkilöstö oli sidottu kenttäkokeiden toteuttamiseen eikä partnerien tuki täysin toteutunut, jolloin ne käytännössä kuivuivat kasaan.

Hanke on pyrkinyt voimakkaasti levittämään tietoa nestemäisten kierrätyslannoitteita käyttömahdollisuuksista, jotta ravinteiden kierrätys niiden muodossa yleistyisi, osallistumalla aihepiirin sopiviin tilaisuuksiin ja tuomaa asiaa esille niissä. Viestinnässä on pyritty esittelemään viljelijöille käytännönläheisiä valmiita ratkaisuja, jotka on helppo omaksua. Viestintä on pyritty harjoittamaan myös ProAgrian kautta, mutta se ei saanut paljon ilmaa alleen. Hanke on ollut esillä OKRA2018-maatalousnäyttelyssä Luken osastolla. Hankkeessa koottu GreatPlains-suorakylvökone, johon rakennettiin nestelannoitusvarustus, oli esillä Peltopäivillä Västänkvarnissa 2017 ja Propax Agro Oy:n osastolla OKRA2019-maatalousnäyttelyssä Orispäässä ja muutoin Luen osastolla. Hankkeesta on ollut tietoiskuja OKRA-maatalousnäyttelyissä. Hankkeessa on tuotettu eri tilaisuuksien pidettyjä esityksiä varten PowerPoint-esityksiä, jotka ovat saatavilla hankkeen sivustolta (www.luke.fi/nesteravinne). Nesteravinne-seminaari striimattiin ja on katsottavissa hankkeen sivustolla olevan linkin kautta. Koneiden käytön esittely suurelle yleisölle ei ollut tarkoituksenmukaista, koska ne jäivät hieman vaiheeseen. Hankkeen varsinaiset raportit ovat valmisteltavina ja julkaistaan Luken sarjassa.

4. Hankkeen tulokset

4.1.1. Ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseokset

Luonnonvarakeskuksessa (Luke) Jokioisissa tutkittiin vuosina 2017 ja 2018 yhteensä kuudessa kenttäkokeessa nestemäisen ammoniumsulfaatin (AMS) soveltuvuutta tankkiseoksiin viljoilla yleisesti käytettyjen rikkakasvien torjunta-aineiden (herbisidien) kanssa. Nämä tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Tekniset yhteensopivuustestit

Keväällä 2017 tehtiin esitestit nestemäisen AMS:in (350 g/kg) teknisestä soveltuvuudesta tankkiseoksiin glyfosaattivalmiste Roundup Bion ja yhdeksän muun viljanviljelyssä yleisesti käytetyn herbisidivalmisteen sekä kahden kiinniteaineen kanssa. Roundup Bio, K-Trio-neste ja Ariane S soveltuivat sellaisenaan AMS-liuoksen kanssa sekoitettaviksi ja kasvin suojeleluiskulla levitettäviksi. Pienannosvalmisteet Tooler, Logran 20 WG, Express 50 SX ja Biathlon 4D soveltuivat myös, mutta ennen AMS-liuokseen sekoittamista ne oli liuotettava pieneen määrään vettä. K-MCPA-neste, Primus ja Starane XL eivät liuenneet AMS-

liuokseen, kuten eivät myöskään kiinnitteet Sito Plus ja Dash. Roundup Bio valittiin valmisteeeksi tankkiseos kokeeseen. Kauralla ja ohralla tehtäviin kenttäkokeisiin tankkiseoksilla ammoniumsulfaatin kanssa valittiin neljä herbisidivalmistetta: K-Trio-neste (dikloproppi-P + MCPA + mekopropi-P), Ariane S (MCPA + fluorksiipyri + klopyralidi), Tooler (tritosulfuroni) ja Logran 20 WG (triasulfuroni).

Tankkiseokset glyfosaatin kanssa

Sekä 2017 että 2018 toteutettiin yksi ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseoskoe pelloilla, joilla esiintyi runsaasti juolavehnnää ja leveälehtisiä rikkakasveja (kuva 1). Kokeissa testattiin ennen kevätvehnän suorakylvöä ruiskutettujen pienien Roundup Bio –annosten tehoa rikkakasveihin tankkiseoksissa AMS:in kanssa. Vuonna 2017 ennen glyfosaattikäsittelyitä ja sadonkorjuun jälkeen otetuista maanäytteistä analysoitiin glyfosaatin ja sen hajoamistuote AMPA:n pitoisuudet käsittelyistä syntyneiden jäämien määrittämiseksi.



Kuva 1. Glyfosaatti + ammoniumsulfaatti (AMS) suorakylvetyllä Herttua -kevätvehnällä Jokioisissa 5.7.2018.

Molempina vuosina glyfosaatin normaali käyttömäärä (Roundup Bio 3,0 l/ha) tehoi juolavehnnään ja leveälehtisiin rikkakasveihin erittäin hyvin sekä vesiliuoksessa Sito Plussan kanssa että tankkiseoksena AMS:in kanssa (taulukot 1 ja 2). AMS:in väkevyys useimmissa tankkiseoksissa oli Roundup Bion annoksen pienentäminen 2,0 litraan ei juuri heikentänyt sen tehoa. Myös Roundup Bion pienin annos 1,0 l/ha tehoi rikkakasveihin kohtalaisesti kosteana kesänä 2017 (taulukko 1), mutta heikosti kuivissa oloissa 2018 (taulukko 2). AMS:in ja Roundup Bion tankkiseokset tehosivat rikkakasveihin yhtä hyvin kuin normaali Roundup Bion vesiliuos Sito Plus –kiinnitteen kanssa. Molempina vuosina tiheä juolavehnnäkasvusto verotti ankarasti vehnäsatoa: käsittelemättömistä ruuduista satoa saatiin tuskin lainkaan, ja suurimmatkin sadot olivat vain 2500 kg/ha tasoa (taulukot 1 ja 2). Glyfosaattikäsittelyistä vehnäsato oli pienin 1,0 l/ha Roundup Bio -käsittelyssä täyden AMS-annoksen kanssa.

Taulukko 1. Visuaaliset havainnot 29 vrk rikkakasviruiskutuksesta eri ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseoksilla käsitellyissä suorakylvetyissä kevätvehnäkasvustoissa Jokioisissa vuonna 2017 sekä saadut sadot.

Käs. nro	Käsittely	Juolavehänä, teho %		Pelto-orvokki, teho %		Voikukka, teho %		Kevätvehnäsato, kg ha ⁻¹	
		14.6.2017		14.6.2017		14.6.2017		23.10.2017	
1	Käsittelemätön	0	b	0	c	0	b	150	c
2	AMS 57 l ha ⁻¹	0	b	0	c	0	b	205	c
3	AMS 200 l ha ⁻¹	0	b	0	c	0	b	205	c
4	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0.5 l ha ⁻¹	98	a	99	a	98	a	2196	a
5	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	90	a	90	b	95	a	1890	ab
6	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + AMS 200 l ha ⁻¹	89	a	90	b	94	a	1453	b
7	Roundup Bio 2 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	96	a	99	a	97	a	2077	a
8	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	98	a	99	a	98	a	1968	a

Ruiskutteen kokonaismäärä aina 200 l ha⁻¹

Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa tilastollisesti (P=0.05, Tukey HSD)

Taulukko 2. Glyfosaatti + AMS, suorakylvetty Herttua -kevätvehnä, Jokioinen 2018. Visuaalisesti havainnoitu teho rikkakasveihin 29 vrk ruiskutuksesta ja vehnäsato 19.9.2018.

Käs. nro	Käsittely	Juolavehänä, teho %		Voikukka, teho %		Piharatamo, teho %		Saunakukka, teho %		Kevätvehnäsato kg/ha	
		13.6.2018		13.6.2018		13.6.2018		13.6.2018		19.9.2018	
1	Käsittelemätön	0	c	0	c	0	c	0	d	266	c
2	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0.5 l ha ⁻¹	50	b	62	b	52	b	80	c	1368	b
3	Roundup Bio 2 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0.5 l ha ⁻¹	91	a	81	ab	68	ab	91	ab	2542	a
4	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0.5 l ha ⁻¹	97	a	91	a	79	a	100	a	2392	a
5	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + AMS 200 l ha ⁻¹	48	b	60	b	55	b	85	bc	713	c
6	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	53	b	60	b	53	b	85	bc	1619	b
7	Roundup Bio 2 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	92	a	76	ab	80	a	98	a	2304	a
8	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	100	a	91	a	85	a	98	a	2335	a

Ruiskutteen kokonaismäärä aina 200 l/ha

Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa tilastollisesti (P=0.05, Tukey HSD)

Taulukossa 3 on esitetty vuoden 2017 ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin takkiseoskokeen glyfosaatin ja AMPA:n taustapitoisuudet maassa ennen käsittelyitä. Taulukossa 4 on esitetty vastaavat pitoisuudet sadonkorjuun jälkeen ja taulukossa 5 muutos ennen käsittelyitä vallinneesta tilanteesta sadon korjuun jälkeen vallinneeseen tilanteeseen. Syksyllä vehnän puinnin jälkeen otettujen maanäytteiden jäämäanalyysien perusteella vaikuttaa mahdolliselta, että AMS glyfosaatin kanssa käytettynä voi nopeuttaa glyfosaatin hajoamista maassa. Toisaalta AMS ei vaikuttanut maan AMPA-pitoisuuksiin. Keväällä ennen kylvöä levitetty glyfosaatti ja sen hajoamistuote AMPA ei kulkeutunut maassa 0 – 2,5 cm pintakerrosta syvemmälle. Pienin glyfosaatin käyttömäärä eli Roundup Bio 1,0 l/ha ei nostanut maan glyfosaatti ja AMPA –pitoisuuksia kevään taustapitoisuuksiin nähden eli ne näyttivät hajoavan kasvukauden aikana.

Taulukko 3. Glyfosaatin ja AMPA:n taustapitoisuudet sekä samoista näytteistä määritetty viljavuus (P, Ca, K, Mg), maan hiilipitoisuus ja pH 5.5.2017 otetuissa maanäytteissä.

	Jäämäanalyytit		Viljavuusanalyytit					
	Glyfosaatti	AMPA	P HAAC	Ca HAAC	K HAAC	Mg HAAC	Maan hiili	pH
	mg kg ⁻¹ ka	mg kg ⁻¹ ka	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	mg l ⁻¹	C-% (ilmakuiva maa)	pH H ₂ O 1:2.5
Maakerros								
0 - 2,5 cm, keskiarvo	0,08	0,56	4,8	3131	281,5	685,4	3,34	6,41
(vaihteluväli)	(0,06 - 0,10)	(0,48 - 0,66)	(4,4 - 5,6)	(3007 - 3255)	(270,5 - 295,6)	(609,5 - 761,0)	(3,10 - 3,73)	(6,35 - 6,51)
2,5 - 25 cm, keskiarvo	0,10	0,59	4,4	3318	236,7	652,2	3,41	6,48
(vaihteluväli)	(0,09 - 0,11)	(0,55 - 0,67)	(3,9 - 5,0)	(3195 - 3455)	(207,0 - 254,7)	(600,7 - 735,6)	(3,07 - 3,77)	(6,43 - 6,56)

Taulukko 4. Glyfosaatin ja AMPA:n pitoisuudet puinnan jälkeen 25.10.2017 (162 päivää ruiskutuksesta ja 154 päivää vehnän kylvöstä) otetuissa maanäytteissä.

Näytteenottosyvyys		0 - 2,5 cm pintakerros		2,5 - 25 cm muokkaus-kerros		0 - 2,5 cm pintakerros		2,5 - 25 cm muokkaus-kerros	
Analysoitava aine		glyfosaatti		glyfosaatti		AMPA		AMPA	
Yksikkö		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka	
Käs. nro	Käsittely								
1	Käsittelemätön	0,05	b	0,06	bc	0,55	a	0,50	a
4	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha ⁻¹	0,82	a	0,11	a	1,02	a	0,80	a
5	35 % AMS 57 l ha ⁻¹ + Roundup Bio 1 l ha ⁻¹	0,13	b	0,10	ab	0,55	a	0,69	a
8	35 % AMS 200 l ha ⁻¹ + Roundup Bio 3 l ha ⁻¹	0,53	ab	0,05	c	0,99	a	0,40	a
Tukeyn HSD P=0.05 (% mean diff)		0,603 (158%)		0,049 (60%)		0,729 (94%)		0,407 (69%)	

Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa tilastollisesti (P=0,05, Tukey HSD)

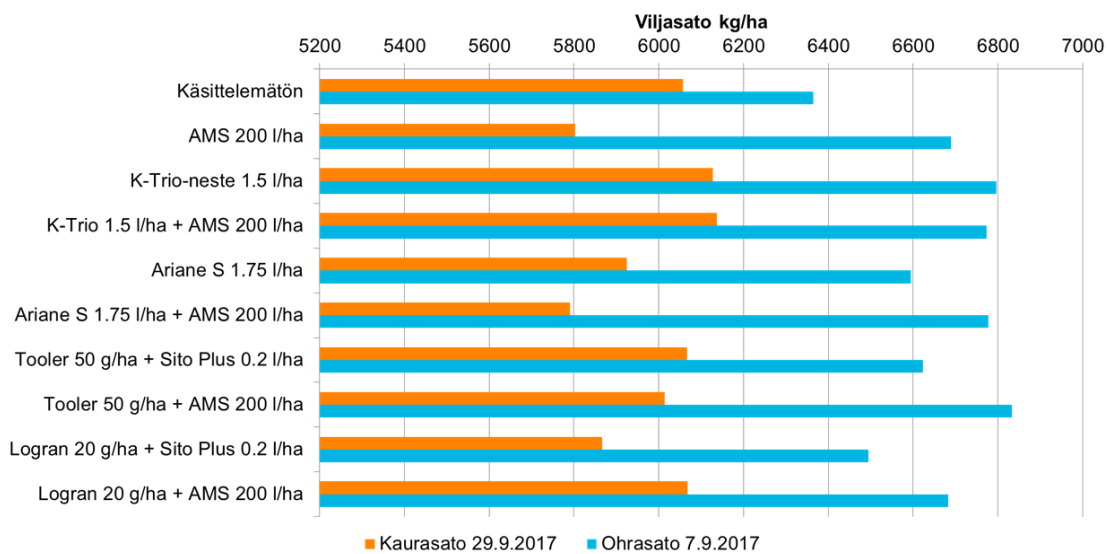
Taulukko 5. Glyfosaatin ja AMPA:n pitoisuuksien muutos ennen käsittelyä vallinneesta puinnan jälkeiseen.

Näytteenottosyvyys		0 - 2,5 cm pintakerros		2,5 - 25 cm muokkaus-kerros		0 - 2,5 cm pintakerros		2,5 - 25 cm muokkaus-kerros	
Analysoitava aine		glyfosaatti		glyfosaatti		AMPA		AMPA	
Yksikkö		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka	
Käs. nro	Käsittely								
1	Käsittelemätön	-0,04	b	-0,04	bc	-0,01	a	-0,10	a
4	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha ⁻¹	0,74	a	0,01	a	0,46	a	0,21	a
5	35 % AMS 57 l ha ⁻¹ + Roundup Bio 1 l ha ⁻¹	0,05	b	0,00	ab	-0,01	a	0,10	a
8	35 % AMS 200 l ha ⁻¹ + Roundup Bio 3 l ha ⁻¹	0,45	ab	-0,05	c	0,43	a	-0,20	a
Tukeyn HSD P=0.05 (% mean diff)		0,603 (200%)		0,049 (<1%)		0,729 (335%)		0,407 (9300%)	

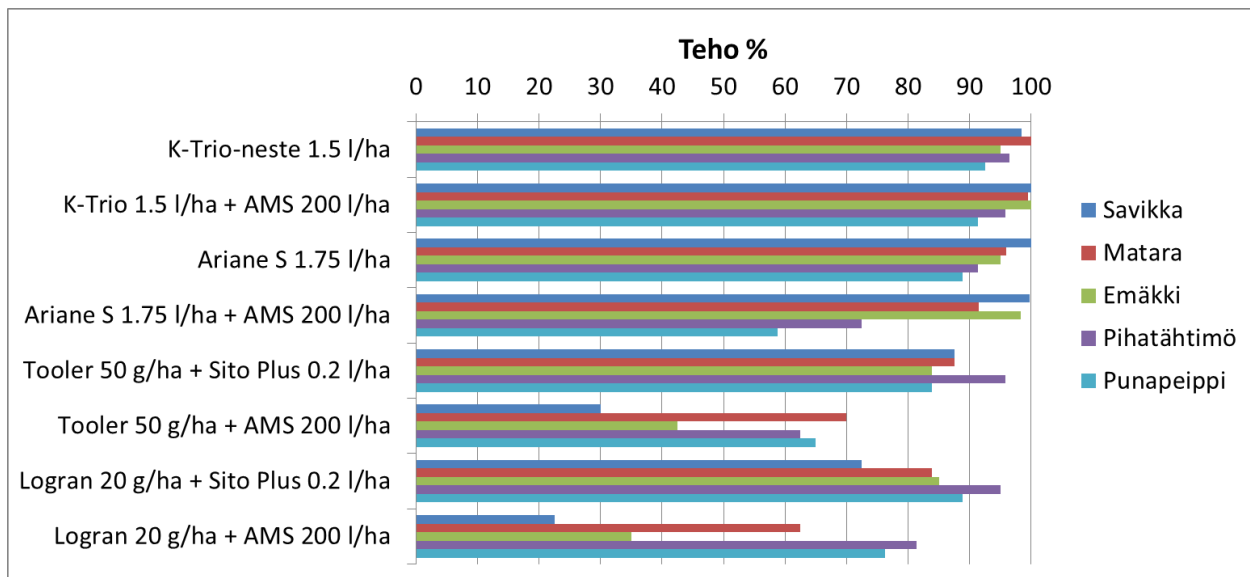
Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa tilastollisesti (P=0,05, Tukey HSD)

Ammoniumsulfaatin ja muiden herbisidien tankkiseokset

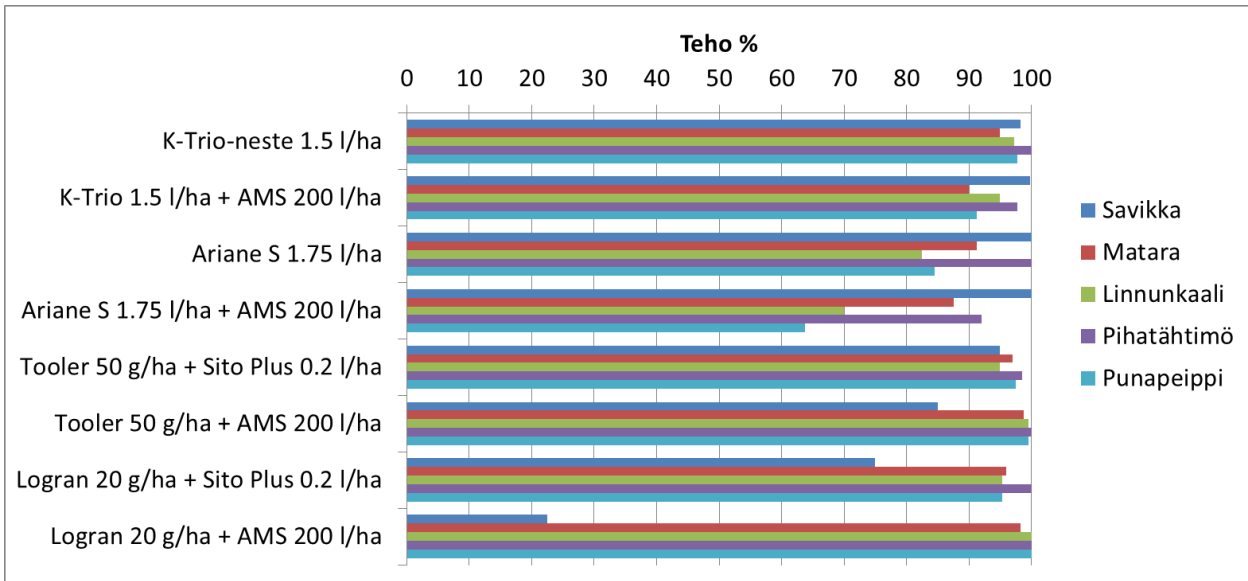
Molempina koevuosina toteutettiin yksi ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseoskoe kauralla ja toinen ohralla lohkoilla, joilla esiintyi monia kevätiljapelloille tyypillisiä siemenrikkakasveja. Kokeissa testattiin täysin kylläisen AMS-liuoksen (350 g/kg) soveltuvuutta sellaisenaan tankkiseoksiin. Sateisena kesänä 2017 rikkakasveja oli runsaammin kuin kuivana kesänä 2018. Molempina vuosina AMS aiheutti polttovioitusta kauran ja ohran lehdistä K-Trio -nesteen ja Ariane S:n kanssa mutta ei satotappioita (kuvio 1). Kun AMS-liuosta käytettiin tankkiseoksena sulfonyyliureavalmisteiden Tooler ja Logran 20 WG kanssa, herbisidien kanssa suositeltu kiinnite Sito Plus jouduttiin jättämään pois, koska se ei liennut AMS-liuokseen. Ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseosten torjuntatehot on esitetty kuvioissa 2, 3, 4 ja 5. Erityisesti kuivissa olosuhteissa kesällä 2018 sulfonyyliureavalmisteiden teho lähes kaikkiin rikkakasveihin oli tankkiseoksina AMS:in kanssa ilman kiinnitettä heikompi kuin vesiliuoksissa Sito Plus -kiinnitteen kanssa. K-Trio rikkakasvitehoon AMS -lisäys ei vaikuttanut, mutta Ariane S:n tehoa se heikensi hiukan.



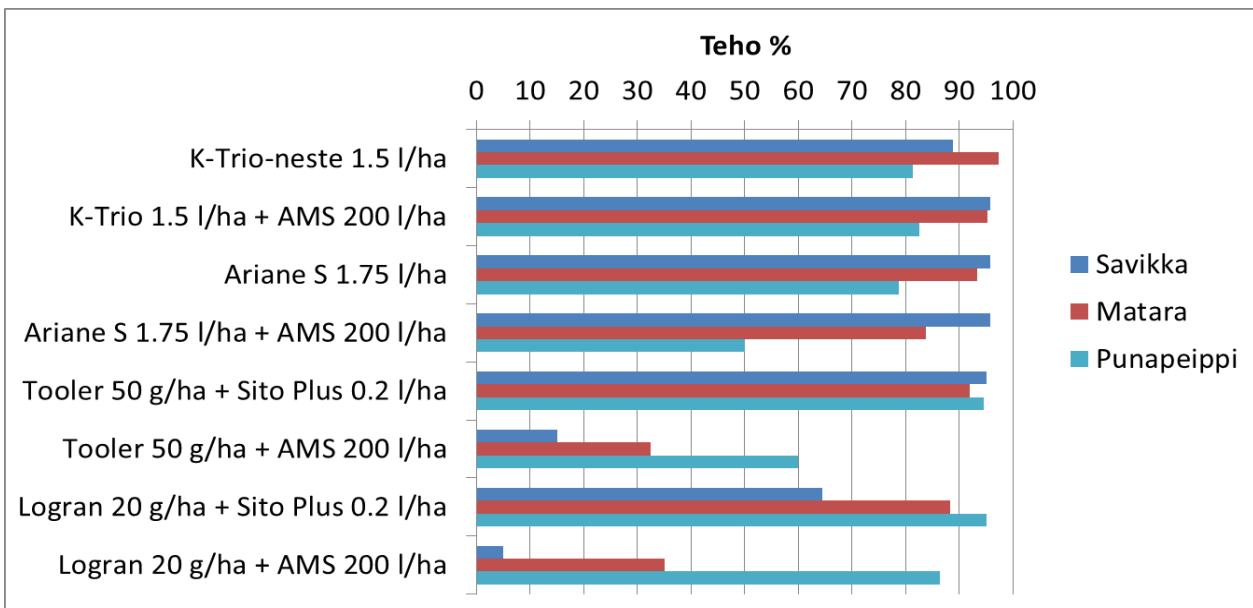
Kuvio 1. Venla-kauran ja Vipekka-ohran sadot



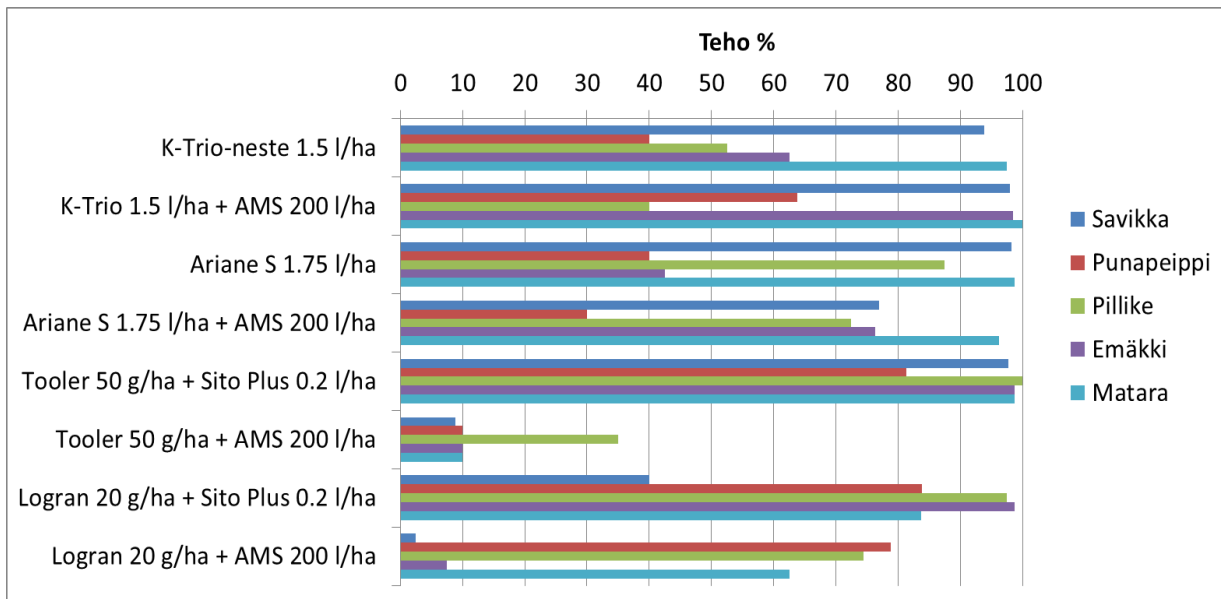
Kuvio 2. Herbisidien torjuntateho ammoniumsulfaattiliuoksessa ja vesiliuoksessa kaurakokeella Jokioissa havainnoituna visuaalisesti 29 vrk ruiskutuksesta (18.7.2017)



Kuvio 3. Herbisidien torjuntateho ammoniumsulfatiliuoksessa ja vesiliuoksessa ohrakoikkeella Jokioissa havainnoituna visuaalisesti 30 vrk ruiskutuksesta (14.7.2017)



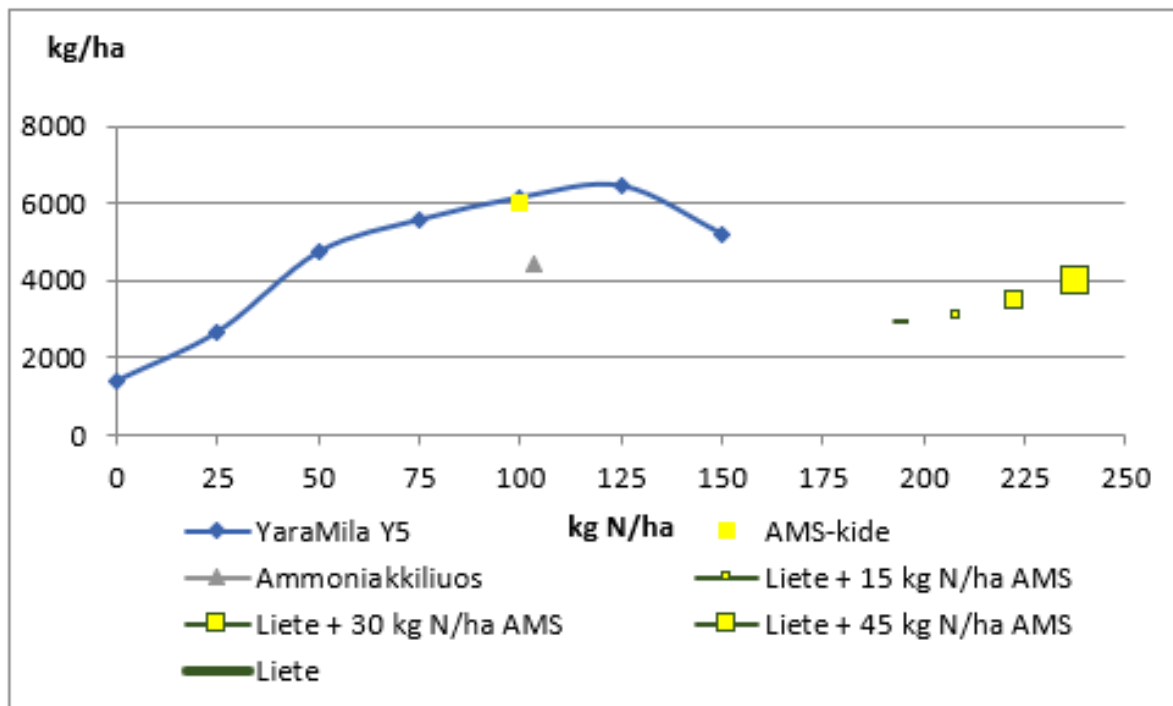
Kuvio 4. AMS + herbisidit kauralla, Jokioinen 2018. Käsittelyjen visuaalisesti havainnoitu teho rikkakasveihin 6.7.2018 (28 vrk ruiskutuksesta)



Kuvio 5. AMS + herbisidit ohralla, Jokioinen 2018. Käsittelyjen visuaalisesti havainnoinut teho rikkakasveihin 9.7.2018 (28 vrk ruiskutuksesta)

4.1.2. Kierrätyslannoitteiden käyttö nurmilla

Kasvukausi 2017



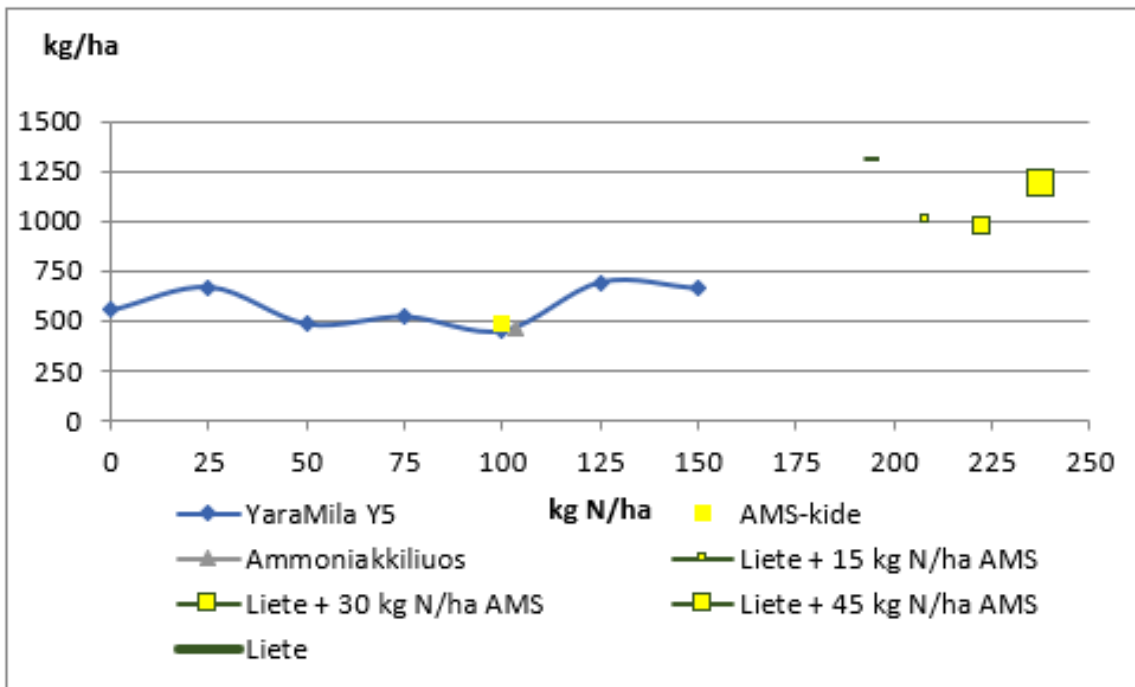
Kuvio 6. Toinen kuiva-ainesato vuonna 2017

Nurmen toinen kuiva-ainesato kasvoi vuonna 2017 typpitasolle 125 kg/ha saakka, jonka jälkeen se romahti (kuvio 6).

Laimealla ammoniakkiliuoksella saavutettu toinen kuiva-ainesato vastasi typpitasoa 45,7 kg/ha todellisen typpitason ollessa 103,5 kg N/ha kuiva-ainesadolla mitattuna, joten typen hyväksikäyttö oli vain 44,2 % (kuvio 6). Saatu kuiva-ainesato oli 29,1 % pienempi kuin käytetty typpitaso olisi edellyttänyt.

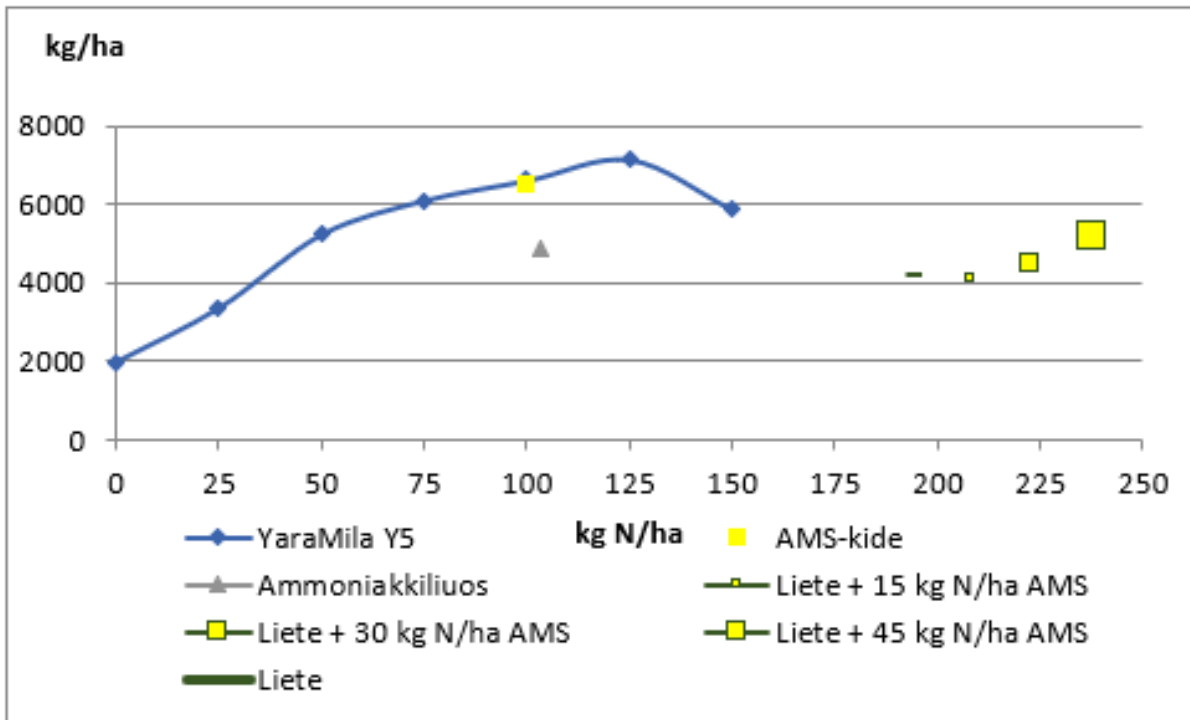
Kiteisellä ammoniumsulfaattilla saavutettiin typpitasolla 100 kg N/ha vain 2,2 % pienempi toinen kuiva-ainesato kuin ammoniumnitraattilannoitteella (kuvio 6). Saatu kuiva-ainesato vastasi typpitasoa 94,3 kg N/ha, joten typen hyväksikäyttö oli 94,3 % kuiva-ainesadolla mitattuna.

Lietelannalla saavutettu kuiva-ainesato 2888 kg/ha vastasi 27,5 kg N/ha typpitasoa todellisen typen anoksen ollessa 192,78 kg/ha (kuvio 6) Selkeästi ylisuuri lietelantamääräkään ei riittänyt tuottamaan kunollista nurmisatoa. Liukoisen typen hyväksikäyttö oli vain 14,3 % kuiva-ainesadolla mitattuna. Kun liete-
lannan lisäksi levitettiin ammoniumsulfaattia 15, 30 tai 45 kg N/ha vastaava määrä pian ensimmäisen niiton jälkeen kuiva-ainesato kasvoi suhteessa typpiannokseen 24,7 kg/kg N/ha. Typpilannoitus rakeisella ammoniumnitraattilannoitteella tuotti tuolla satotasolla 88,87 kg/kg N ha, joten ruikuttamalla levitetyn ammoniumsulfaatin typpilannoitusvaikutus oli varsin heikko.



Kuvio 7. Kolmas kuiva-ainesato vuonna 2017

Lietelantakäsittelyiden kolmannen niiton kuiva-ainesadot (kuvio 7) olivat hieman korkeammat kuin muiden käsittelyiden, mutta koska kolmannen niiton kuiva-ainesato oli varsin vaatimaton, se ei oleellisesti parantanut lietelantakäsittelyiden asemaan toisen ja kolmen niiton yhteisessä kuiva-ainesadossa (kuvio 8). Kiteisellä ammoniumsulfaattilla ja laimealla ammoniakkiliuoksella saatu kolmas kuiva-ainesato vastasi typpitasoa.



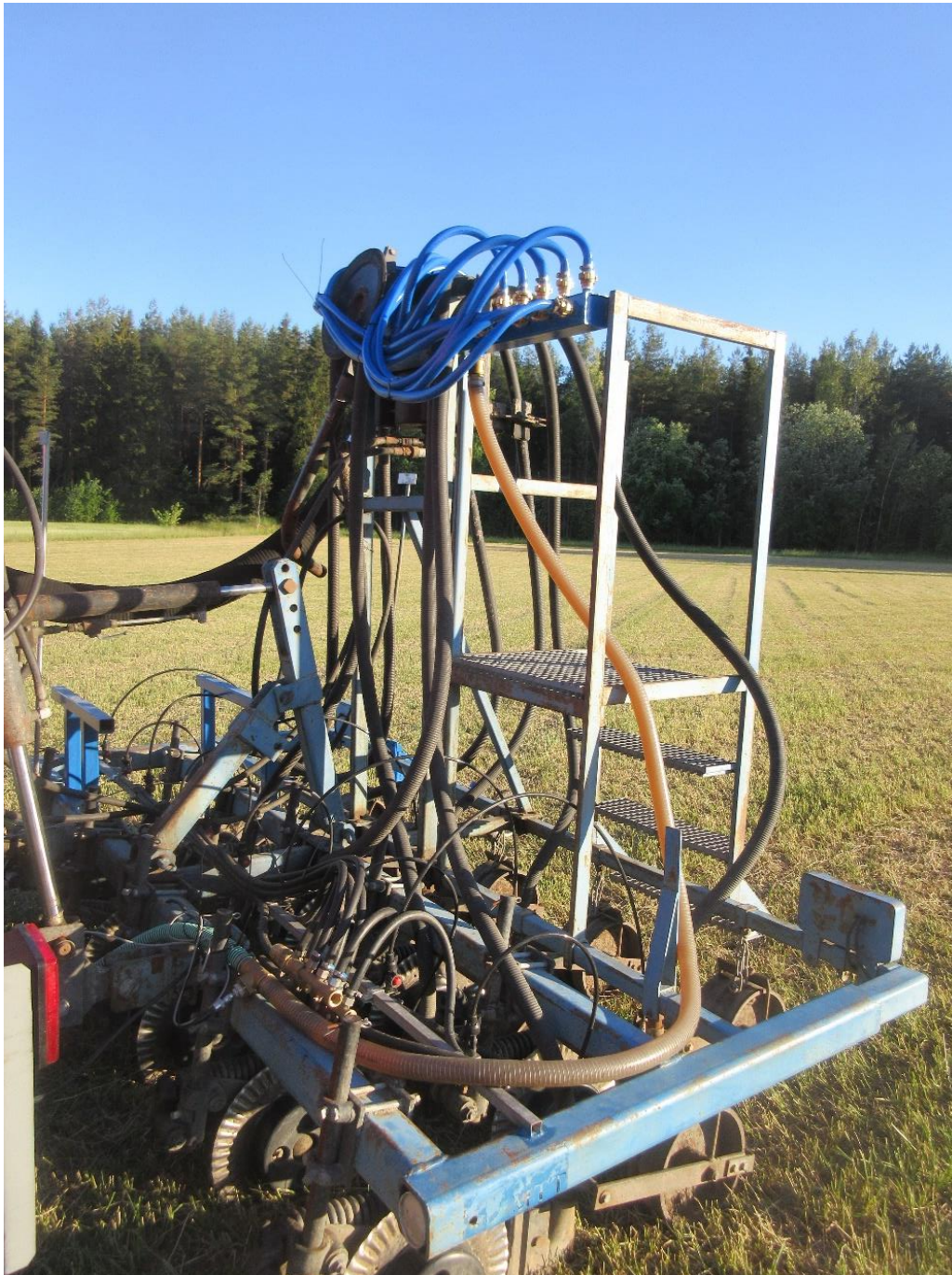
Kuvio 8. Toisen ja kolmannen niiton yhteinen kuiva-ainesato 2017

Kasvukausi 2018

Kasvukaudeksi 2018 saatiin rakennettua Livakka-lietevaunuun nestelannoitusjärjestelmä, jonka avulla sijoitettiin nurmeen laimeaa ammoniakkiliuosta (kuva 2). Järjestelmä tarvittiin, koska levitysmäärä (noin 5 m³/ha) oli selvästi pienempi kuin mitä lietelannalla käytetään.



Kuva 2. Pumppausjärjestelmä Livakka-vaunussa levitysmäärille noin 5 m³/ha.

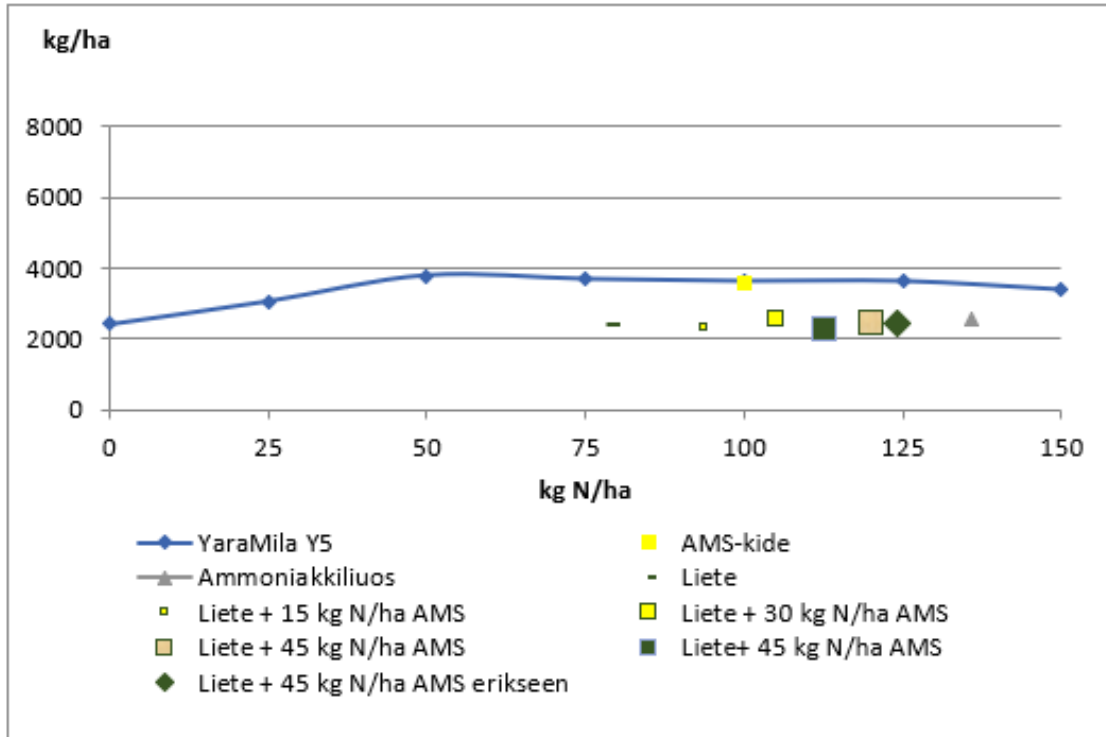


Kuva 3. Jakotukki levitysmäärille noin 5 m³/ha.

Nestelannoitusjärjestelmään kuuluu jakotukki (kuva 3), jonka avulla nestemäinen lannoite jaetaan tasan eri vantaisiin. Se perustuu kasvissuojeluruiskusta tuttuun tekniikkaan, mutta suuttimet ovat varsin suuret. Niiden halkaisija on 4,5 mm. Saimaista lietevaunu-sijoituslaitteyhdistelmää voitiin käyttää normaalin ta-paan lietelannan sijoitukseen.

Vuonna 2018 suurin toinen kuiva-ainesato saavutettiin jo typpitasolla 50 kg/ha (kuvio 9). Lannoittamatto-man käsittelynkin sato oli 2430 kg/ha kuiva-ainetta, kun vuoden 2017 lannoittamattoman käsittelyn sato oli vain 1408 kg/ha. Tämä johtui vuoden 2018 toukokuun ja kesäkuun alun kuivuudesta. Ensimmäisen

niiton sato ei ollut ehtinyt käyttää toukokuun alussa annettua 100 kg N/ha lannoitusta, vaan sitä jäi toisen niiton sadon käyttöön runsaasti.

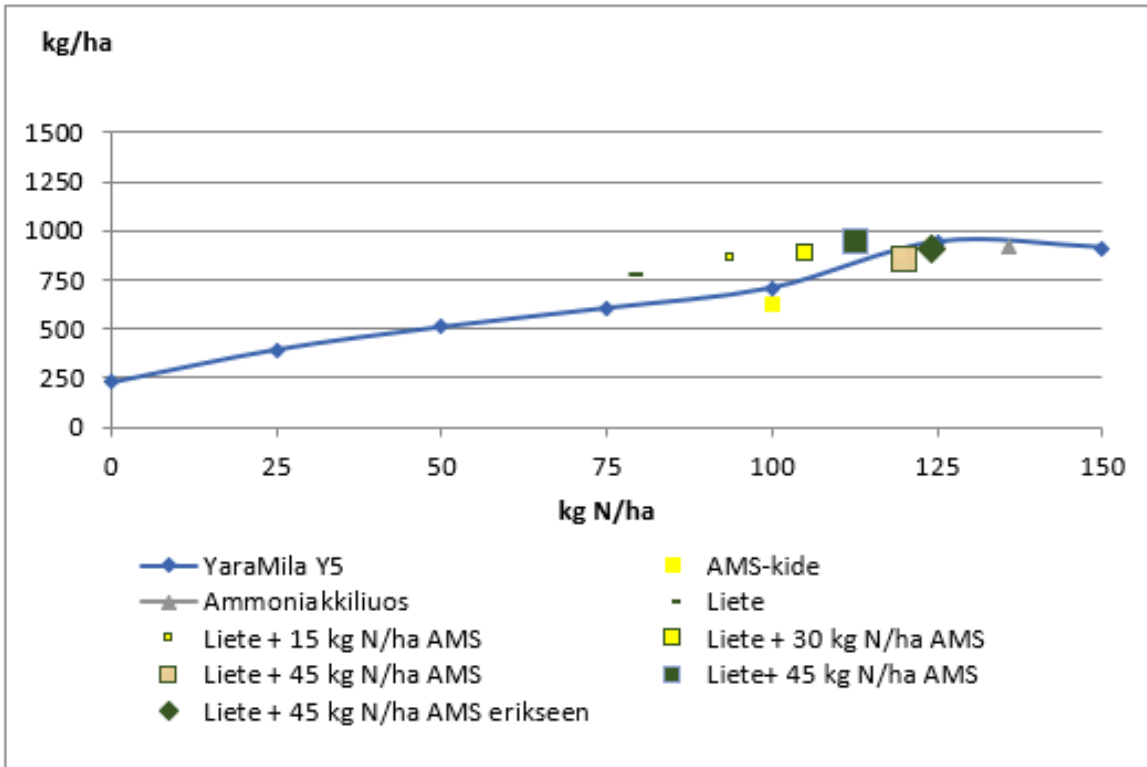


Kuvio 9. Toinen kuiva-ainesato vuonna 2018

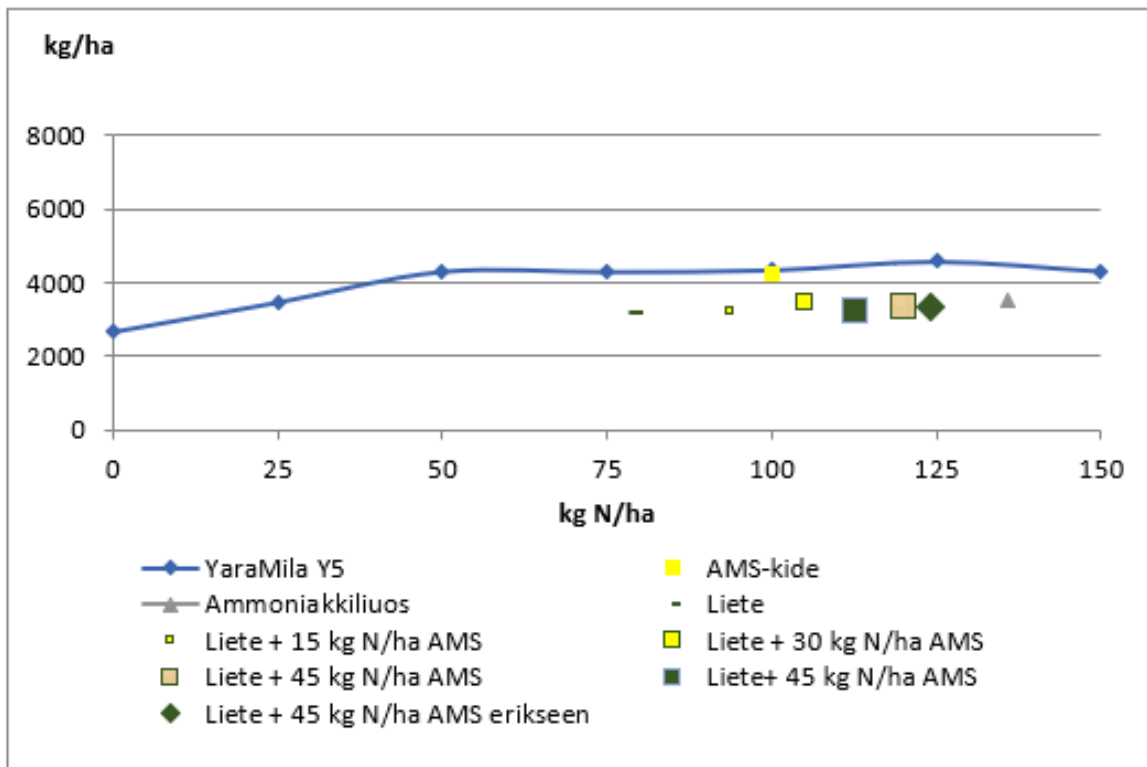
Kiteisen ammoniumsulfaatin tuottama toinen kuiva-ainesato oli vain 0,7 % pienempi rakeisen ammoniumnitraatin tyypin tuottama eli sama (kuvio 9). Lietelantakäsittelyt eivät asiallisesti ottaneet tuottaneet lainkaan sato lannoittamattomaan nähden. Pääsääntöisen sato oli huonompi kuin lannoittamattoman. Myöskään sijoitettu ammoniakkiliuos ei tuottanut juuri satoa. Sadonlisä, joka saatiin liukoisen tyypin annoksella 135,8 kg N/ha, oli vain 156 kg/ha.

Lietelanta ei tuottanut kasvukauden 2018 kuivissa oloissa sadon lisää toisessa niitossa lannoittamattomaan käsittelyyn nähden, vaan saattoi jopa huonontaa sitä (kuvio 9). Huonoimmaksi vaihtoehdoksi jäi ammoniumsulfaatin levittäminen lietalannan mukana. Pintaan starttityyppinä levitetyn nestemäisen ammoniumsulfaatin tyypin satovaste jäi varsin vaatimattomaksi suhteessa kiteisen ammoniumsulfaatin satovasteeseen.

Kolmannen niiton kuiva-ainesato kasvoi aina tyyppitasolle 125 kg/ha saakka ja oli verraten normaali määrältään (kuvio 10). Vuonna 2017 tyyppilannoituksen lisääminen ei juuri lisännyt kolmatta kuiva-ainesatoa. Kolmannen niiton kuiva-ainesato oli kaikilla käsittelyillä käytännössä tyyppitason mukainen. Lietelanta toi kolmannessa niitossa kuiva-ainesatoa tyyppiannostaan enemmän, mutta kolmannen niiton kuiva-ainesadon ollessa varsin pieni se ei juuri parantanut lietalantaa saaneiden käsittelyiden asemaa toisen ja kolmannen niiton yhteisessä kuiva-ainesadossa (kuvio 11). Vuonna 2018 toisen ja kolmannen niiton yhteinen kuiva-ainesato oli kolmanneksen vuoden 2017 toisen niiton satoa pienempi.



Kuvio 10. Kolmas kuiva-ainesato vuonna 2018



Kuvio 11. Toisen ja kolmannen niiton yhteinen kuiva-ainesato 2018

Kasvukausi 2019

Kasvukaudella 2019 lietelannan sijoituksesta oli luovuttu ja sen sijaan sijoitettiin väkevää ammoniakkiliuosta suorakylvökoneella (kuva 4).

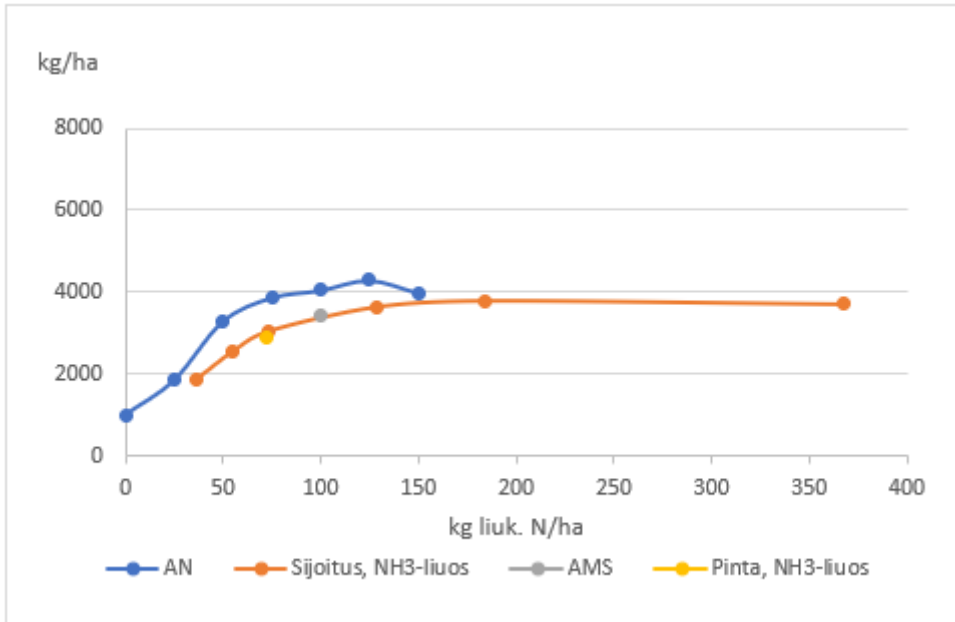


Kuva 4. Väkevän ammoniakkiliuoksen sijoitus nurmeen nestelannoitusvarustuksella olevalla suorakylvökoneella.

Toisessa niitossa saatiin rakeisella ammoniumnitraattilannoitteella parempi kuiva-ainesato samalla typpimäärällä kuin ammoniakkiliuoksella (kuvio 12). Sato kasvoi typpitasolle 125 kg/ha saakka. Sato ammoniakkiliuoksella oli eri typpitasoilla tietyn prosenttimäärän pienempi kuin rakeina annetun ammoniumnitraattilannoituksella. Typpitasoista suurin 368 kg N/ha oli selvästi yli nurmen käyttökyvyn, mutta jo seuraavaksi pienempi annos 184 kg N/ha oli määrältään järkevällä alueella ottaen huomioon typen tappio ja ilmeisesti sen viivästynyt hyväksikäyttö. Näiden kahden tekijän vaikutus alensi typen hyväksikäyttöä toisessa nurmisadossa siten, että hyväksikäyttö huononi typpimäärän kasvaessa. Pintaan levitetyn ammoniakkiliuoksen hyväksikäyttö ei ollut oleellisesti huonompi kuin vastaavan sijoitetun määrän.

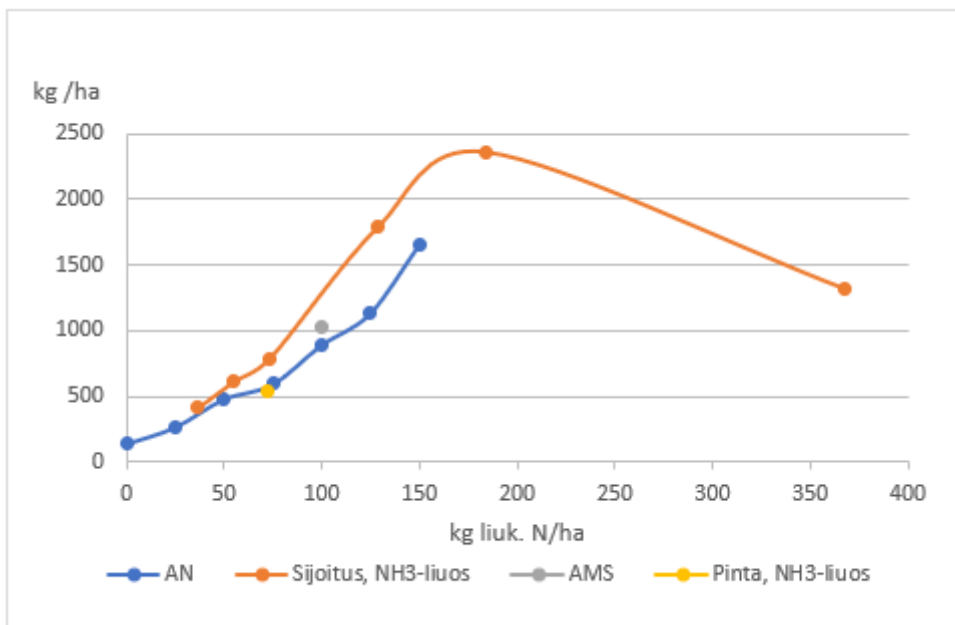
Toisen niiton sato myös kasvoi ammoniakkiliuoksella lannoitettaessa selvästi suuremmilla levitetyille typpimäärille kuin ammoniumnitraatilla lannoitettaessa täysin samaa tasoa kuitenkaan saavuttamatta. Ammoniakitappiota ei voitu kokonaan kompensoida annosta lisäämällä, vaan se johti lopulta sadon laskuun. Ammoniakitappio kasvaa oleellisesti, typpiannos kasvaa yli 73,6 kg/ha. Huomionarvoista oli myös se, että kasvinsuojeluruiskulla lannoitesuuttimien kautta levitetty ammoniakkiliuos tuotti käytännössä saman

sadon kuin sijoitettu. Tämä viittaa siihen, että käytetty sijoitustekniikka ei ollut tarpeeksi peittävä. Mitään muuta tekniikkaa ei kuitenkaan ollut käytettävissä.



Kuvio 12. Toinen kuiva-ainesato vuonna 2019

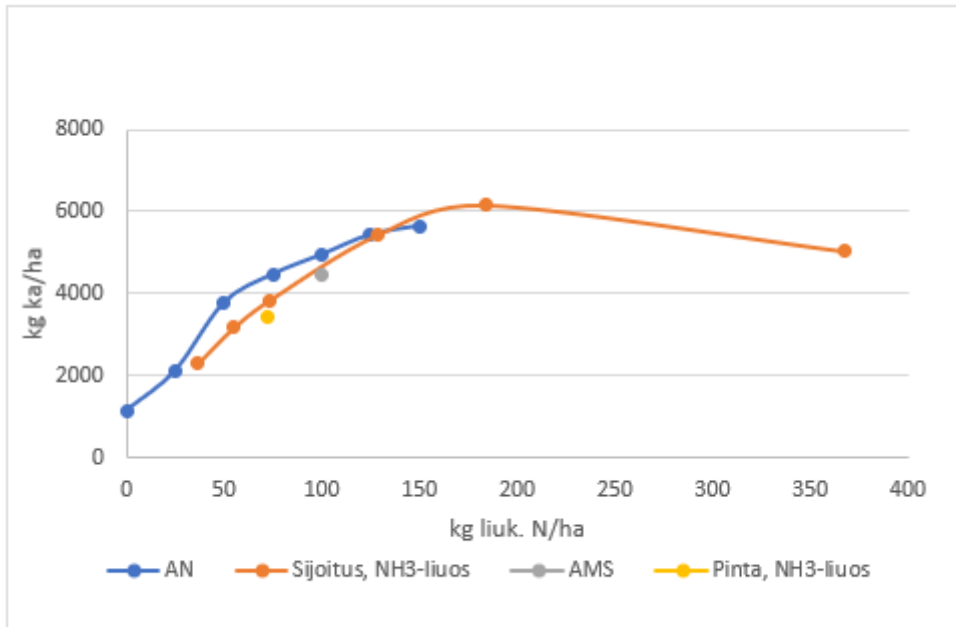
Kiteinen ammoniumsulfaatti tuotti kasvukaudella samalla typpimäärällä 15,1 % pienemmän kuiva-ainesadon kuin rakeinen ammoniumnitraattilannoitus (kuvio 12). Keskeisin syy tähän lienee ollut lannoituksen jälkeinen kuivuus, joka hidasti nurmen typensaantia pelkällä ammoniumtyppellä lannoitettaessa.



Kuvio 13. Kolmas kuiva-ainesato vuonna 2019

Vaikka toisen niiton sadossa näytti siltä, että ammoniakkiliuoksella lannoittamiseen ei liittynyt mitään typpensaannin hidastumiseen liittyvää ilmiötä, voidaan kolmannen niiton osalta todeta, että se todistaa ihan

päinvastaista (kuvio 13). Ammoniakkiliuoksella tehdyt sijoituslannoitukset tuottivat selvästi lähempänä ra-
keisella ammoniumnitraattilannoituksella saatua satoa olevat sadot. Typpitasolla 61,5 kg/ha ammoniakki-
tappio oli noin 30 %, typpitasolla 92,25 kg/ha 20 %, typpitasolla 123 kg/ha 25 %, typpitasolla 215,25 kg/ha
26 %, ja typpitasolla 307,5 kg/ha 30 %. Suurimmalla typpitasolla sato oli epätavallisen pieni.



Kuvio 14. Toisen ja kolmannen niiton yhteinen kuiva-ainesato 2019

III niiton kuiva-ainesadon osuus II ja III niiton kuiva-ainesadon summasta (kuvio 14) kasvoi selvästi suu-
rilla yli 75 kg N/ha ammoniumnitraattityppilannoitus tasoilla. On varsin ilmeistä, että II niitossa korjattu
kasvusto ei ollut ehtinyt hyödyntää I niiton jälkeen saamaansa typpilannoitusta, vaan osa siitä jäi III sadon
käyttöön. Suurin käytetty typpitaso ammoniumnitraattina oli 100 kg/ha I niiton kasvustolle, jonka päälle tuli
150 kg/ha ammoniumnitraattina. Yli 100 kg/ha typpeä II niiton sadolle toi lisäkasvua III niiton sadolle. Vas-
taavasti oli nähtävissä, että myös suurista sijoitetuista ammoniakkiliuosannoksista jäi II niiton sadolta
käyttämättä merkittävä osa. Suurimmillaan III niiton kuiva-ainesadon osuus II ja III niiton kuiva-ainesadon
summasta oli jopa 38,3%. On ilmeistä, että kaikki satotappio sijoitetusta ammoniakkiliuoslannoituksesta
ei johtunut ammoniakkitappiosta vaan osa johtui siitä, että sen vaikutus oli niin hidas, että II niiton sato ei
ehtinyt sitä täysimääräisesti hyödyntämään.

Ammoniakkiliuoksen käyttö sijoitettuna vaikutti selvästi tehokkaammin kolmannen niiton satoon (kuvio
13). Oli selvästi havaittavissa, että levitysmäärillä 750 – 1750 l/ha vastaten typpiannosta 55,2 – 128,8 kg
N/ha kolmas kuiva-ainesato vastasi noin 20 % suurempaa typpiannosta kuin ammoniumnitraattilannoit-
teella. Kolmas kuiva-ainesato kasvoi vielä annoksella 2500 l/ha ammoniakkiliuosta, mutta sen osalta on
vaikea tehdä vertailua ammoniumnitraattilannoitteeseen, koska sitä ei käytetty niin suurina määriä. Sen
sijaan ammoniakkiliuosannos 5000 l/ha vasten typpitasoa 368 kg/ha oli liikaa myös kolmannen niiton sa-
don kannalta. Se johti jo sadon alenemiseen. Pintaan ensimmäisen niiton jälkeen levitty ammoniakkiliuos
ei lisännyt kolmannen niiton satoa yli typpitasoaan vastaavan. Ammoniakkiliuoksella näyttäisi olevan sijoit-
tettuna viivästynyt typpilannoitusvaikutus, joka näkyy vasta kolmannessa kuiva-ainesadossa samalla ta-
valla kuin lantakäsittelyissä aikaisempina vuosina, kun levitys tehdään ensimmäisen niiton jälkeen. Näin
ollen osa toisessa niitossa näkyvästä ammoniumnitraattilannoitteen typen hyväksikäyttöä alemmasta ty-
pen hyväksikäytöstä on osittain viivästynyttä typen saatavuutta eikä totaalista häviötä ammoniakkina ai-
nakin kohtuullisilla typpitasoilla. Toisen ja kolmannen niiton yhteinen kuiva-ainesato oli jo typpitasolla noin
125 kg/ha sama kummallakin lannoitteella ja sitä suuremmilla typpitasoilla ammoniakkiliuos tuotti jo suu-
remman yhteisen kuiva-ainesadon. Kolmannen sadon osuus toisen ja kolmannen niiton sadoista kasvoi
typpitason ylittäessä 75 kg/ha. Ammoniakkiliuoksella kolmannen niiton sadon osuus oli suurempi kuin
ammoniumnitraattilannoituksella ja suurimmillaan 38,3 %. Myös ammoniumsulfaattilannoituksella

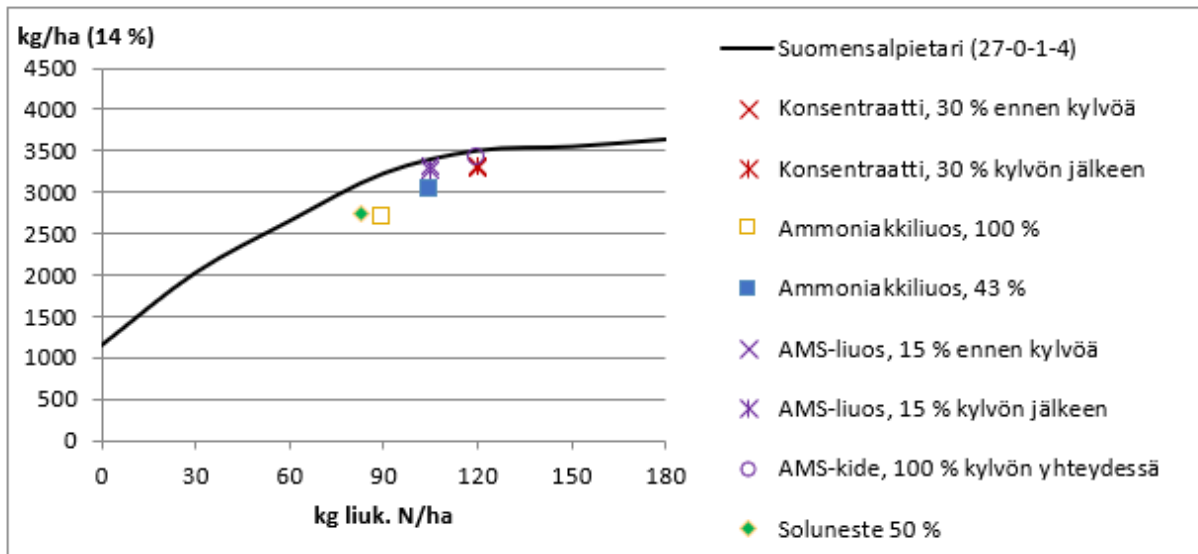
kolmannen niiton osuus yhteissadosta oli suurempi kuin ammoniumnitraattilannoituksella. Aggressiivisemmalla ammoniakkiliuoksen sijoituksella voitaisiin mahdollisesti lisätä sekä toisen että kolmannen niiton satoa, koska se vähentäisi ammoniakkitappioita ja kasvattaisi erityisesti kolmannen niiton satoa.

Yhteenveto nurmikokeesta

Ammoniumsulfaattistarttilannoituksesta ensimmäisen niiton jälkeen ei ollut juuri mitään hyötyä lannan tyypen hyväksikäytön parantamisessa. Nopeutunut jälkikasvu lisäsi lietalannan sijoituksen yhteydessä syntyvää tallaustappiota niin, että lietalanta olisi itse asiassa sijoitettava samaan aikaan kuin ilman starttilannoitusta tallaustappioiden välttämiseksi. Pienestä sadonlisästä kolmannes niitossa lietalantakäsittelyiden hyväksi ei ollut oleellista hyötyä kokonaisuuden kannalta. Laimean ammoniakkiliuoksen sijoittaminen letkulevityksen sijaan ei ollut riittävä toimenpide kuiva-ainesadon saamiseksi typpitaso edellyttämälle tasolle. Sen sijaan väkevä ammoniakkiliuos toimi yllättävän hyvin sekä sijoitettuna että lannoitesuuttimilla pintaa levitettynä. Sillä on selvä kehityspotentiaali lannoitekäytössä. Kiteinen ammoniumsulfaatti tuotti ammoniumnitraattilannoituksen kanssa samanlaisen sadon, kun levityksen jälkeen ei ollut sateetonta. Sen käyttö ainoana typpilannoitteena ei ole järkevää ja hyväksi ympäristölle seleenin puuttumisen ja suuren rikkiannoksen takia, koska ne yhdessä johtavat matalaan seleenipitoisuuteen ja vesistöjen suureen rikkiuormaan.

4.1.3. Kierrätyslannoitteiden käyttö viljoilla

Kasvukausi 2017



Kuvio 15. Sadot vehnäkoeksessa 2017

Typpitasoissa normisato kasvoi vuonna 2017 typpilannoituksen tavoitetasolle 120 kg N/ha selvästi (kuvio 15). Suuremmilla typpitaso ei juuri saatu satovastetta. Kaikki käsittelyt nestemäisillä kierrätyslannoitevalmisteilla tuottivat samalla typpitasolla pienemmän normisadon kuin käytetty rakeinen mineraalilannoite.

Ennen kylvöä levitty konsentraatti kylvön yhteydessä sijoitetun vertailulannoitteen lisäksi tuotti 5,9 % pienemmän sadon kuin vertailulannoite (kuvio 15). Sen sato vastasi typpilannoitusta 95,0 kg N/ha vertailulannoitteella ja tyypin hyväksikäyttö oli normisadolla mitaten 20,8 % pienempi kuin pelkällä vertailulannoitteella. Kasvustoon levitetyn konsentraatin satovaste oli hieman parempi kuin ennen kylvöä levitetyn. Sen sato vastasi 97,2 kg N/ha lannoitusta vertailulannoitteella todellisen typpitason ollessa 119,9 kg/ha, jolloin sen tyypin hyväksikäyttö oli normisadolla mitaten 18,9 % huonompi kuin pelkällä vertailulannoitteella. Kun ottaa huomioon sen, että näissä koejäsenissä kylvön yhteydessä annettiin 90 kg N/ha

vertailulannoitteena ja konsentraatista tuli vain 29,9 kg N/ha, konsentraatista saatiin varsin vähän lisäsa-
toa. Tuosta määrästä 29,9 kg N/ha tuli hyödynnettyä vain 5,0 tai 7,2 kg N/ha eli 25,1 tai 36,2 %, ennen
kylvöä ja kasvustoon levitetynä vastaavasti.

Pelkällä laimean ammoniakkiliuoksella ennen kylvö lannoitetun vehnän sato vastasi 61,5 kg N/ha lannoi-
tusta todellisen typpitason ollessa 90,0 kg/ha (kuviot 15). Sato oli 16,7 % pienempi kuin vertailulannoit-
teella samalla typpitasolla. Typen hyväksikäyttö oli normisadolla mitaten 68,3 %. Laimean ammoniakkiliu-
oksen typpipitoisuus oli 25 % pienempi kuin sen odotettiin olevan toimittajalta saadun ennakkotiedon pe-
rusteella, joten typpitaso jäi vastaavasti alle tavoitetason. Sen liukoisen typen pitoisuus oli vain 1,5 %.

Kun puolet laimean ammoniakkiliuoksen tyyppistä korvattiin vertailulannoitteen tyyppillä, sato vastasi typpita-
soa 77,2 kg N/ha todellisen typpitason ollessa 105,0 kg/ha (kuviot 15). Sato oli 11,2 % pienempi kuin ver-
tailulannoitteella samalla typpitasolla. Tästä 60 kg/ha oli vertailulannoitteen tyyppiä. Tällöin ammoniakkiliu-
oksen typen hyväksikäyttöksi tuli vain 38,2 % normisadolla mitaten.

Ennen kylvöä vertailulannoitteen lisäksi levitetyn ammoniumsulfaatin sato vastasi typpitasoa 97,8 kg/ha
todellisen typpitason ollessa 104,9 kg/ha (kuviot 15). Sato oli 3,7 % pienempi kuin vastaavalla määrällä
pelkkää vertailulannoitetta. Ammoniumsulfaatin typen hyväksikäyttö oli vain 52,3 % normisadolla mitaten.
Kasvustoon rikkakasvien torjuntavaiheessa vertailulannoitteen lisäksi ruiskulla levitetyn ammoniumsulfaa-
tin sato vastasi 93,5 kg N/ha lannoitustasoa todellisen typpitason ollessa 104,9 kg/ha. Sato oli 3,7 % pie-
nenempi kuin pelkällä vertailulannoitteella tällä typpitasolla. Ammoniumsulfaatin typen hyväksikäyttö oli vain
24,8 % normisadolla mitaten. Kiteisen kylvön yhteydessä sijoitetun ammoniumsulfaatin sato vastasi typpi-
tasoa 105,1 kg N/ha. Sato oli 2,8 % pienempi kuin vertailulannoitteella tällä typpitasolla. Ammoniumsul-
faattikiteen typen hyväksikäyttö oli 87 % normisadolla mitaten. Ammoniumsulfaattiliuoksen typpipitoisuus
vastasi ennakkotietoa erittäin hyvin, joten sillä saatu typpitaso vastasi tavoiteltua. Kiteisen ammoniumsul-
faatin typpipitoisuutta ei mitattu, vaan luotettiin sen tuotetietoihin. Vedettömän ammoniumsulfaatin typpi-
pitoisuus ei voi olla muu kuin 21 %.

Ennen kylvö vertailulannoitteen lisäksi levityn konsentroidun perunan solunesteen sato vastasi typpitasoa
63,7 kg N/ha todellisen typpitason ollessa 82,7 kg/ha (kuviot 15). Sato oli 12,0 % pienempi kuin vastaa-
valla määrällä vertailulannoitetta. Koska käsittely sai 60 kg N/ha kylvönyhteydessä vertailulannoitetta, so-
lunesteestä tullut typpimäärä oli 22,7 kg/ha. Solunesteen typen hyväksikäyttö oli vain 16,3 % nor-
misadolla mitattuna. Konsentroitua perunan solunestettä käytettäessä typpitaso jäi solunesteen osalta
noin kolmannekseen tavoitteesta.

Nestemäisten kierrätyslannoitteiden typen hyväksikäyttö oli vuonna 2017 yleisesti varsin huono. Hieman
yllättäen nestemäisten kierrätyslannoitteiden sarjassa laimea ammoniumtyppi tuotti parhaan typen hyväk-
sikäytön, kun se oli ainoana typen lähteenä. Tällöin suhteellinen satotappio oli kuitenkin suurempi kuin
käyttämällä vertailulannoitetta osana typpilannoitusta. Selvästi paras typen hyväksikäyttö kierrätyslannoit-
teista saatiin kiteisellä ammoniumsulfaatilla.

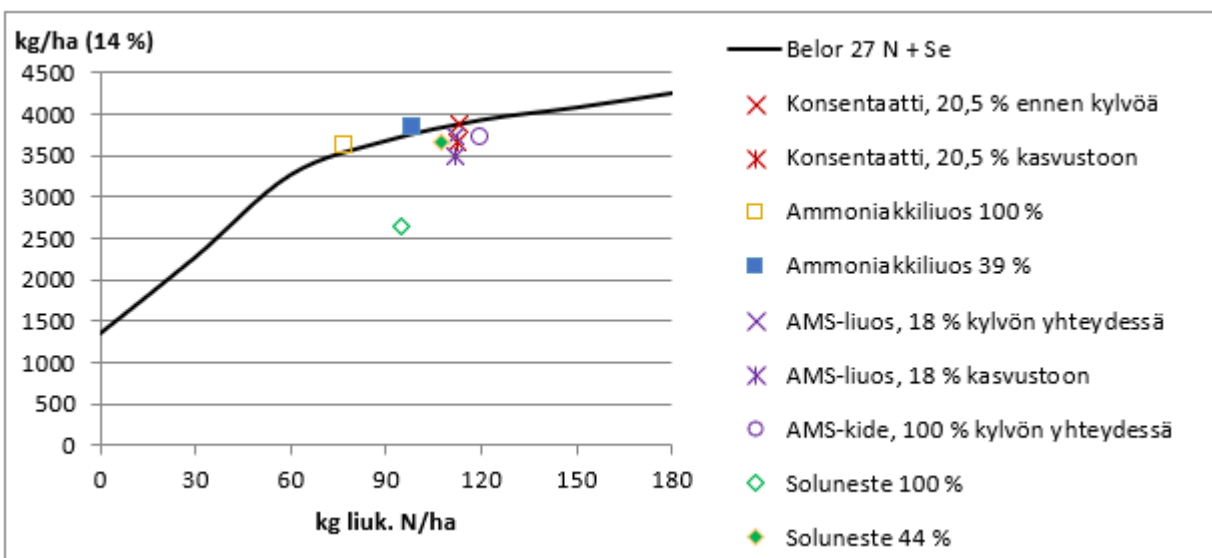
Kasvukausi 2018

Kasvukaudella 2018 päästiin ensimmäistä kertaa sijoittamaan nestemäistä kierrätyslannoitetta viljapel-
toon kylvön yhteydessä. Sijoitus tehtiin Tume NovaCombiin rakennetulla nestelannoitusjärjestelmällä
(kuva 5). Merkittävä osa sen osista oli yhteisiä Livakka-lietevaunun järjestelmän kanssa. Periaatteessa
tarkoitus oli, että järjestelmä sopisi mihin tahansa kylvölannoittimeen.



Kuva 5. Nestelannoitusta Tuma NovaCombi-suorakylvökoneella Kaarinan Ytöisissä vuonna 2018

Rakeinen mineraalilannoite tuotti vuonna 2018 satoa lisää varsin jyrkästi tasolle 60 kg N/ha saakka (kuvio 16). Sadon jyrkkä kasvu katkesi alemmalla typpitasolla kuin vuonna 2017 mutta sato kasvoi suurilla typpitasoilla enemmän. Tavoitetasolla sadot olivat noin 500 kg/ha suurempia kuin vuonna 2017.



Kuvio 16. Sadot vehnäkokeessa 2018

Konsentraatti tuotti ennen kylvö kastelukannulla tasausäestettyyn mullokseen lisättynä hieman, 0,6 % ali typpitasonsa 113,2 kg N/ha mukaisen sadon, kun siitä tulleen liuoksen typen annos oli 20,5 % liukoisen typen kokonaisannoksesta (kuvio 16). Sato vastasi 109,8 kg N/ha lannoitusta, joten typen hyväksikäyttö oli 97,0 % normisadolla mitattuna. Sen sijaan kasvustoon levitettyä siitä ei tullut käytännössä lainkaan sadon lisää, kun siitä tulleen liuoksen typen annos oli 20,5 % liukoisen typen kokonaisannoksesta, koska sato (3664 kg/ha) oli hieman pienempi mutta käytännössä sama kuin käsittelyyn jo kylvön yhteydessä 90 kg N/ha rakeisena mineraalilannoitteena saaneen käsittelyn sato (3687 kg/ha). Typpitasoon nähden satotappio oli 5,8 %.

Levitettäessä laimea ammoniakkiliuos ainoana typen lähteenä ennen kylvöä sato (3612 kg/ha) vastasi 83,6 kg N/ha rakeisena mineraalilannoitteena saaneen käsittelyn satoa todellisen typpitason ollessa 77,4 kg/ha (kuvio 16). Se tuotti siten 2,2 %:n sadon lisän suhteessa typpitasoonsa. Kun sen osuus typpilannoituksesta oli puolet, sato (3822 kg/ha) vastasi 103,9 kg/ha typpitasoa todellisen typpitason ollessa 98,7 kg N/ha, jolla sai vertailulannoitteella lannoitettuna satoa 3775,6 kg/ha. Satoa tuli 1,2 % lisää. Tämä kaikki tulee laimean ammoniakkiliuoksen hyväksi, joten sadonlisä sen osuudelle typpilannoituksesta oli 8,5 %.

Kun nestemäinen ammoniumsulfaatti (300 l/ha) sijoitettiin kylvön yhteydessä, sen osuuden typpilannoituksesta ollessa 20,5 %, sato 3728 kg/ha oli 4,0 % pienempi kuin typpitaso 111,8 kg/ha edellyttäisi vastaten typpitasoa 93,9 kg/ha (kuvio 16). Typen hyväksikäyttö oli siten 84,0 % normisadolla mitattuna. Ottaen huomioon se, että ammoniumsulfaatista tuli 21,8 kg N/ha ja että sadonlisä vastasi typpimäärää 3,9 kg/ha, sen tyyppistä tuli hyödynnettyä vain 17,9 % normisadolla mitattuna. Kun ammoniumsulfaatti (300 l/ha) levitettiin kasvustoon ruiskuttamalla, se tuotti huonomman sadon kuin ilman tätä lisälannoitusta. Typpitasoon nähden satotappio oli 6,4 %. Ennen lisälannoitusta odotettavissa olleeseen satoon nähden tappio oli 4,8 %. Lähes samaan satotulokseen kuin vertailulannoitteella päästiin käyttämällä lannoitukseen vain kiteistä ammoniumsulfaattia sadon ollessa 5,8 % pienempi kuin typpitaso edellyttäisi. Huonoin vaihtoehto ammoniumsulfaatin käytölle oli sen ruiskutus kasvustoon rikkakasvien torjuntavaiheessa viuhkasuuttimella 20 %:n osuutena typpilannoituksesta kuitenkin ilman rikkakasvien torjunta-ainetta tankkiseoksessa.

Konsentroidu perunan soluneste toimi huonosti ainoana typen lähteenä (kuvio 16). Sen sato (2640 kg) vastasi 40,7 kg N/ha lannoitusta, vaikka typpiannos oli 94,6 kg/ha. Typpitaso olisi edellyttänyt 3735 kg/ha satoa. Satotappio oli 29,3 %. Typen hyväksikäyttö oli vain 43,0 % normisadolla mitattuna. Kun konsentroidun perunan solunesteen osuus oli vain 44 % typpiannoksesta, sen sato (3652 kg/ha) vastasi 86,9 kg N/ha lannoitusta todellisen lannoitustason ollessa 107,3 kg/ha, joka edellyttäisi satotasoa 3851 kg/ha. Satotappio oli siten 5,2 % ja typen hyväksikäyttö 81,0 % normisadolla mitattuna. Koska satotappio syntyi pelkästään solunesteen käytöstä, satotappio voidaan kohdistaa pelkästään sille, jolloin se on 34,8 %. Solunesteen typen hyväksikäytöksi jäi 56,8 % normisadolla mitattuna.

Nestemäiset kierrätyslannoitteen menestyivät vuonna 2018 paremmin kuin vuonna 2017 (kuvio 16). Ennen kylvöä levitty konsentraatti menestyi hyvin. Laimea ammoniakkiliuos menestyi hyvin ainoan typen lähteenä ja osana sitä. Ammoniumsulfaatti ei menestynyt kovin hyvin vuonna 2018 kasvustoon ruiskutettuna. Analyysitietojen perusteella se oli hyvin hapanta, mikä saattoi olla syynä huomattavaan polttovioitukseen. Konsentroidu perunan soluneste ei menestynyt kovin hyvin myöskään vuonna 2018.

Kasvukausi 2019

Kasvukaudella 2019 viljakokeissa käytettiin GreatPlains-suorakylvökoneetta, jonka järjestelmät oli saatu valmiiksi kasvukauden alussa. Järjestelmä on varsin samanlainen kuin Tume NovaCombissa, mutta pumppaus tapahtuu kasvinsuojeluruiskun pumpulla. Kone on myös selvästi ketterämpi kuin Tume ja sillä kylvetyt kasvustot orastuivat kuivalla kasvukaudella 2018 selvästi paremmin kuin Tumella kylvetyt.

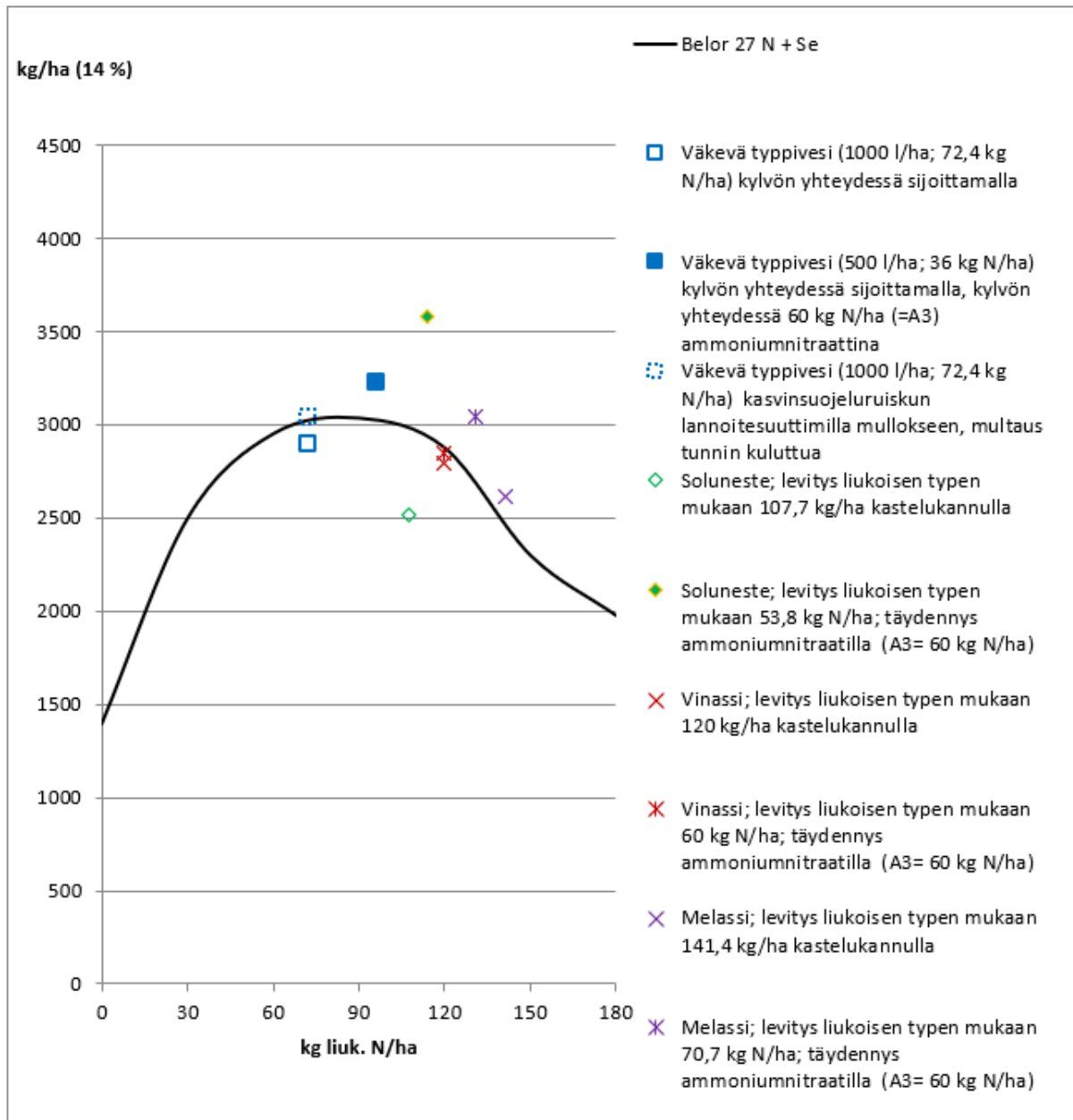


Kuva 6. Nestelannoitusta GreatPlains-suorakylvökoneella Kaarinan Yltöisissä vuonna 2019

Vuoden 2019 kenttäkokeiden tulosten tulkintaa vaikeuttaa se, että suurimmat typpitasot orastuivat huonosti sadetuksesta huolimatta. Tuotantofunktiossa satotasot alkavat taittua jo tasolla 60 kg N/ha ja suurimmat sadot saatiin typpitasolla 90 kg N/ha, joka on alle tavoitteena olleen tason 120 kg/ha (kuvio 17). Lisäksi eri toistojen käyttäytyminen lohkokokeessa on hyvin erilainen, mikä lisää hajontaa. Vielä tasolla 60 kg N/ha kaikki toistot tuottivat varsin samanlaisia satoja samalla typpitasolla. Sitä suuremmilla typpitasoilla I ja III toiston sadot laskivat. Sen sijaan toistot II ja IV tuottivat lisäsatoa vielä typpitasolle 90 kg N/ha saakka. I ja III toiston satohuippu oli jossain 30 ja 60 kg N/ha välissä ja II ja IV toiston jossain 90 ja 120 kg N/ha välissä. Tämä johtuu nimenomaisesti huonosta orastumisesta eikä typen puutteesta tai liiallisesta määrästä sinänsä. Typen määrä on kuitenkin vaikuttanut niin, että se nosti maassa suolaväkevyyttä niin, että kosteus ei riittänyt samassa vaossa olevan vehnänsiemenen itämiseen. Lannoiterakeet ovat ilmeisesti imeneet kosteutta muutenkin itseensä, mikä heikensi tilannetta entisestään. Yleensä tällainen ilmiö johtuu suurten typpitasojen aiheuttamasta lakoontumisesta. Aineiston perusteella voidaan kuitenkin tehdä vertailuja eri lannoitteilla käsittelyn, jossa koko typpiannos annettiin kyseisenä tuotteena, ja käsittelyn, jossa toinen puoli annettiin rakeisena mineraalilannoitteena. 60 kg N/ha mineraalilannoitteena ei näyttänyt olevan oleellinen ongelma orastumisen kannalta eikä yhteisvaikutuskaan näyttänyt olleen ongelma.

Ammoniakkiliuos tuotti yllättävän hyvän sadon ottaen sen korkea pH ja ammoniakkipitoisuus (kuvio 17). Typpiannoksen jakamisesta sen ja mineraalilannoitteen kesken oli hyötyä. Se ei johtanut huonoon orastumiseen suuremmallakaan typpitasolla. Pintalevitys lannoitesuuttimilla tuotti typpitasoaan vastaavan sadon sijoituksen tuottaessa hieman pienemmän sadon. Myös sijoittamisesta oli hyötyä suhteessa levittämiseen lannoitesuuttimilla pintaan, vaikka sekin vaihtoehto menestyi yllättävän hyvin.

Konsentroidun perunan solunesteen typpi tuotti huonosti sato, jos se oli ainoana typen lähteenä (kuvio 17). Kun sitä sen sijaan käytettiin vain osa typen tarpeesta sato oli paras. Ilmeisesti jakamalla päästiin suurempaan typpiannokseen orastumisen siitä kärsimättä. Ottaen huomioon suuri kaliumin määrä sitä ei kannatakaan käyttää ainoana typenlähteenä ja annos voisi olla selvästi pienempi kuin käytetty puolian-
nos.



Kuvio 17. Sadot vehnäkokeessa 2019

Vinassin tapauksessa typpiannoksen jakamisesta sen ja mineraalilannoitteen kesken ei ollut hyötyä (kuvio 17). Sato oli sama kummassakin tapauksessa. Vastaava sato saatiin pelkällä mineraalilannoitteella kyseisellä typpitasolla. Tällä perusteella vinassi korvasi hyvin mineraalilannoitteen tyypeä.

Melassin tapauksessa jakamisesta oli hyötyä, mutta hyöty ei ollut yhtä suuri kuin konsentroidun perunan solunesteen tapauksessa (kuvio 17).

Normaalit typpitasot olivat vuonna 2019 myrkyä vehnälle. Väkevän ammoniakiliuoksen mukana tulleen typen määrä jäi vahingossa suunniteltua alemmalle tasolle kuin oli tarkoitettu. Sen pitoisuuden suhteen luotettiin toimittajan ilmoitukseen, mutta todellinen pitoisuus oli vain 55 % siitä, joten liukoisen typen annos jäi vahingossa onneksi tavallista alemmalle tasolle, mikä takia sen käytöstä voidaan vetää melko

pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Se todella lupaava typenlähde pintaankin levitettynä. Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että erityisesti vinassin typpi haittasi näissä olosuhteissa orastumista samalla lailla kuin mineraalilannoite. Melassilla vaikutus ei ollut yhtä suuri. Sen sijaan konsentroidun perunan solunesteen ja ammoniakkiliuoksen typpellä ei ollut tällaista orastumista haittaavaa vaikutusta.

4.1.4. Demonstraatiot Mynämäessä ja Piikkiössä

Ammoniumsulfaattikide starttilannoitelaatikon kautta

Vuonna 2017 perustettiin Mynämäkeen kenttäkoetasoinen demonstraatio, jossa selvitettiin rakeisen ammoniumsulfaatin käyttöä osana vehnän typpilannoitusta. Koe perustettiin 17.5. Siinä oli kaksi käsittelyä, joista toinen sai vain Suomensalpietaria 420 kg/ha (112,6 kg N/ha) ja joista toinen sai Suomensalpietaria 340 kg/ha ja 100 kg/ha kiteistä ammoniumsulfaattia (112,1 kg N/ha). 100 kg/ha kiteistä ammoniumsulfaattia saatiin levitettyä asetuksella 7.0. Täällä säädöllä säiliöllinen riittää noin kolmelle hehtaarille, mikä on riittävän pitkä täyttöväli. Suurimmalla asetuksella olisi saatu levitettyä 128 kg/ha ammoniumsulfaattia. Pelkästään Suomensalpietaria käytettäessä ammonium- ja nitraattitypen osuudet ovat 54,5 % ja 45,5 %. Kun mukana on edellä mainittu määrä ammoniumsulfaattia osuudet ovat 63,0 ja 37,0 %. Koe perustettiin käyttäen starttilannoitelaatikolla varustettua Tume NovaCombi 3000-suorakylvökonetta (kuva 7). Koeruu-
tujen leveydeksi tuli tämän takia 3,0 metriä.

Vehnäsadot olivat käytännössä samat kummallakin lannoituskäsittelyllä. Mitatut sadot olivat 4061 kg/ha (pelkkä salpietari) ja 3926 kg/ha. Jälkimäinen on 3,3 % pienempi. Myöskään puintikosteuksissa ei ollut eroa. Ne olivat 20,4 % (pelkkä salpietari) ja 20,1 %.



Kuva 7. Starttilannoitelaatikolla varustettu Tume NovaCombi Mynämäen demonstraatioissa vuonna 2017

Ammoniumsulfaattilisälannoitus rikkakasvien torjuntavaiheessa

Ammoniumsulfaatin lisäystä kasvustoon rikkakasvien torjuntavaiheessa, mutta ilman sitä, tutkittiin niin ikään samalla lohkolla samaisella vehnällä käyttäen viuhka- ja lannoitesuuttimia kenttäkoetason demonstraatioissa. Kasvustoon ruiskutettiin 200 l/ha ammoniumsulfaattiliuosta, jonka mukana tuli noin 15 kg N/ha. Viuhka- ja lannoitesuuttimilla levitys olivat pääruututekijöinä ja jokaisen käsitellyn ruudussa oli osaruutuna käsittelemätön ruutu.

Lisälannoituksesta saatu sadon lisä oli varsin vaatimaton. Lannoitesuuttimella levitetynä sadonlisä oli 2,0 % ja viuhkasuuttimella 1,4 %. Tämän lisäksi Lannoitesuuttimilla valkuaispitoisuus nousi 0,33 %-yksikköä ja viuhkasuuttimella 0,19 %-yksikköä. Sadon arvon lisäys tuskin kattoi käsittelyn kustannuksia.

Jotta lisälannoituksilla saavutettaisiin oleellinen valkuaispitoisuuden nousu, typpiannoksen on oltava hyvin suuri. Kaksi kertaa 14,7 kg/ha tuotti sadon, jossa valkuaispitoisuus oli 16,5 % ja kaksi kertaa 29,6 kg N/ha tuotti sadon, jonka valkuaispitoisuus oli 19,0 %. Näin suuria typpimääriä ei voi ainakaan maatalouden ympäristökorvauksen ehdoilla käyttää.

Laimaa ammoniakkiliuos ja konsentraatti ohrakasvustoon

Juhani Viljakaisen pellolle Mynämäen Taka-Nihattulaan (Raivonhaantie 79-97) VT8-tuntumaan perustettiin kenttäkoetason demonstraatio, jossa demonstroitiin laimean ammoniakkiliuoksen ja konsentraatin käyttö osana ohran lannoitusta. Kumpaakin käytettiin määrä, joka vastasi 20 kg liuk. N/ha. Ne levitettiin kasvustoihin kastelukannuilla letkulevitystä imitoiden vasta 21.6. Kylvön yhteydessä 26.5. (Tume Nova-Combi 3000) annettiin 70 kg N/ha rakeisena mineraalilannoitteena. Lisäksi kokeeseen kuului typpitasot 0, 70 ja 90 kg N/ha. Imitointi tapahtui käytännössä kastelukannuilla levittämällä. Levitysmäärä (3 – 4 m³) on hankalan pieni nykyisiä letkulevittämiä ajatellen. Tämän suuruisia levitysmääriä varten kehitettiin myöhemmin järjestelmä laimean ammoniakkiliuoksen nurmeen sijoittamista varten. Sitä voidaan yhtä hyvin käyttää letkulevitykseen. Demonstraatioissa käytettiin myös konsentraattia. Sen järkevä käyttömäärä on kuitenkin vain noin 1 m³/ha sen sisältämän suuren rikkimäärän takia. Käytännössä siinä on rikkiä yhtä paljon kuin tyypeä, jolloin sen käyttö on varsin samanlaista kuin ammoniumsulfaatin. Siitä tuleva typpimäärä on tällöin vain noin 20 kg/ha.

Typpitasoissa suurin sato saatiin typpilannoituksen ollessa suurimmalla tasolla 90 kg N/ha ja sato olisi mitä todennäköisimmin kasvanut edelleen, jos typpilannoitusta olisi lisätty. Ympäristökorvauksen ehdoissa sallittu typpitaso olisi saanut olla 100 kg N/ha (vm kHt) eli hieman enemmän eikä ainakaan nämä satotasot olisi oikeuttaneet satotason mukaiseen korjaukseen typpilannoituksessa. Puintikosteus laski suurimmalle typpitasolle asti. Kaikkien suurin sato saatiin antamalla kasvustoon lisälannoitus konsentraattina. Sillä saatiin 3,8 % suurempi sato kuin käsittelyn typpitaso olisi edellyttänyt. Ammoniakkiliuoksenakin annettu lisälannoitus lisäsi satoa, mutta ei ihan typpimäärän edellyttämälle tasolle. Sato oli 7,1 % pienempi kuin typpitaso olisi edellyttänyt.

Ammoniumsulfaatti sokerijuurikkaalla maan viljavuusrikin ollessa matala

Ammoniumsulfaatin mukana tuomasta rikistä saattaa olla jollain erikoiskasveilla hyötyä, jos maan viljavuusriikki on huono. Näin kävi Piikkiössä sokerijuurikkaalla, joka sai 14,7 kg/ha tyyppiä vastaavan annoksen ammoniumsulfaattia eli 16,9 kg S/ha peruslannoitteen mukana tulleen rikin lisäksi. Syksyllä juurikkaiden noston jälkeen otetuissa maanäytteissä viljavuusriikki oli välttävä (8,0 mg/l) ammoniumsulfaattia saaneissa ja sitä ilman jääneissä käsittelyssä. Ilmeisesti rikin lisäannoksesta oli hyötyä kasvustolle, mutta se riittänyt nostamaan maan viljavuusriikkiä edes syksyllä otetuissa näytteissä.

4.1.5. Soilfoodin astiakasvatuskokeet ja tilademonstraatiot

Soilfoodin toteuttamissa astiakasvatuskokeissa sekä Myrskylässä Tattarin tilalla totutetussa tilademonstraatioissa selvitettiin jaetun lannoituksen vaikutusta nestelannoituksen onnistumiseen. Astiakasvatuskoe toteutettiin esikokeena myöhemmin toteutetulle tilademonstraatiolle. Väkevien orgaanisten nestelannoitteiden käyttömäärät ovat tyypillisesti haastavia levittää tiloilta löytyvällä levityskalustolla. Järkevä

käyttömäärä on yleensä muutamia kuutioita hehtaarille, mikä on selkeästi enemmän kuin mitä kasvun-suojeluruiskulla pystytään kerta-ajolla levittämään, mutta toisaalta huomattavasti alhaisempi kuin lietteen-levityskalustolle soveltuva lannoitusmäärä. Astiakasvatuskokeessa ja demonstraatiossa selvitettiin, miten lannoitusmäärän jakaminen ruiskuttamalla levitettävissä oleviin kertamääriin (1 m³) vaikuttaa kevätveh-nän kasvuun.

Molemmissa kokeissa parhaiten menestyi kylvön yhteydessä koko lannoitusmäärän saanut koejäsen. Näin ollen on suositeltavaa levittää orgaaniset väkevät nestelannoitteet kerta-annoksena suoraan kylvön yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen, mikäli käytettävissä oleva levitystekniikka tämän mahdollistaa. Demonstraatiossa tulosten tulkintaa tosin hankaloittaa suunniteltua myöhemmin toteutunut jaettu lannoi-tus, mikä edelleen huonontaa jaetulla lannoituksella saavutettua lannoitusvaikutusta.

Suittion tilalla Huittisissa toteutetussa toisessa demonstraatiossa selvitettiin lietalannan väkevöintiä väke-villä orgaanisilla nestelannoitteilla, sekä ammoniumsulfaatin lehtilannoituskäyttöä. Levityshaasteiden vuoksi yksi käyttökelpoisimmista tavoista väkevien nestelannoitteiden käyttöön on lietalannan väkevöinti. Väkevöinnillä voidaan lisätä lietteeseen kasveille nopeasti käyttökelpoista typpeä, ja näin tasapainottaa lannan matalaa typpi-fosforisuhdetta. Väkevöinnillä saadaan myös varmistettua riittävä typpilannoitus loh-koille, joilla fosforin sallittu lisäysmäärä rajoittaa lannan käyttömääriä typen kannalta liian matalaksi.

Lietelannan väkevöinnillä saavutettiin huomattava sadonlisä, vaikka lohkolta puitu sato oli muutenkin kor-kea. Lannoittamattoman kaistan sato oli 4700 kg/ha, pelkällä lietalannalla lannoitetun kaistan 6400 kg/ha ja väkevöidyllä lietalannalla lannoitetun kaistan 8400 kg/ha. Ammoniumsulfaatin lehtilannoituskäytöllä saavutettua mahdollista valkuaispitoisuuden kasvua ei saatu mitattua päteväen käsittelymättömän alan puutteen vuoksi. Polttovioitusta esiintyi kaikilla lehtilannoitusmäärillä, vioitusten kasvaessa käyttömäärien mukaisesti. Vioitus oli kuitenkin kaikilla käsittelymäärillä kohtuullista eikä sen arvioitu haittaavan kasvus-ton kehitystä merkittävästi.

Astiakasvatuskokeen ja tilademonstraatioiden toteutus ja tulokset on esitetty tarkemmin liitteissä 2 ja 3.

4.1.6. Ammoniumsulfaatin markkinaselvitys

Selvityksessä (liite 4) tarkasteltiin kierrätys- ja sivutuoteammoniumsulfaatin syntyprosesseja ja mahdoli-sia käyttökohteita, sekä selvitettiin missä Suomessa ammoniumsulfaattia syntyy ja miten se hyödynne-tään. Tällä hetkellä valtaosa Suomessa syntyvästä ammoniumsulfaatista tulee nikkelin jalostuksen sivu-tuotteena. Biokaasulaitoksilla ammoniumsulfaattia syntyy nikkelin tuotantoon verrattuna nimellisiä määriä. Valtaosa syntyvästä sivutuoteammoniumsulfaatista menee tällä hetkellä vientiin. Nestemäinen kierräty-sammoniumsulfaatti hyödynnetään tällä hetkellä teollisuuden biologisten prosessien ravinnelähteenä, maatalouden osuuden ollessa joitain prosentteja käytöstä. Teollisuus tarjoaa maatalouteen verrattuna ta-saisen ja suuren kysynnän sekä kilpailukykyisen hinnan.

4.1.7. Levitysjärjestelmä väkeville nestemäisille lannoitteille

Soilfood on yhteistyössä Gothian (System Cameleonin valmistaja) kanssa suunnitellut edullista nestelan-noitusjärjestelmää, joka olisi integroitavissa erilaisiin muokkaus- ja kylvökoneisiin viljelijän tarpeen mu-kaan (kuva 8). 16 letkuun jakautuva järjestelmä sopii noin 4 metriä leveään koneeseen, ja sillä pystytään levittämään noin 500 kg – 3 tn nestelannoitetta hehtaarille. Järjestelmä on vielä kokeiluasteella, ja sen pilotointi yhteistyössä urakoitsijoiden ja viljelijäasiakkaiden kanssa oli tarkoitus aloittaa vielä kasvukauden 2019 aikana. Alustava arvio järjestelmän hinnasta on noin 5 400 € (alv 0 %). Järjestelmän kehittelyyn ei ole käytetty Nesteravinne-hankkeelle myönnettyä rahoitusta, vaan työ on tehty Soilfoodin omilla resurs-seilla.



Kuva 8. Soilfoodin kehitelemä Gothian tekniikkaan perustuva nestelannoitusjärjestelmä OKRA2019-maatalousnäyttelyssä

4.1.8. Väkevän ammoniakkiveden logistiikkaan liittyvä selvitys

Kevään 2019 aikana Soilfoodilla selvitettiin väkevän ammoniakkiveden logistiikkaan liittyviä säädöksiä ja rajoituksia yhdessä Soilfoodin teollisen asiakkaan kanssa. Yli 10 % ammoniumia (tai ammoniakkia) sisältävä aine katsotaan kuljetusta koskevien sääntöjen osalta vaaralliseksi aineeksi (kuljetusluokka 8 maantie- ja merikuljetuksissa). Lisätietoa OVA-ohjeesta (<https://www.ttl.fi/ova/ammoni.html>). Mikäli ammoniakkivesi laimennetaan alle 10 % pitoisuuteen, ei se ole enää vaarallisten aineiden kuljetusmääräysten alasta. Selvitykseen ei käytetty Nesteravinne-hankkeelle myönnettyä rahoitusta, vaan työ on tehty Soilfoodin omilla resursseilla.

4.1.9. Hankkeen tulokset suhteessa tavoitteisiin

Hankkeen välittömänä kehitystavoitteena oli luoda ja pilotoida käytännössä toimiviksi todettuja, konkreettisia ja välittömästi sovellettavia käytännöllisiä yleispäteviä ratkaisuja nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttöön maataloudessa samalla lisäten kierrätyslannoitteiden tyyppien hyväksikäyttöä kasvintuotannossa ja alentaa sen aiheuttamaa ympäristön kuormitusta.

Hankkeessa luotiin ja pilotoitiin käytännössä toimiviksi todettuja, konkreettisia välittömästi käytäntöön soveltuvia käytännöllisiä yleispäteviä ratkaisuja nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttöön maataloudessa. Useat niistä ei kuitenkaan ole taloudellisesti kilpailukykyisiä, koska teollinen kysyntä määrittelee kierrätyslannoitteiden markkinahinnan liian korkeaksi suhteessa tavanomaisten rakeisten mineraalilannoitteiden hintaan eikä kierrätyslannoitteiden käytöstä saatu kenttäkokeiden tulosten perusteella mitään erityisetua. Keskeisimpiä toimivia ratkaisuja oli kiteisen ammoniumsulfaatin levitys kylvölannoittimen starttilannoitelatikon kautta. Ongelmana siinäkin oli se, että sen käytöstä ei ole viljelijälle taloudellista etua. Strippaamalla tuotetun ammoniakkiliuoksen käyttöön kasvinsuojeluruiskulla löydettiin käytännölliset ratkaisut sellaisenaan tai esimerkiksi urea-ammoniumnitraattiliuoksen kanssa tankkiseoksena. Sen käytön käytännöllisyyttä haittaa erityisesti sen aiheuttama korrosio koneissa. Myöskään nestemäiselle ammoniumsulfaatin käytölle ei ollut löydettävissä selkeitä taloudellisia hyötyjä. Ammoniumsulfaattiliuoksen

käyttö nurmen starttilannoitukseen ensimmäisen niiton jälkeen ei osoittautunut toimivaksi ratkaisuksi lannan typen hyväksikäytön tehostamisessa, koska lisääntyneet tallautumistappiot lietalannan myöhäisen sijoituksen yhteydessä söivät saatava hyödyn.

Sen sijaan luonnonmukaisessa tuotannossa nestemäisten kierrätyslannoitteiden käytölle voi olla taloudelliset perusteet ottaen huomioon se, että luonnonmukaisessa tuotannossa nestemäiset lannoitteet ovat edullisempia kuin rakeiset ja pelletöidyt ja sadon yksikköhinta on korkeampi. Solifoodin toteuttaminen tilademonstraatioiden (Seppänen ym. 2019; liite 3) ja astiakokeiden (Seppänen ja Kinnunen 2019; liite 2) yhteydessä havaittiin, että paras satotulos vinassilla saadaan, kun koko 3 m³/ha määrä levitetään kerralla viljan kylvön yhteydessä. Yltöisissä tehdyssä kenttäkokeessa vinassi levitettiin ennen kylvö letkulevitystekniikalla suurin piirtein sama määrä 3,7 m³/ha, mutta koe ei sisältänyt annoksen jakamista. Satovaste oli varsin lähellä rakeisella mineraalilannoitteella saatavaa eikä typpiannoksen jakamisesta vinassin ja mineraalilannoitteen kesken ollut kovin suurta hyötyä. Määrä on haastavan suuri kasvinsuojeluruiskulla tehtävälle kertalevitykselle. Soilfoodin demonstraatiossa Huittisissa (Seppänen ym. 2019; liite 3) lietalannan väkevöinnillä (Boost NKS) saatiin merkittäviä sadonlisäisiä kevätvehnällä, kun taas Jokioissa lietalannan väkevöinti ammoniumsulfaattilla ei lisännyt nurmisatoa. Soilfoodin demonstraatiossa liukoisen typen levitysmäärät olivat 58 ja 84 kg/ha lietalannassa ja lisäksi 31,5 kg/ha mineraalilannoitteena, Jokioisten kenttäkokeessa 92,8 ja 123,7 kg/ha. Huomionarvoista Jokioisten väkevöintikokeessa oli se, että liukoisen typen pitoisuus kasvoi vain noin 2/3 lisätyn liukoisen typen määrästä, vaikka lisäys näytti lisäävän kokonaisympäristön pitoisuutta lisätyn typen määrällä. Tämä merkitsisi sitä, että väkevöinnin sisältämä liukoinen tyyppi ei odotusarvoisestikaan voisi nostaa satoa yhtä paljon kuin erikseen levitetynä.

Hankkeessa pyrittiin samalla vähentämään glyfosaatin ja sen hajoamistuotteiden jäämiä ympäristössä nestemäisellä kierrätyslannoitteella AMS:lla. Välittömänä tavoitteena on, että luodut, pilotoidut ja toimiviksi todetut käytännölliset ratkaisut saatetaan viljelijöiden ja muiden alan toimijoiden tietoisuuteen ja käytäntöön tehokkaalla viestinnällä, johon liittyy käytännön läheisiä demonstraatiota.

Ammoniumsulfaatti ei osoittautunut hyväksi keinoksi glyfosaatin tehon parantamisessa, koska se ei ole yhteensopiva glyfosaatin kanssa käytettävien kiinniteiden kanssa, joilla on samanlainen vaikutus glyfosaatin tehoon mutta, jonka käyttö ei aiheuta muita ongelmia ruiskutuksen yhteydessä ja koska lannoituksen kannalta merkittävän ammoniumsulfaattimäärän käyttö tankkiseoksessa alensi glyfosaatin tehoa. Kuitenkin glyfosaatin jäämiä syksyllä peltomaassa voitiin vähentää taustatasoon pienentämällä glyfosaattiansiannos kolmasosaan suosituksesta tehon oleellisesti kärsimättä hyvissä olosuhteissa. Tällä on oleellinen merkitys glyfosaatin ja sen hajoamistuotteiden huuhtoutumisen vähentämisessä. Viljely ilman glyfosaattia osoittautui mahdottomaksi suorakylvön yhteydessä, mutta jo kolmasosaa suosituksista vastaavalla oli ratkaiseva vaikutus juolavehnan torjunnassa ja samalla vähennettiin hajoamistuotteiden määrää maassa satokauden päättyessä ratkaisevasti. Kovin käytännönläheistä ratkaisua ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseoksille ei löydetty, joten siitä viestiminen jäi vähemmälle myös demonstraatioiden osalta. Ne eivät olisi ainakaan edistäneet ammoniumsulfaatin käyttöä.

Edelleen välittömänä tavoitteena on, että hanke tuottaa käytännöt puhdistamolietteen, biojätteen ja lannan typen tehokkaaseen hyväksikäyttöön maataloudessa. Tavoitteena on määrittää ne yhteiskunnan tukitoimet, joita tarvitaan kierrätystypen tehokkaaksi hyödyntämiseksi, kun teknologiset esteet ovat tämän hankkeen myötä poistettu. Tavoitteen täyttymistä seurataan sillä, että kaikkiin potentiaalsiin kierrätystypen maatalouskäyttöihin on kehitetty käytännöllinen teknisesti toimiva ratkaisu, joka ainakin kohtuullisilla tukitoimilla otetaan laajamittaisesti käytännön maataloudessa käyttöön.

Tavoite tuottaa käytännöt puhdistamolietteen, biojätteen ja lannan typen tehokkaaseen hyväksikäyttöön onnistui teknisesti siinä mielessä, että typenpoistossa tuotetuille nestemäisille lannoitteille, kuten ammoniakkiuoksen ja -kiteen hyödyntämiselle tuotettiin käytännöt. Niiden käyttöönoton laajuus hankkeen kuluessa jäi pieneksi, koska itse lannoitteiden tuotannon määrä ei kasvanut hankkeen aikana ja niille löytyi enenevässä määrin kilpailevaa teollista käyttöä, joka on biolaitoksille edullisempi kohde näille lannoitteille kuin maatalous. Nämä teollisten käyttömuotojen kysyntä pitää näiden lannoitteiden hinnan niin korkeana suhteessa tavanomaisten rakeisten mineraalilannoitteiden hintaan, että niiden käyttö maataloudessa ei ole taloudellisesti mielekäästä. Niiden käytön ohjaaminen maatalouteen teollisen käytön sijasta tuilla ei ole tarkoituksenmukaista. Maatalouskäytön laajeneminen on mahdollista vain, jos näiden lannoitteiden

tarjonta kasvaa typenpoistovaatimusten lisääntymisen kautta niin, että se ylittää teollisen kysynnän selvästi, jolloin niiden hintataso asettuu selvästi alle niiden sisältämien ravinteiden markkina-arvon. Tällöin niiden käytön tukemineenkaan ole tarpeellista. Sen sijaan markkinoiden toimivuuden takaamiseksi tarvitaan Soilfoodin kaltaisia toimijoita biolaitosten ja viljelijöiden välille. Saattaa olla tarpeen tukea tämänkaltaisten yritysten perustamista. Hankkeessa syntyneet tekniset ratkaisut ovat riittävät levityksen osalta. Niiden kaupallinen toteutus jää alan yrityksille. Hankkeessa logistisilla ratkaisuilla ei ollut suurta painoarvoa, mutta käytännössä kasvinviljelytilojen mahdollisuudet ottaa vastaan nestemäisiä lannoitteita perustuu kuljetukseen ja varastointiin IBC-konteissa, joihin sitoutuu merkittävä määrä pääomaa suhteessa niiden sisällön ravinteiden arvoon. Menetelmien laajamittainen käyttöönotto ei ole voinut toteutua siitä yksinkertaisesta syystä, että nestemäisten kierrätyslannoitteiden tuotannon määrä on pysynyt vaatimattomana ja pääosa siitäkin menee teolliseen käyttöön, vaikka käytännöllinen teknisesti toimiva ratkaisu onkin kaikkiin potentiaaliin kierrätystypen maatalouskäyttöihin kehitetty. Tukitasolla ei tässä tilanteessa ole merkitystä, mutta kierrätyslannoitteiden hinta markkinoilla on pudonnut nopeasti aina, kun tarjonta on ylittänyt kysynnän. Tuen sijaan tarvitaan tarjontaa vahvistavia toimia.

Kehitystyön käytännölläheisyydellä ja yleispätevyydellä taataan soveltuvuus käytäntöön, monistettavuus ja jalkautumismahdollisuudet. Konkreettisuus tarkoittaa tässä yhteydessä mm. sitä, että tarvittavat koneketjut ja siinä tarvittavat uudet kokeet ja laitteet suunnitellaan ja rakennetaan hankkeessa sekä osoitetaan toimiviksi. Kehitystyössä etsitään innovatiivisia tapoja käyttää maataloilla olemassa olevaa kalustoa sellaisenaan tai pienin muutoksin nestemäisten kierrätysravinteiden levitykseen.

Tarvittavat koneketjut ja siinä tarvittavat suunnitellut ja rakennetut koneet ja laitteet osoitettiin toimiviksi, joskin ne eivät ole vielä valmiita sarjatuotantoon. Materiaalit ja komponentit on valittava kestävimiksi. Maataloilla on kalustoa, joka soveltuu sellaisenaan ja pienin muutoksiin käyttötarkoitukseen, kuten kasvin-suojeluruiskut ja kylvölannoittimien starttilannoituslaatikot. Useissa traktoreissa on etukuormain tai etunostolaite, jota voidaan hyödyntää IBC-kontin telineenä. Erityisesti väkevän ammoniakkiliuoksen käyttöönoton yhteydessä hankkeen lopussa kuitenkin paljastui virheitä materiaalivalinnoissa. Ammoniikki syövyttää voimakkaasti kuparia ja sinkkiä sekä niiden lejeerinkiä messinkiä. Niitä on yleisesti maataloilla olemassa olevissa koneissa ja laitteissa, mutta myös hankkeen aikana rakennetuissa. Tähän oli syynä ennen kaikkea se, että messinkisiä putkenosia on helposti saatavilla ja ne ovat suhteellisen edullisia. Kii-reisten rakennusprojektien aikana ei ehditty riittävästi kiinnittää huomiota materiaalivalintoihin. Raportoinnissa nämä asiat on nyt kuitenkin helppo ohjeistaa ja asianomaiset osat voidaan vaihtaa jälkikäteenkin. Selkeä olemassa olevien koneiden käyttömuoto on starttilannoitelaatikon käyttäminen ammoniumsulfaattikiteen levitykseen. Nestemäiset kierrätyslannoitteiden osalta keskeinen ongelma on niissä käytetyt materiaalit. Kupariset, sinkkiset ja messinkiset osat tuhoutuvat erityisesti ammoniakkiliuoksen mutta myös ammoniumsulfaatin levityksessä. Ammoniumsulfaatti ruostuttaa koneita voimakkaasti. Voi olla hyvin vaikea löytää riittäviä hyötyjä näiden haittojen vastapainoksi. Suuren viskositeetin omaavat tuotteet, kuten konsentraatti, vinassi ja melassi asettavat omat haasteensa, koska esimerkiksi kasvin-suojeluruiskujen putkitot on mitoitettu veden viskositeetille. Suuren viskositeetin omaavien nesteiden levityksessä syntyy painehäviöitä, jotka aiheuttavat epätasaista levitystä. Käytännössä suuren viskositeetin nesteitä varten on rakennettava omat koneensa. Soilfoodin tilademonstraatiossa kuitenkin vinassia levitettiin kevätvehnälle Amazone-kasvin-suojeluruiskulla 1,0 m³/ha kerralla ja levityskertoja oli kolme riittävän typpitason saavuttamiseksi. Soilfoodin oma konekehitystyö yhteistyössä Gothian kanssa vastannee tähän haasteeseen.

Hankkeella edistetään nestemäisten kierrätysravinteiden käyttöä maataloudessa. Sellaisina hankkeessa tarkastellaan ammoniumsulfaattia (AMS), typpivettä, konsentraattia tai konsentroitua perunan solunestettä. Ammoniumsulfaattia syntyy Suomessa huomattava määrä nikkelimälmin pelkistyksen yhteydessä Harjavallassa. Sen lisäksi sitä syntyy biolaitoksissa stripatessa tyypeä mädätysjäätännöksen kuivauksessa syntyvästä nestejakeesta ja pestäessä se rikkihapolla. Typpivettä syntyy vastaavasti pesuliuoksen ollessa vesi. Konsentraatti syntyy niissä biolaitoksissa, joissa raaka-aineesta korkeintaan 10 % on puhdistamoliettä, haihdutettaessa kuivauksessa syntyvästä nestejakeesta vettä. Siihen lisätään rikkihappoa ammoniumtyypen sitomiseksi pH:ta laskemalla. Konsentroitua perunan solunestettä syntyy tärkkelysperunateollisuuden sivutuotteena.

Hankkeen loppuvaiheessa tarkasteltiin mainittujen ammoniumsulfaatin, typpiveden eli ammoniakkiliuoksen, konsentraatin ja konsentroidun perunan solunesteen lisäksi myös vinassia ja melassia. Ne ovat

konsentroidun perunan solunesteen ohella luomukelpoisia tuotteita. Luonnonmukaisessa viljelyssä kierrätysravinteiden käytön merkitys ja kysyntä ovat selvästi suuremmat kuin tavanomaisessa. Ammoniakkiliuos oli hankkeenalkuvaiheessa laimeaa ja lopussa väkevää, joten kummankin version käyttö tuli tarkasteltua. Nestemäisen ammoniumsulfaatin lisäksi tarkasteltiin kiteisen kierrätysammoniumsulfaatin käyttöä. Ammoniumsulfaatin ja konsentraatin maatalouskäyttöä rajoittaa jossain määrin suuri rikkimäärä suhteessa typpimäärään. Niitä on tarkoituksenmukaista käyttää vain noin 20 kg N/ha vastaava määrä, koska suuremmat määrät johtava sadon seleenipitoisuuden laskuun. Sen ja muutoinkin nestemäisten kierrätyslannoitteiden ohessa on hyvä käyttää osana lannoitusta karjatiloilta tarkoitettuja rakeisia lannoitteita, joissa seleenipitoisuus on korotettu, koska kierrätyslannoitteissa seleeniä ei ole lisätty. Lisäksi kasvuun levitettyä suuremman ammoniumsulfaatin kerta-annokset aiheuttavat vioitusta. Konsentraatti on viinassin ja melassin ohella haasteellinen levitettävä sen suuren viskositeetin takia. Niiden osalta ei valmistusta ratkaisua levitykseen ehditty saada, mutta hyvin lähelle sitä päästiin. Nämä lannoitteet vaativat mm. kasvinsuojeluruiskun putkituksilta aivan erilaisen mitoituksen kuin lähellä vettä olevat ammoniumsulfaatti ja väkevä ammoniakkiliuos. Konsentroidu perunan soluneste on ennen kaikkea kaliumlannoite, eikä koikeissa viljakasvit ja nurmi tarvitse sitä niin suurina määrinä kuin sitä potentiaalisesti sen mukana tulee. Hankkeen alussa ei kehitysyhteistyöstä sen yhteistyötahona toimineen tuottajan ja myöhemmin edes sitä hankkeen loppupuolella markkinoimaan alkaneen hankepartnerin kanssa päästy yhteisymmärrykseen.

Poikkeamat verrattuna suunnitelmiin

Kaikkia suunniteltuja koneita ei saatu koskaan täysin valmiiksi ja lähes kaikki valmistuivat liian myöhään ja ne otettiin kenttakoetoinnin käyttöön puolivalmiina. Nestemäisten lannoitteiden sijoittamista ei voitu aloittaa ensimmäisenä kenttakoetuvuotena koneiden ja laitteiden puuttumisen takia. Koneiden rakentamista ja laboratorioanalyyssejä jouduttiin ulkoistamaan, koska hankeorganisaatio ei selvinnyt niistä suunnitellusti omalla henkilöstöresurssilla. Demonstraatiotoiminta jäi selvästi suunniteltua suppeammaksi. Tulokset valmistuivat aikataulusta myöhässä, mikä häiritsevi viestintää. Julkaisutoiminta ja koulutustilaisuuksien järjestäminen olivat suunniteltua suppeampia henkilöstöresurssien puutteen takia. Henkilöstöresurssia kului erinäisten kitkatekijöiden ja kesän 2018 kuivuuden aiheuttamien poikkeuksellisten toimenpiteiden takia suunniteltua enemmän. Rakennettujen koneiden testauksessa projektivetäjän työpanos ylitti massiivisesti suunnitellun. Suunniteltuja poikkeamia suunnitelmista oli tankkiseoskokeista ja nurmien starttilannoituskoikeista luopuminen viimeisenä kasvukautena sekä keskittyminen väkevään ammoniakkiliuokseen viimeisenä kenttakoetuvuotena. Glyfosaatti ja AMPA-jäämien tutkimuksesta luovuttiin jo ensimmäisen kenttakoetuvuoden jälkeen.

Merkittävimmät poikkeamat alkuperäisestä hankesuunnitelmasta olivat Solifoodin vuoden 2019 demonstraatioiden toteutuminen kokonaan Soilfoodin toteuttamina (alun perin suunnitelmassa toteutus yhdessä Luonnonvarakeskuksen kanssa), sekä niiden toteutuminen yksivuotisinä vuonna 2019 (alkuperäisessä suunnitelmassa toteutus 2018-2019). Samoin ammoniumsulfaatin markkinaselvitys viivästyti alkuperäisen suunnitelman mukaisesta aikataulusta. Astiakasvatuskokeet eivät olleet mukana alkuperäisessä hankesuunnitelmassa, mutta ne nähtiin hanketoteuttajien yhteisellä päätöksellä mielekkäiksi toteuttaa tukemaan tilademonstraatioiden toteutusta ja tuloksia.

5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

Hankkeen positiivinen ja negatiivinen vaikuttavuus/vaikutukset ravinteiden kiertoon ja Itämeren kuormitukseen (mahdollinen vertailu mittareihin)

Hankkeen vaikuttavuutta rajoittaa ennen kaikkea maatalouteen tulevien nestemäisten kierrätysravinteiden määrä. Vaikuttavuus voi kasvaa ainoastaan sitä kautta, että niiden tarjonta lisääntyy. Hankkeessa ei tullut esille yhdellekään nestemäisen lannoitevalmisteen kohdalla sellaisia erityisheittejä, että sen ravinteista maksettaisiin ylihintaa. Nykyisellään kaikki nestemäiset kierrätyslannoitteet, jotka teollisilta käyttömuodoilta liikenee, myös hyödynnetään maataloudessa. Markkinoilla esiintyy kuitenkin lyhytaikaisia häiriöitä sen tähden, että jokainen yksittäinen nestemäisiä lannoitevalmisteita tuottava biolaitos edustaa alueellaan huomattavaa markkinaosuutta eikä näille lannoitteille ole merkittäviä väliavarastoja. Lisäksi yksittäisen

biolaitoksen tuotanto riittää vain paikalliseen käyttöön ja väkevienkin nestemäisten kierrätyslannoitteiden ravinteiden arvo on pieni suhteessa logistisiin kustannuksiin, jolloin vaikutus ei ulotu kovin kauas biolaitoksesta.

Lannan typen hyödyntäminen nestemäisinä lannoitteina olisi jo sen typen hyväksikäytön kannalta eduksi. Samalla vähennettäisiin ratkaisevasti erityisesti lannankäytöstä nurmilla aiheutuvaa Itämeren kuormitusta. Tämä voisi olla jopa noin 30 miljoonaa kg lannan liukoisesta tpeestä vuodessa ja merkittävä osa lannan orgaanisesta tpeestä, joka on noin 20 miljoonaa kg vuodessa pelkästään naudanolannan osalta. Lisäksi kyseisen ravinnevirranvolyymi on moninkertainen biolaitosten ravinnevirtojen volyyymiin nähden. Vaikka sillä lannan muodossa nurmeen laitetun typen hyväksikäyttöä pystyttyään parantamaan, voidaan nestemäistä ammoniumsulfaattia hyödyntää nurmen lannoituksessa. Hankkeessa on kehitetty menetelmät ja koneet myös lantaperäisten kierrätyslannoitteiden hyödyntämiseen. Ne ovat täysin samoja kuin yhdyskuntien sivuvirroista syntyvät. Kiteisen ammoniumsulfaatin laajamittainen käyttö on mahdollista kylvölannoittimen starttilannoitelaatikon kautta, mutta käytön yleistymistä hidastaa suursäkkeihin pakatun kiteisen ammoniumsulfaatin liian korkea hinta. Stripatun ammoniumsulfaatin typen tuotantokustannus on biolaitosten mittakaavassakin noin kolminkertainen sen markkinahintaan nähden. Lannan saa levittää peltoon käsittelemättä toisin kuin yhdyskuntien sivuvirroista tuotetun materiaalin. Satoeron arvon siirtymisestä lannan typen hyödyntämiseen siitä erotettuna lannoitteena pitäisi kattaa nuo ainakin kolminkertaiset lannoitekustannukset, jotta lannan liukoinen tyyppi stripattaisiin ja käytettäisiin ammoniumsulfaattina esimerkiksi osana nurmien lannoitusta. Pelkästään tämän hankkeen kenttäkoetuloksiin pohjaten tämä saattaisi olla realismia, mutta lannankäytöstä nurmilla on saatu positiivisempiakin tuloksia.

Soilfoodin toteuttamalla kokeellisilla toimilla ja hankkeeseen liittyvällä viestinnällä on 1) esitelty viljelijöille nestemäisten kierrätyslannoitteiden mahdollisia käyttötapoja, 2) tuotu esille erilaisia kierrätyslannoitevaihtoehtoja, 3) tuotettu kierrätyslannoitteiden käyttöä tukevaa tietoa, ja 4) tarkennettu olemassa olevaa tietoa niiden parhaista käyttömenetelmistä. Nämä kannustavat ja tukevat viljelijöitä siirtymisessä väkilannoitteista kierrätysvaihtoehtoihin, mikä lisää ravinteiden kierrätystä.

Muut vaikutukset (positiiviset ja negatiiviset)

Hanke on lisännyt osaamista nestelannoituksessa käytettävistä tekniikoista. Hankkeen ongelmat voi kääntää positiivisiksi tulevilla hankkeilla ottamalla niistä opiksi. Samoja virheitä ei kannata toistaa. Monet ongelmat olivat ennalta-arvaamattomia. Hanketta suunniteltaessa ei kyetty näkemään riittävän pitkälle Hanke joka tapauksessa on vienyt asiaa eteenpäin niin, että uudet hankkeet pääsevät liikkeelle jo paljon paremmasta lähtötilanteesta.

Soilfoodin toteuttamalla kokeellisilla toimilla ja hankkeeseen liittyvällä viestinnällä on 1) esitelty viljelijöille nestemäisten kierrätyslannoitteiden mahdollisia käyttötapoja, 2) tuotu esille erilaisia kierrätyslannoitevaihtoehtoja, 3) tuotettu kierrätyslannoitteiden käyttöä tukevaa tietoa, ja 4) tarkennettu olemassa olevaa tietoa niiden parhaista käyttömenetelmistä. Nämä kannustavat ja tukevat viljelijöitä siirtymisessä väkilannoitteista kierrätysvaihtoehtoihin, mikä lisää ravinteiden kierrätystä.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

6.1. Ydinviestit

Hankkeen ydinviestit olivat:

- 1) On olemassa helppokäyttöisiä nestemäisiä kierrätysravinteita
- 2) Tavallisella kasvinsuojeluruiskulla voidaan levittää nopeasti ja tarkasti mm. nestemäistä ammoniumsulfaattia
- 3) Nestemäisillä kierrätysravinteiden – ammoniumsulfaatin, konsentraatin, typpiveden ja perunan solunesteen – ominaisuudet ja käyttökohteet vaihtelevat
- 4) Nestemäisiä kierrätysravinteita pystytään käyttämään osana viljojen ja nurmien lannoitusta ja
- 5) Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö lisää kasvintuotannon kestävyyttä

6.2. Viestinnän pääasiallinen sisältö, määrä, laatu ja kohderyhmät

Nestemäisiä kierrätyslannoitteita potentiaalisesti käyttävät viljelijät Saaristomeren valuma-alueella ja niitä tuottavat biolaitokset olivat pääkohderyhmät hankkeen viestinnälle. Pellonpiennarpäivien lisäksi keskeisiä keinoja kohdistaa viestintää viljelijöihin oli osallistuminen maatalousnäyttelyihin yleensä Luonnonvarakeskuksen omalla osastolla. Viestin välittämisessä erityisenä kohderyhmänä ovat viljelijöille koneista ja viljelytekniikoista kertovat viestimet kuten Käytännön Maamies, Koneviesti, Pellervo, Maito ja Me ja Maaseudun Tulevaisuus.

Tiedotusta nestemäisten kierrätysravinteiden käyttömahdollisuuksista maataloudessa kohdennettiin myös biolaitosten toimijoille. Suurelle yleisölle kohdistettiin positiivista viestiä kierrätystavoitteen edistämisestä maataloustuotannossa ja nestemäisten kierrätyslannoitteiden positiivisista ympäristövaikutuksista.

Viestinnän tavoitteena oli vakuuttaa viljelijät nestemäisten kierrätysravinteiden käytön mahdollisuuksista, kuvata käytettävissä olevat lannoitevalmisteet, niiden saatavuus ja käyttökohde ja käyttötapa tilalla niin, että viljelijät ja neuvontahenkilöt ottavat nestemäiset kierrätysravinteet yhtenä luonnollisena osan huomiioon tehdessään viljelysuunnitelmaa ja myös tiedostavat nestemäisten kierrätysravinteiden käytön positiiviset ympäristövaikutukset.

Viestintä oli monikanavaista ja aktiivista. Keskeistä oli toiminta yhteistyötahojen kanssa kohderyhmien saavuttamiseksi heidän omissa tilaisuuksissa sekä yleisissä esittelytapahtumissa. Demoja hyödynnettiin viljelijöiden kohtaamisen lisäksi myös alan lehtien juttujen kuvittamiseen ja aiheiden antamiseen. Alan lehdet leviävät kohderyhmän piiriin ja kone- ja menetelmäuutudet kiinnostavat viljelijöitä. Tuorlan perinteisiä vuosittaisia "Avoimia ovia" toukokuussa ja Västankvarnin Peltopäiviä Inkoossa hyödynnettiin.

Ravinteiden kierrätyksessä toimivat hanketoimijat tavoitettiin tehokkaasti hankevetäjän Twitter-viestinnällä. Tiedeyhteisö kohdattiin parhaiten maatalousalan kokouksissa, kuten Maataloustieteiden Päivät ja Maaperätieteiden Päivät. Niiden yleisössä on edustettuna lisäksi opetus ja hallinto sekä jonkin verran alan yritykset.

Hankeella on omat hankesivut (www.luke.fi/nesteravinne), joita päivitetään Luken viestinnän toimenpitein. Sinne on koottu kaikki keskeinen hakkeessa muodostunut tietämys ja sinne kootaan myös raportointivaiheessa syntyvä materiaali. Lisäksi hankkeesta on ollut lyhyt esittely MMM:n MATO-ohjelman sivustolla (<http://mmm./mato/nesteravinne>), josta on linkki Luken portaalissa olevalle sivustolle. Hankevetäjä viestii hankkeesta ajankohtaisista tapahtumista myös twiittaamalla omalta tililtään (<https://twitter.com/kaupainenpetri>), jota mm. @RavinneKierto seurasi. Kyseinen hanke päättyi kesäkuun lopussa 2019, jolloin uudelleentwiittaus loppui.

Hanke on osallistunut erinäisiin tilaisuuksiin. Hankkeen vetäjä vieraili Gasumilla sen kutsusta hankkeen tiimoilta sen alussa 13.1.2017. Hanketta on esitelty Maaperätieteiden Päivillä 9.-10.1.2017 (112 osallistujaa), Maatalouden uuden ympäristötiedon vaihtopäivillä 17.-18.1.2017 (n. 250 osallistujaa), Nurmi-ryhmän kokouksessa 31.1.2017 (noin 10 osallistujaa), Nurmi ja kumina vaihtoehtona viljalle -tilaisuudessa (Sieppari pellossa –hankkeen tilaisuus) Tuorlassa 16.2.2017 (osallistujia 30) Ajankohtaista asiaa orgaanisista lannoitteista, lantayhteistyöstä ja biokaasulaitoksesta -tilaisuudessa Vehmaalla 7.3.2017 (osallistujia 9), Nurmipienryhmän tilaisuudessa Nurmijärvellä 21.3.2017 (osallistujia 8), Tuorlan avoimet ovet –tilaisuudessa 20.5.2017 (osallistujia noin 2500), Farmari 2017 –maatalousnäyttelyssä Seinäjoella 14.-17.6.2017 (94 000 kävijää) Västankvarnin Peltopäivillä 6.7.2017 (runsaat 3000 kävijää) nestelannoitusvarusteisen GreatPlains-suorakylvökoneen kanssa, 25.-26.9.2017 Raki –verkostoitumis- ja orientaatiopäivillä Helsingin Rastilassa Hotel Rantapuistossa, MATO-seminaarissa 28.9.2017 (etänä), Nurmi 2017 tapahtumassa Härmässä (3.8.2017), SoilFoodin osastolla KoneAgria-maatalouskoneenäyttelyssä Tampereella (11.-13.10.2017), pellonpiennarpäivässä Kaarinan Yltoisten kevätvehnäkokeella 18.7.2017 (noin 20 kävijää), Nurmi 2017 (3.8.2017; 6000 kävijää), 9.-10.1.2018 Maataloustieteen Päivillä 2018 kahden posterin paksuudella (runsaat 500 osallistujaa), Kasvinsuojeluseuran Kasvinsuojelupäivillä 16.1.2018 posterilla, Kierotaloustreffillä 1.2.2018 Tuorlassa (42 osallistujaa), MATO-seminaarissa 7.2.2018 (hankevetäjän puheenvuoro, ainakin 72 paikalla ja yli 50 etänä), Peltotreffille Forssassa 23.3.2018 ja 26.5.2018 Tuorlan avoimet ovet- tapahtumassa Tume NovaCombiin tehdyllä nestelannoitusjärjestelmällä (noin 3000

osallistujaa), ProAgria Maitovalmennuksessa 2018 6.9.2018 ja Ravinteiden kierrätyksen ja vesien- ja mienhoidon kärkihankkeiden yhteisessä tapaamisessa 30. 10.2018, Maaperätieteiden Päivillä Helsingissä 9.-10.1.2019, Maatalouden uusimman ympäristötiedon vaihtopäivillä Jyväskylässä 12.-13.3.2019, MATO-tutkimusohjelman vuosiseminaarissa 13.3.2019, OKRA2019-maatalousnäyttelyssä 3.-6.7.2019, Pellonpiennarpäivissä Jokioisten Pellilän nurmella 27.8. ja Raki-hankkeiden verkostoitumis- ja koulutuspäivässä 10.10.2019.

Soilfood toteutti hankkeen viestintää omalla tahollaan viestimällä hankkeen toteutuksesta ja laajemmin sitä koskevista aihealueista sosiaalisessa mediassa, alan tapahtumissa, sekä molempien demonstraatioiden yhteydessä järjestetyillä pellonpiennarpäivillä. Sosiaalisessa mediassa Soilfood jakoi hankkeen koordinaattorin esittämiä tuloksia hankkeesta (Twitter). Lisäksi Soilfood viesti aktiivisesti toteuttamistaan demonstraatioista eri kanavissa (Twitter, Facebook, Instagram). Sosiaalisen median pääsisällöt liittyivät hankkeen toimienpiteistä kertomiseen, tulosten jakamiseen sekä tapahtumista tiedottamiseen. Lisäksi Soilfoodin verkkosivuille avattiin hankkeesta kertova alisivu. Soilfood esitteli hanketta myös maatalousalan tapahtumissa, kuten Okra-messuilla (3.-6.7.2019), KoneAgriassa (10.-12.10.2019) ja SM-kyntökiisoissa (28.9.2019). Lisäksi Soilfood esitteli hanketta osastollaan lukuisissa kesän 2019 pellonpiennartahtumissa. Soilfoodin toteuttamien demonstraatioiden yhteydessä järjestetyt hankkeen pellonpiennarpäivät (Myrskylässä 18.6.2019 ja Huittisilla 23.7.2019) saivat paikalle hyvin osallistujia. Myrskylän demonstraation pellonpiennarpäivästä julkaistiin 26.7.2019 artikkeli Käytännön Maamieheissä. Viestintätöimien pääasiallisena kohderyhmänä olivat viljelijät.

Merkittävä hankkeen viestintätuotos oli Nesteravinne-seminaari, jonka videostriimaus on katsottavissa internetissä

(<https://www.youtube.com/watch?v=vurRQ8SyPmU&feature=youtu.be>) ja suurin osa esityksistä hankkeen sivuilta (<https://www.luke.fi/projektit/nesteravinne/>).

6.3. Arvio viestinnän onnistumisesta ja viestintäsuunnitelman toteutumisesta

Käytännössä lähes kaikki viestintäsuunnitelman toimenpiteet toteutettiin ja toimenpiteitä oli jopa suunniteltua enemmän. Niillä olisi kuitenkin pitänyt tavoittaa enemmän juuri viljelijöitä. Twitter-viestintä ei oikein tavoittanut viljelijöitä, vaan pikemminkin kierrätyksestä innostuneita hanketoimijoita. Viestinnän uskottavuutta häntasi se, että koneet ja laitteet olivat enemmän tai vähemmän vaiheessa. Viljelijöiden saaminen esimerkiksi pellonpiennarpäiviin oli vaikeaa, koska he olivat samaan aikaan kiinni omilla tiloillaan vastavissa toimenpiteissä. Niinpä pellonpiennarpäivien vierailijat koostuivatkin pääasiassa muiden hankkeiden hanketoimijoista. Näin suoraa kontaktipintaa viljelijöihin ei juuri muodostunut. Lisäksi neuvontajärjestö ei osoittanut kovin suurta kiinnostusta asiaan. Hankkeen tuotosten ei katsottu tuovan taloudellista hyötyä viljelijöille vaan hyödyn saajina nestemäisten kierrätysravinteiden käytöstä oli lähinnä ympäristö edellä asioihin suhtautuvissa tahoissa. Ilmeisesti suunnitelmassa olevat toimenpiteet eivät olleet parhaat mahdolliset viljelijöiden tavoittamiseksi. Biolaitosten osalta suurin ongelma oli agronomisen osaamisen puute tuotetun informaation vastaanottamiseksi. Hankkeen henkilöstöresurssipohja oli riittämätön tehokkaan viestinnän kannalta. Siihen ei koneiden rakenteluun, testaamiseen ja kenttäkokeisiin liittyvän toiminnan lisäksi riittänyt riittävästi aikaa. Yhteistyö ProAgrian kanssa ei kehittynyt suunnitellulle tasolle.

Soilfoodin osuus hankkeen viestinnästä onnistui hyvin. Suunniteltu viestintä toteutui kokonaisuudessaan, ja siihen käytettiin suunniteltua vähemmän resursseja.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Arvio tulosten kestävydestä ja konkreettisuudesta ja siihen liittyvistä riskeistä (poliittinen tuki, institutionaalinen/lainsäädännöllinen tuki, taloudelliset ja rahoituskelliset mahdollisuudet, teknologian soveltuvuus, sidosryhmien kiinnostus ja sitoutuminen)

Luonnontieteellisessä mielessä saadut tulokset ovat hyvin kestäviä ja konkreettisia. Ei ole odotettavissa, että uudetkaan kasvilajikkeet käyttäytyisivät kovin eri tavoilla kuin nykyiset, kun niitä lannoitetaan

nestemäsillä kierrätyslannoitteilla. Levitysmenetelmissä on pinta- ja sijoitusmenetelmien sisällä suuria variaatioita ja tulosten soveltaminen käytetyistä runsaasti poikkeaviin ratkaisuihin ei välttämättä ole mahdollista. Lisäksi esimerkiksi kylvötekniikoiden eroilla saattaa olla suuri vaikutus tuloksiin, mikä oli nähtävissä 2018 huomattava orastumisen erona GreatPlains ja Tume NovaCombin käyttäminen vannasratkaisujen välillä. Vastaavasti näissä koneissa nestemäinen lannoite sijoitetaan eri tavalla, jolla saattaa olla merkitystä. Tätä vertailua ei hankkeessa pystytty tekemään. Kasvukauden 2018 sääolot olivat erittäin poikkeukselliset ja sen vuoden tulosten sovellettavuus on rajallista, jos ilmasto ei muutu sellaiseen suuntaan. Tekniikan kehittyminen luo uusia mahdollisuuksia mm. levitysmääränsäätöjärjestelmien kehittämiseen. Oleellimmat asiat, kuten erilaisten nesteiden virtaukset putkistoissa, pysyvät kuitenkin samoina. Tunnistettujen ongelmien ja niiden ratkaisut ovat samoja tulevaisuudessakin. Myös materiaali-ongelmat ja niiden ratkaisut tulevat säilymään.

Kierrätystyypilannoitteissa ammoniakki- ja ammoniumsulfaatti tulevat säilymään keskeisessä asemassa ja ne aiheuttavat materiaali-ongelmia. Hankkeen kuluessa markkinoille ilmaantui selkeästi nestelannoitukseen sopivampi väkevyysversio ammoniakki- tai ammoniumsulfaattilannoituksesta. Vastaava kehitys voi olla tulevaisuudessakin, mutta tuskin näin oleellista. Ammoniakkilannoituksella ei ole tällä hetkellä asemaa lannoitevalmistelainsäädännössä, mutta sen ongelman voidaan poistaa lannoitevalmistelainsäädännön kokonaisuudistuksen mukana. Hankkeen aikana nousi esille selvä tarve kehittää luonnonmukaisessa tuotannossa käytettävien lannoitevalmistelainsäädännön mukana olleiden konsentraattien levitystekniikkaa. Sen kehitys antaisi paremman ratkaisun myös tässä hankkeessa mukana olleiden konsentraattien levitystekniikkaan.

Suomalaisten kylvölannoittimien valmistajat ja markkinoijat ovat pikemminkin kaikin keinoin vastustamassa nestemäisten lannoitteiden tuloa markkinoille, koska niiden pelätään sotkevan rakeisiin lannoitteisiin perustuvan teknologian markkinat. Tukea tulee lähinnä joiltakin amerikkalaisista koneista maahan tuovilta tahoilta. Siellä nestemäisten lannoitteiden käyttö on yleistä. Vastaavasti rakeisten lannoitteiden valmistajat eivät katso nestemäisiä lannoitteita hyvällä, vaikka näillä ei ole markkinoille oleellista merkitystä niin kauan kuin lannan tyyppiä ei aleta käyttämään nestemäisinä lannoitteina. Nestemäisten kierrätyslannoitteiden maataloudelle asettamista haasteista pääsisi eroon helpoimmin käyttämällä ne normaalien rakeisten lannoitteiden valmistuksessa osana raaka-aineita.

Neuvontajärjestön kiinnostus nestemäisiin kierrätyslannoitteisiin on ollut vaihteleva. Monet yhteistyötahot ja jopa partnerit ovat halunneet kehittää asiaa omilla tahoillaan. Tietämystä ei ole haluttu jakaa markkinaosuustalouden tiimellyksessä. Viljelijöiden sitoutuminen hankkeeseen osoittautui jo ensimmäisenä vuotena ohueksi. Kaikenlaisia demonstraatioiden perustamisia on helppo luvata talvella tupailloissa, mutta kasvukauden kiireissä lupaukset unohtuvat. Tulosten hyödyntämistä haittaa se, että selkeitä taloudellisia hyötyjä ei ole osoitettavissa luonnonmukaista tuotantoa lukuun ottamatta, vaan hyödyt ovat lähinnä ympäristöhyötyjä.

Soilfoodin hankkeessa aikaansaamat tulokset ovat suoraan viljelijöiden ja muiden kohderyhmien (neuvojat, tutkijat, kierrätysraivannealan yritykset) käytettävissä. Jaetun lannoituksen toimivuutta olisi syytä selvittää vielä kenttäkokeissa oikeiden lannoitusajankohtien varmistamiseksi. Tähän liittyvän sääriskin kontrolloimiseksi kokeita olisi hyvä toteuttaa monivuotisin.

Ehdotukset hankkeen tulosten hyödyntämiseksi, ml liiketaloudelliset ja lainsäädännölliset näkökohdat

Lannoitevalmistelainsäädäntömme ei tunne ammoniakki- tai ammoniumsulfaattilannoitevalmistekäyttöä. Tyypinimiluetelossa ei ole sille sopivaa tyypinimeä, vaikka eräät toimijat sijoittavat sen tuoteselosteissaan tyypilannoitteeksi. Sellaiseksi kelpaa kuitenkin vain ammoniumnitraatti ja/tai ammoniumsulfaatti. Tyypinimiä tuskin päivitetään ennen lannoitevalmistelainsäädännön kokonaisuudistusta, joka kuitenkin on jo ovelta, kun EU:n uusi lannoiteasetus on hyväksytty. Edellä mainittu ongelma todennäköisesti poistuu tuossa vaiheessa itsestään, kun nykyinen tarkka jaottelu tyypinimiin poistuu. Joka tapauksessa pitää varmistaa, että näin käy. Ammoniakkilannoitevalmistekäyttöön liittyy kuitenkin tarve uudelleen tarkastella vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvää ja muutakin lainsäädäntöä. Sen käyttöön liittyy uusia riskejä, joihin maataloilla ei ole totuttu.

Liiketaloudellisessa mielessä tulosten hyödyntäminen on hankalaa niin kauan kuin teollinen kysyntä pitää ylittäessään tarjonnan näiden nestemäisten kierrätyslannoitteiden ravinteiden hinnan niin korkealla, että viljelijän ei kannata käyttää niitä luonnonmukaistatuotantoa lukuun ottamatta. Ratkaisu tähän on löydyttävä lainsäädännöstä. Tarjonnan on ylitettävä kysyntä, jotta hinta olisi maatalouskäytölle sopiva ja näin voi olla vain, jos typenpoistovaatimukset ovat nykyistä suuremmat. Nestemäisiä kierrätyslannoitteita ei kannata tuottaa niiden itsensä takia, koska niiden tuotantokustannus ylittää niiden sisältämien ravinteiden markkinahinnan.

Teknis-taloudellisen toteutettavuuden arviointi

Teknis-taloudellinen toteutettavuus luomukelpoisia lannoitteita lukuun ottamatta perustuu typenpoistovaatimukseen. Markkinahintaan ei nestemäisiä kierrätyslannoitevalmisteita voi tuottaa. Lisäksi toimitus teollisiin käyttötarkoituksiin on biolaitoksella parempi vaihtoehto, vaikka maatalous maksaisikin saman hinnan. Kun mitään erityistä etua näistä nestemäisistä kierrätyslannoitevalmisteista sadontuotannossa ole, niiden ravinteiden hinnan tulee olla selvästi alempi kuin perinteisten rakeisten lannoitteiden, jotta niille olisi maataloudessa kysyntää. Lannoitetypen hinta on karkeasti 1,0 €/kg. Jos sitä käytetään 100 kg/ha vuodessa, säästö hehtaaria kohti ei voi olla tätä suurempi, vaikka sen saisi ilmaiseksi. Sen lisäksi on investoitava useissa tapauksissa koneisiin ja laitteisiin. Hinta tuskin voi olla yli puolet typen markkinahinnasta, jotta näille olisi merkittävä kysyntää. Luonnonmukaisen tuotannon osalta tilanne on pitkälti näin. Nestemäisten lannoitteiden typen hinta on noin puolet rakeisten vastaavasta ja kiinnostusta on. Nykyisellä tuotannon tasolla markkinahäiriötilanteita lukuun ottamatta teolliset käyttömuodot nielevät koko tuotannon, joten toteutettavuutta ei ihan lähiaikoina päästä edes testaamaan.

Soilfoodin demonstraatioista saatuja tuloksia ja kokemuksia voidaan suoraan hyödyntää viljelijöille viestimisessä. Näin parhaat lannoituskäytännöt saadaan jalkautettua nykyisille ja potentiaalisille kierrätyslannoitteiden käyttäjille. Tuloksia on mahdollista hyödyntää myös alan yritysten markkinoinnissa. Ammoniumsulfaatin markkinaselvityksen tiedot ovat alan yritysten hyödynnettävissä ammoniumsulfaatin saatuuden ja toiminnan kannattavuuden arviointia varten.

8. Talousraportointi

Hankkeen suunniteltu kokonaisbudjetti oli 489.805,21 €. Siitä Luonnonvarakeskuksen osuus oli 421.636,46 €, Soilfood Oy:n 54.250,00 € ja Livian 13.918,75 €. Budjetissa Luonnonvarakeskuksen osuus avustuksesta oli 252.393,00 € ja sen omarahoitusosuus oli 169.243,45 €. Budjetissa Soilfoodin osuus avustuksesta oli 37.886,60 € ja sen omarahoitusosuus 16.363,40 €. Vastaavasti budjetissa Livian osuus avustuksesta oli 9.720,45 € ja sen omarahoitus oli 4.198,30 €.

9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Esiin nousseet jatkohankkeita koskevat ideat ja tarpeet

Hankkeella oli yhteistyötä lannasta ammoniumsulfaattia ja ammoniakkiliuosta valmistavaan pyrkivät Ductor Oy:n kanssa. Sen itsenäinen projekti Tuorlassa kuitenkin kuivui kasaan. Tässä hankkeessa päästiin varsin pitkälle strippaustuotteiden lannoituskäytössä, mutta niiden tuotanto ei kuulunut tähän hankkeeseen. Jatkossa voisi olla mielekästä katsoa, onko lannasta mahdollista tuottaa tilatasolla näitä strippaustuotteita yleensäkin ja sellaisella kustannuksella, että se typen hyväksikäytön paranemisen kautta erityisesti nurmitaloudessa voitaisiin saavuttaa sellaisia taloudellisia hyötyjä, että toiminta tilatasolla olisi kokonaisuutena taloudellisesti kannattavaa. Nautakarjan kautta tapahtuva typenkierto on hallitseva ravinnekierto ja nurmien typpitalouden paranemisella liittyen lannankäyttöön olisi merkittävä vähentävä vaikutus ympäristön kuormitukseen. Taloudellinen realiteetti on se, että nautakarjan lanta käytetään pääasiassa nurmilla, ja kasvinravitsemuksellinen realiteetti on se, että nurmi ja lanta sopivat huonosti yhteen typen hyväksikäytön ja ympäristön kannalta.

Edelliseen liittyen ammoniumsulfaattiliuoksen käyttöä osana nurmen typpilannoitusta tankkiseoksena esimerkiksi urea-ammoniumnitraatin kanssa kannattasi selvittää tarkemmin. Yhdyskuntien sivuvirroista potentiaalisesti syntyvän ammoniumsulfaatin määrä suhteessa maatalouden käyttöpotentiaaliin on pieni, joten se, että typen pitoisuuden nähdessä korkean rikkipitoisuuden takia ammoniumsulfaattia ei ole tarkoituksenmukaisen ainoana typen lähteenä, ei ole oleellinen haitta. Sitä täydentämään voidaan käyttää muuta nestemäistä typpilannoitetta. Potentiaalisesti sitä voitaisiin käyttää jo kevätlannoituksessa. Tämä tuo samalla tarpeen selvittää seleenilannoituksen järjestäminen kierrätyslannoitteita käytettäessä.

Maatalouden kannalta yksinkertaisin ratkaisu typenpoiston yhteydessä syntyvien ammoniumsulfaatin ja ammoniakkiliuoksen typen kierrätyksen maatalouteen on niiden hyödyntäminen rakeisten mineraalilannoitteiden valmistuksessa. Käytännössä tämä tarkoittaisi sekoitusvelvoitetta, mutta sen sekoituksen tekninen toteuttaminen vaatisi tutkimusta.

Edelleen on syytä panostaa väkeville nestelannoitteille soveltuvan levitystekniikan kehittämiseen. Oleellista on myös kehitetyn teknologian kaupallistaminen ja käytäntöön tuominen esimerkiksi konevalmistajayhteistyön ja urakoitsijoiden osallistamisen kautta.

Jaetun lannoituksen periaatteiden soveltamista orgaanisille lannoitteille on tarve kehittää edelleen soveltuvan levitysteknologian puutteen vuoksi ja toisaalta yllannoituksen välttämiseksi heikkoina kasvukausina.

Mitä vastaavissa hankkeissa tulisi välttää, mitä suositellaan

Hankkeiden koordinointi osoittautui huomattavasti suunniteltua aikaa vievämmäksi. Hankkeiden väliraportoinneista on tehty tarpeettoman hektisiä. Taustaorganisaatioiden sitouttaminen hankkeen riittävään resurssointiin ja toteuttamisedellytysten takaamiseen pitäisi hoitaa. Raportoinnin pitäisi olla pikemminkin kumuloituvana kuin raportointikauden kattavana. Kasvintuotantoon liittyviin hankkeisiin sopii erityisen huonosti raportointikaudet, jotka katkeavat kesken kasvukauden.

Hankepartnerien uskottavuus pitäisi tarkistaa paremmin eikä luottaa lupauksiin. Sama pätee erilaisten ostopalveluiden tuottajiin. Rakenteet, joissa toisen partnerin edellytetään saavan jonkin asian tehtyä ajallaan, jotta toinen voi siitä jatkaa, näyttävät olevan käytännössä mahdottomia. Hankkeiden ohjausryhmien pitäisi tukea projektipäällikköä hankkeen vetämisessä näissä tilanteissa.

Viljelykokeissa tulisi suosia ylivuotisia kokeita säärisikin minimoimiseksi. Tilakokeissa ja -demonstraatioissa koeasetelmat tulisi pitää hyvin yksinkertaisina, jotta järjestelyjen vaatima työ määrä pysyy viljelijän kannalta kohtuullisena.

10. Johtopäätökset/Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista

Hankkeessa onnistuttiin kehittämään laitteet ja menetelmät, joilla keskeiset nestemäiset kierrätys lannoitevalmisteet voidaan hyödyntää maataloudessa kasvinravinteina, vaikka koneiden ja laitteiden kehittämisessä oli hankkeen alussa suuria organisatorisia ongelmia. Lisäksi hankkeessa tuli esiin uusia ennen tiedostamattomia ongelmia nestemäisten kierrätyslannoitevalmisteiden ja niiden levitykseen käytettävien koneiden yhteensopivuudessa. Keskeisin näistä on ammoniumsulfaatin ja erityisesti ammoniakkiliuoksen koneita ruostuttava sekä kupari-, sinkki- ja messinkiosia syövyttävä vaikutus. Tämä on erittäin tärkeää pohjatietoa kaupallisten sovellusten suunnitteluun, joka ei välttämättä olisi tullut esiin ilman tehtyjä virheitä. Tarkoitukseen varta vasten suunnitellut koneet ja laitteet voidaan jatkossa rakentaa niin, että niissä kyseiset materiaalit korvataan muovilla ja haponkestävillä osilla lannoitevalmisteiden kanssa tekemisiin joutuvilta osilta. Vaikeammin ratkaistavissa se, että näiden lannoitevalmisteiden käytön nopea yleistymisen edellyttäisi sitä, että niitä voidaan levittää maatalojen olemassa olevalla kalustolla. Niissä voi olla jopa piilossa materiaaleja, jotka eivät ole yhteensopivia näiden lannoitevalmisteiden kanssa. Käytännön tekeminen laitteiden kanssa toi esiin muitakin ongelmia, joita kirjoituspöydän ääressä olisi tullut huomattua.

Kaikkein valmeihin ratkaisu kierrätyslannoitteiden käyttöön on kiteisen ammoniumsulfaatin levittäminen starttilannoitelaitteista osana typpilannoitusta rikin tarpeen mukaisena määränä. Sen avulla voitaisiin

merkittävästi lisätä kiteisen ammoniumsulfaatin käyttöä Suomessa, mutta toisaalta se käytetään lannoitukseen joka tapauksessa jossain muualla. Lisäksi menetelmän käyttöön ole mitään ainakaan oleellista taloudellista syytä eikä sillä yleensä paranneta ympäristön tilaa. Sen keskeisin etu on mahdollisuus li-sästä ammoniumtypen osuutta typpilannoituksessa, jossa fosforilannoituksen vähenemisen takia nitraatin osuus on lisääntynyt. Toinen menetelmä, joka ei ollut mukana kenttäkokeissa, mutta jota hankevetäjä ko-keili omassa viljelytoiminnassaan, on ammoniumsulfaatin käyttö osana kasvinsuojeluruiskulla levitettävää lannoitusta nurmilla yhdessä esimerkiksi urea-ammoniumnitraatin kanssa. Pienillä epämääräisillä nurmi-lohkoilla kasvinsuojeluruiskulla tehtävä levitys on paljon täsmällisempää varsinkin, jos on käytettävissä lohkoautomaatiikka, kuin keskipakoislevittimellä tehtävä, jossa muodostuu lähinnä epämääräisiä päistealu-eita. Menetelmän käyttöönotto imisi markkinoilta kaiken biolaitoksista saatavan ammoniumsulfaatin.

Erilaiset ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseokset osoittautuivat käytännössä toimimattomiksi. Hankkeessa kuitenkin havaittiin, että glyfosaattianoksia voidaan muutenkin pienentää suosituksista ja sillä on oleellinen vaikutus sen jäämiin maassa kasvukauden lopussa.

Ammoniumsulfaattiliuoksella ei pystytty parantamaan lannan typen hyväksikäyttöä nurmella oleellisesti jälkikasvun alkua nopeuttamalla niin, että lietalannan sijoitusta olisi voitu viivästyttää. Kompastuskiveksi muodostui se, että jälkikasvun alun nopeutuminen lisäsi sijoituskaluston aiheuttamia tallaustappioita eikä lietalannan typen hyväksikäyttö juuri muutenkaan parantunut. Kiteinen ammoniumsulfaatti toimi nurmen lannoituksessa hyvin, mutta se ei ole tarkoituksenmukainen ainoa typen lähde sen mukana tulevan suu-ren rikkimäärän takia, joka johtaa yhdessä seleenin puuttumisen kanssa lannoitteessa hyvin matalaan seleenipitoisuuteen nurmisadossa. Nurmet sijaitsevat pääasiassa Järvi-Suomessa, jossa ylimääräinen rikki ei ole hyväksi vesistöille. Rikkiä ei myöskään voi antaa varastoon, koska ylimääräinen rikki huuhtou-tuu vesistöihin nitraattitypen tapaan. Senärkevin käyttö olisi seoksena tavallisten rakeisten mineraalilan-noitteiden kanssa, jolloin mitään muutoksia levitystekniikkaan ei tarvittaisi. Käytännössä tämä olisi toteu-tettavissa sekoitusvelvoitteella. Viimeisenä kenttäkoevuotena mukana ollut väkevä ammoniakkiliuos toimi yllättävänkin hyvin nurmena lannoituksessa sekä pintaan lannoitesuuttimilla levitettynä että suorakylvöko-neella sijoitettuna. Se anoi hyvät lähtökohdat asian kehittämiseen jatkohankkeessa. Sen sijaan alussa mukana ollut laimea typpivesi ei osoittautunut toimivaksi pintaan levitettynä eikä sijoitettuna.

Viljakasvien lannoitukseen nestemäiset kierrätyslannoitteen sopivat paljon paremmin kuin nurmen lannoi-tukseen. Konsentraatti ja jopa laimea ammoniakkiliuos toimivat hyvin jopa letkulevitystekniikalla levitet-tynä. Ne toimivat paremmin ennen kylvöä levitettynä ja mullattuna kuin kasvustoon levitettynä. Ammo-niumsulfaattiliuoksen käytön mielekkyyttä rajoittaa se, että liiallisen rikkiannoksen välttämiseksi typpian-nokset jäävät pieniksi. Noin 20 €/ha arvoisesta lannoituksesta on vaikea löytää säästöjä, vaikka lannoit-teen saisi ilmaiseksi, koska se lisää työkustannukset lisääntyvät ja koneet ruostuvat eikä siitä ole mitään erityishyötyjä, jos ei tarvita hyvin suuria rikkiannoksia. Kasvustoon levittynä syntyy helposti polttovioitusta, joka voi johtaa jopa satotappioihin. Kiteinen ammoniumsulfaatti toimii sadonmuodostuksessa lähes yhtä hyvin kuin ammoniumnitraatti. Parhaiten se sopii osaksi typpilannoitusta kylvölannoittimen starttityppilaati-kon kautta levitettynä, mutta tällöinkin säästöjä on vaikea saada 20 €/ha arvoisesta lannoituksesta. Varsi-nainen tulevaisuuden potentiaali kuitenkin löytyy väkevästä ammoniakkiliuoksesta, koska sitä voidaan käyttää huomattava osana typpilannoitusta, sen logistiset kustannukset suhteessa ravinteiden arvoon ovat kohtuulliset ja sen satovaste on hyvä. Sen käytöstä tulee haasteita kuljetuksille, varastoinnille ja levi-tykselle. Haasteet liittyvät ennen kaikkea työturvallisuuteen. Sen käyttö lannoitevalmisteena edellyttää myös muutoksia lannoitevalmistelainsäädäntöön. Solunesteellä, vinassilla ja melassilla on paikkansa markkinoilla luonnonmukaisessa tuotannossa. Luonnonmukaisen tuotannon kysyntä pitää niiden hinnan niin korkeana, että tavanomaisen tuotannon kiinnostus ei voi olla kovin suuri. Solunesteellä on kuitenkin paikkansa erikoistuotannossa, jossa tarvitaan runsaasti kaliumia.

Nestemäisten kierrätyslannoitteiden määrä markkinoilla ei ole kovin merkittävä. Käytännössä yhden bio-laitoksen tuotanto riittäisi vain sen sijaintikunnan peltojen lannoitukseen ja biolaitoksia on aika harvassa. Vielä harvemmassa on sellaisia typenpoistovaatimuksia, että niiden olisi pakko ryhtyä tuottamaan ammo-niumsulfaattia tai ammoniakkiliuosta. Typenpoistovaatimusten oleellinen lisääminen on ainoa keino tuoda näitä kierrätysravinteita markkinoille sellaisia määriä, että niiden hinta muodostuisi maataloutta kiinnosta-vaksi. Poikkeuksen tästä muodostaa luomukelpoiset tuotteet, kuten konsentroitunut perunan soluneste, vi-nassi ja melassi. Maatalouden ravinteiden käyttö on hyvin kausiluonteista, mikä on ongelmallista

biolaitoksille. Niillä ei ole mahdollisuutta varastoida näitä lannoitevalmisteita loppukevään ja alkukesän sesonkia varten alueillaan. Toisaalta niitä potentiaalisesti vastaanottavilla kasvinviljelytiloilla ei ole varastoja nestemäisille lannoitteille. Käytännössä logistiikan pitäisi perustua IBC-kontteihin, joihin sitoutuu merkittävä pääoma suhteessa niiden ravinnesisällön arvoon. Lisäksi niiden täyttämisen on merkittävä kustannuserä. Tämän vuoksi teolliset käyttömuodot, joissa näitä ravinnetuotteita otetaan vastaan tasaisesti yhdistelmäkuormina, ovat biolaitosten kannalta edullisimpia kohteita, vaikka ne eivät tuotteista maksaisikaan viljelijöitä enemmän. Käytännössä viljelijän pitäisi saada näitä lannoitevalmisteita selvästi edullisemmin kuin tavallisia rakeisia lannoita, joiden käsittelyyn heillä on valmiit logistiikkaketju ja levityslaitteet sekä osaaminen. Teolliset käyttömuodot ovatkin nielleet pääosan näistä lannoiteväkevyysisistä ravinnetuotteista eikä niitä ole oleellisia määriä riittänyt maatalouteen. Lannoitevalmistelainsäädännön vaatimukset maataloudessa käytettäville tuotteille ovat haasteellisia. Tässä mielessä tilanne ei ole kehittynyt hankkeen aikana siihen suuntaan, että tarjonta maatalouteen olisi lisääntynyt, pikemminkin päinvastoin. Kun maatalous markkina-alueena on tuntunut hankalana, vaikka se aluksi miellettiin lähes ainoaksi ravinnetuotteiden käyttäjäksi, kekseliäisyys on löytänyt näille tuotteille uusia käyttötapoja ja niiden luoma kysyntä on ollut viime aikoina riittävä, jotta niiden sisältämien ravinteiden hintataso ei ole laskenut maatalouden kannalta kiinnostavalle. Voidaankin kysyä, miksi nämä ravinnetuotteet pitäisi pyrkiä siirtämään teollisista käyttömuodoista maatalouteen, kun ne tuntuvat sinne paremmin sopivan. Kun maatalouden ravinnekierroihin on joka tapauksessa tuotava lisätyn jostain niin, miksi ei sitten tavanomaisina lannoitteina, joiden tyyppi sitten aikanaan päätyy näihin ravinnetuotteisiin ja sitä kautta kierrätetään teollisiin käyttömuotoihin. Nähdäksemme tämä on parempi järjestely kuin se, että teollisiin käyttömuotoihin käytetään neitseellisiä ravinnetuotteita ja sitten yritetään väkisin saada kierrätysravinteita ujutettua maatalouden ravinnekierroihin. Hankkeessa kehitetyt koneet, laitteet ja menetelmät antavat kuitenkin parhaat mahdollisuudet siihen, jos katsotaan hyväksi niin kuitenkin toimia. Toinen näkökulma asiaan on se, että saattaisi olla järkevämpää liittää nämä ravinnevirrat tavallisten rakeisten lannoitteiden ravinnevirtaan niin, että se ei vaatisi muutoksia siihen infrastruktuuriin, joka on rakennettu rakeisia lannoitteita varten. Tämä ei tapahdu ilman sekoitusvelvollisuutta.

Eräs keskeinen ongelma nestemäisten kierrätyslannoitteiden markkinoissa on ollut se, että biolaitoksilla ei ole ymmärretty maatalouden tarpeita. Tuotteiden oikeaa käyttöä ei ole osattu neuvoa viljelijöille eikä kummallakaan puolella ole ollut käsitystä oikeasta hintatasosta. Tähän ongelmatilanteeseen voi tuoda apua ainoastaan Soilfoodin kaltaiset toimijat, jotka toimivat biolaitosten ja viljelijöiden välissä luoden toimivat markkinat niiden välille. Lisäksi kierrätys lannoitteiden pysyminen spesifikaatioissaan, on haaste biolaitoksille ja viljelijöille. Biolaitokset ei välttämättä saa tuotettua lannoitteita, joiden pitoisuudet pysyisivät samoissa rajoissa kuin rakeisissa mineraalilannoitteissa ja mitä lannoitevalmistelainsäädäntö vaatii. Viljelijän kannalta on ensiarvoisen tärkeää tietää lannoitteen ravinne-, erityisesti typpisisältö tarkasti. Viljelijä ei voi analysoida jokaista kontillista tai edes suurempaakaan erää saadakseen tarpeeksi tarkan tiedon typpipitoisuudesta viljelyn kannalta. Tämä ongelma tuli myös kenttäkokeiden yhteydessä, jossa analysointikustannus ei ollut keskeisin ongelma, vaan koeeasetelman kannalta tarkoituksenmukainen tyyppitaso.

Hankkeen kuluessa kylvölannoitteita valmistavien ja markkinoivien yritysten vastarinta nestemäisten kierrätyslannoitteiden käytölle oli suuri. Se koettiin ilmeiseksi uhaksi niiden markkinoimalle teknologialle, vaikka käytännössä nestemäisten kierrätyslannoitevalmisteiden osuus lannoitemarkkinoissa jäisi joka tapauksessa marginaaliseksi. Niitä ei yksinkertaisesti voi tulla markkinoille mistään oleellisia määriä. Lähinnä ne voisi olla täydentäviä typenlähteitä.

11. Kirjallisuus

- Kapuinen, P. 2010a. Lietteen hyötykäyttö maataloudessa hyödyntämätön mahdollisuus. Ympäristö ja terveys 40 3: 58-64.
- Kapuinen, P. 2010b. Lietetuotteiden käyttö ohran lannoitukseen. In: Maataloustieteen Päivät 2010, 12.-13.1.2010, Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit / Toim. Anneli Hopponen. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 26: 7 p.

- Kapuinen, P. 2013. Orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö keväthehän kasvinravitsemuksessa. In: Maankäytön kestävyys: VII Maaperätieteiden päivien abstraktit / Jaana Leppälampi-Kujansuu, Helena Soinnie, Päivi Merilä, Katri Rankinen, Tapio Salo ja Pekka Hänninen (toim.). Pro Terra 61: p. 82-83.
- Kapuinen, P. & Ikäläinen, T. 2016 Biolaitoksen sivutuotteena syntyvä nestemäinen ammoniumnitraatti, ammoniumsulfaatti ja urea keväthehän lannoitteena. Maataloustieteen Päivät 2016, 12.-13. tammikuuta 2016, Viikki, Helsinki 7 s.
- Kapuinen, P., Salo, T. & Paavola, T. 2011. Organic fertilizer products as nitrogen source of barley. In: NJF Seminar 443; Utilisation of manure and other residues as fertilizers, Falköping, Sweden, 29-30 November 2011. NJF Report 7 8: p. 7-11.
- Kapuinen, P., Salo, T. & Paavola, T. 2012. Orgaaniset lannoitevalmisteet ohran typenlähteenä. In: Maataloustieteen Päivät 2012, 10.-11.1.2012 Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit / Toim. Nina Schulman ja Heini Kauppinen. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 28: 7 p.
- Kapuinen, P., Salo, T., & Ylivainio, K. 2010. Orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden analysointimenetelmät suhteessa ympäristötuen ehtoihin ja ympäristölainsäädäntöön. In: Maataloustieteen Päivät 2010, 12.-13.1.2010, Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit / Toim. Anneli Hopponen. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 26: 7 p.
- Marttinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Salo, T., Kapuinen, P., Rintala, J., Vikman, M., Kapanen, A., Torniainen, M., Maunuksela, L., Suominen, K., Sahlström, L. & Herranen, M. 2013. Biokaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmisteina. MTT Raportti 82: 70 s.
- MMM 2011. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24. Annettu Helsingissä 1. syyskuuta 2011.
- O'Sullivan, P.A., O'Donovan, J.T. & Hamman, W.M. 1981 Influence of non-ionic surfactants, ammonium sulphate, water quality and spray volume on the phytotoxicity of glufosate. Can. J. Plant Sci. 61: 391-400
- Paavola, T., Kapuinen, P., Salo, T., Rintala, J. 2011. Kierrätysravinteita biokaasulaitoksista. Vesitalous LII 1: 24-29.
- Paavola, T., Ervasti, S., Luostarinen, S., Kapuinen, P., Salo, T., Isotalo, M., Rintala, J.. 2011. Evaluation of biogas plant treating pig slurry and industrial by-products with digestate processing to value-added products. In: International IWA-Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste and Energy Crops, august 28-september 01, 2011, Vienna, Austria. 7 p.
- Salo, T., Kapuinen, P. & Tontti, T. 2011. Test for nitrogen and phosphorus availability from organic fertilizer products. In: NJF Seminar 443; Utilisation of manure and other residues as fertilizers, Falköping, Sweden, 29-30 November 2011. NJF Report 7 8: p. 71-74.
- Salo, T., Kapuinen, P. & Tontti, T. 2013. Testimenetelmät uusien orgaanisten lannoitevalmisteiden lannoitusvaikutuksen määrittämiseen. In: Maankäytön kestävyys: VII Maaperätieteiden päivien abstraktit / Jaana Leppälampi-Kujansuu, Helena Soinnie, Päivi Merilä, Katri Rankinen, Tapio Salo ja Pekka Hänninen (toim.). Pro Terra 61: p. 63-64.
- Salo, T., Kapuinen, P., Ylivainio, K., Luostarinen, S. & Paavola, T. 2010. Comparison of three different analysis methods to estimate N and P availability in organic soil amendments. In: 14th Ramiran International Conference, Treatment and use of organic residues in agriculture: Challenges and opportunities towards sustainable management, Lissabon, Portugal, 12.-15.9.2010 / Edited by: Cláudia S.C. Marques dos Santos Cordovil and Luis Ferreira. 4 p.
- Seppälä, A., Albarran, Y.M., Miettinen, H., Siguero, M.P., Juutinen, E. & Rinne, M. 2014. Selenium supplementation by addition of sodium selenate with silage additive. Agricultural and food Science 23: 81 – 88.
- Seppänen, A., Härkönen, A. & Kinnunen, O. 2019. Raportti Soilfood Oy:n toteuttamista Nesteravinne-hankkeen tilademonstraatioista.
- Seppänen, A., & Kinnunen, O. 2019. Jaetun Boost-lannoituksen astiakokeet. Käsikirjoitus. 12 s.
- Suwunnamek, U. & Parker, C. 1975. Control of Cyperus rotundus with glyphosate: the influence of ammonium sulphate and other additives. Weed Research, 15, 13-19
- Tontti, T. & Kapuinen, P. 2015. Orgaanisen maanparannusaineen levityksessä kustannukset ja työnjälki ovat ristiriidassa. Maaseudun Tiede 1: 3.
- Tontti, T., Kapuinen, P., Laurila, M., Kekkonen, J. 2014. Orgaanisten lannoitevalmisteiden hallittu varastointi peltopattereissa. In: Maataloustieteen Päivät 2014, 8.-9.1.2014 Viikki, Helsinki: esitelmät ja posterit / Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 30: [7 p.]. [\[url\]](#)
- Tontti, T., Kapuinen, P., Orajärvi, J., Joki-Tokola, E., Laurila, M. Ikäläinen, T. Kekkonen, J. Veijalainen, A.-M. 2015. Orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointi, levittäminen ja annostelu. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 46: 1 – 79. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-092-4>

Turner, D.J. & Loader, M.P.C. 1980. Effect of ammonium sulphate and other additives upon the phytotoxicity of glyphosate to *Agropyron repens* (L.) Beauv. *Weed Research*. 1980, Volume 20, 139-146.

VN 2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250. Annettu Helsingissä 18.12.2014.

Virtanen, E. & Kinnunen, O. 2019. Ammoniumsulfaatin markkinaselvitys. Käsikirjoitus. 7 s.

VN 2015. Valtioneuvoston asetus ympäristökorvauksesta 235. Annettu Helsingissä 19. maaliskuuta 2015.

Ylivainio, K. & Kapuinen, P. 2011. Effect of sewage sludges on phosphorus solubility in soil. In: NJF Seminar 443; Utilisation of manure and other residues as fertilizers, Falköping, Sweden, 29-30 November 2011. NJF Report 7 8: p. 89-92.

Ylivainio, K., Kapuinen, P. 2012. Jätevesilietefosforin liukoisuus maassa. In: Maataloustieteen Päivät 2012, 10.-11.1.2012 Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit / Toim. Nina Schulman ja Heini Kauppinen. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 28: 7 p.



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus X/2020

Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa

Glyfosaatin ja muiden rikkakasvien torjunta-aineiden käyttö tankkiseok-
sena ammoniumsulfaatin kanssa

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus X/2019

Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa

Glyfosaatin ja muiden rikkakasvien torjunta-aineiden käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa

Nesteravinne- hankkeen loppuraportti
Pentti Ruuttunen & Petri Kapuinen

Yhteistyökumppaneiden logot. (jos on, ellei, poistetaan rivi)

Viittausohje:

Tekijä, X., Tekijä, X. & Tekijä, X. 2019. Julkaisun nimi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus xx/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. xx s.

Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:

Tekijä, X., Tekijä, X. & Tekijä, X. 2018. Artikkelin nimi. Julkaisussa: Tekijä, X., Tekijä, X. & Tekijä, X. (toim.). Julkaisun nimi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus xx/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. xx-xx



ISBN xxx-xxx-xxx-xxx-x (Painettu)

ISBN xxx-xxx-xxx-xxx-x (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:xxx-xxx-xxx-xxx-x>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat:

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Pentti Ruuttunen

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Luonnonvarakeskuksessa (Luke) Jokioisissa tutkittiin vuosina 2017 ja 2018 yhteensä kuudessa kenttäkokeessa nestemäisen ammoniumsulfaatin (AMS) soveltuvuutta tankkiseoksiin viljoilla yleisesti käytettävien rikkakasvien torjunta-aineiden (herbisidien) kanssa. Nestemäisenä lannoitteena AMS:in voi levittää kasvinsuojeluruiskulla, ja rikkakasvien torjuntaan yhdistettynä lannoitus sillä ei lisää ajokertoja, mikä on sen käytön taloudellisuuden kannalta oleellinen asia. Lisäksi AMS:in on eräissä tutkimuksissa havaittu parantavan glyfosaatin tehoa. Nestemäistä ammoniumsulfaattia syntyy biolaitoksissa typenpoiston sivutuotteena. Tyypillisesti sitä syntyy muutamia tuhansia kuutimetrejä biolaitosta kohden vuodessa. Määrä riittää vain paikalliseen käyttöön ja sille on vaihtoehtoisia teollisia käyttömuotoja.

Keväällä 2017 tehtiin esitestit nestemäisen AMS:in (350 g kg⁻¹) teknisestä soveltuvuudesta tankkiseoksiin glyfosaattivalmiste Roundup Bion ja yhdeksän muun viljanviljelyssä yleisesti käytetyn herbisidivalmisteen sekä kahden kiinniteaineen kanssa. Roundup Bio, K-Trio-neste ja Ariane S soveltuivat sellaisenaan AMS-liuoksen kanssa sekoitettaviksi ja kasvinsuojeluruiskulla levitettäviksi. Pienannosvalmisteet Tooler, Logran 20 WG, Express 50 SX ja Biathlon 4D soveltuivat myös, mutta ennen AMS-liuokseen sekoittamista ne oli liuotettava pieneen määrään vettä. K-MCPA-neste, Primus ja Starane XL eivät lienneet AMS-liuokseen, kuten eivät myöskään kiinnitteet Sito Plus ja Dash. Roundup Bio valittiin valmisteeiksi tankkiseoskokeeseen. Kauralla ja ohralla tehtäviin kenttäkokeisiin tankkiseoksilla ammoniumsulfaatin kanssa valittiin neljä herbisidivalmistetta: K-Trio-neste (dikloproppi-P + MCPA + mekopropi-P), Ariane S (MCPA + fluroksipyyri + klopyralidi), Tooler (tritosulfuroni) ja Logran 20 WG (triasulfuroni).

Sekä 2017 että 2018 toteutettiin yksi ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseoskoe pelloilla, joilla esiintyi runsaasti juolavehnää ja leveälehtisiä rikkakasveja. Kokeissa testattiin ennen kevätvehnän suorakylvöä ruiskutettujen pienien Roundup Bio –annosten tehoa rikkakasveihin tankkiseoksissa AMS:in kanssa. Vuonna 2017 ennen glyfosaattikäsittelyitä ja sadonkorjuun jälkeen otetuista maanäytteistä analysoitiin glyfosaatin ja sen hajoamistuote AMPA:n pitoisuudet käsittelyistä syntyneiden jäämien määrittämiseksi.

Molempina vuosina glyfosaatin normaali käyttömäärä (Roundup Bio 3,0 l ha⁻¹) tehoi juolavehnään ja leveälehtisiin rikkakasveihin erittäin hyvin sekä vesiliuoksessa Sito Plusin kanssa että tankkiseoksena AMS:in kanssa. AMS:in väkevyyden useimmissa tankkiseoksissa oli Roundup Bion annoksen pienentäminen 2,0 litraan ei juuri heikentänyt sen tehoa. Myös Roundup Bion pienin annos 1,0 l ha⁻¹ tehoi rikkakasveihin kohtalaisesti kosteana kesänä 2017, mutta heikosti kuivissa oloissa 2018. AMS:in ja Roundup Bion tankkiseokset tehosivat rikkakasveihin yhtä hyvin kuin normaali Roundup Bion vesiliuos Sito Plus –kiinnitteen kanssa. Molempina vuosina tiheä juolavehnäkasvusto verotti ankarasti vehnäsatoa: käsittelemättömistä ruuduista satoa saatiin tuskin lainkaan, ja suurimmatkinkin sadot olivat vain 2500 kg ha⁻¹ tasoa. Glyfosaattikäsittelyistä vehnäsato oli pienin 1,0 l ha⁻¹ Roundup Bio -käsittelyssä täyden AMS-annoksen kanssa.

Syksyllä vehnän puinnin jälkeen otettujen maanäytteiden jäämäanalyyysien perusteella vaikuttaa mahdolliselta, että AMS glyfosaatin kanssa käytettynä voi nopeuttaa glyfosaatin hajoamista maassa. Toisaalta AMS ei vaikuttanut maan AMPA-pitoisuuksiin. Keväällä ennen kylvöä levitetty glyfosaatti ja sen hajoamistuote AMPA ei kulkeutunut maassa 0 – 2,5 cm pintakerrosta syvemmälle. Pienin glyfosaatin käyttömäärä eli Roundup Bio 1,0 l ha⁻¹ ei nostanut maan glyfosaatti ja AMPA –pitoisuuksia kevään taustapitoisuuksiin nähden eli ne näyttivät hajoavan kasvukauden aikana.

Molempina koevuosina toteutettiin yksi ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseoskoe kauralla ja toinen ohralla lohkoilla, joilla esiintyi monia kevätiljapelloille tyypillisiä siemenrikkakasveja. Kokeissa

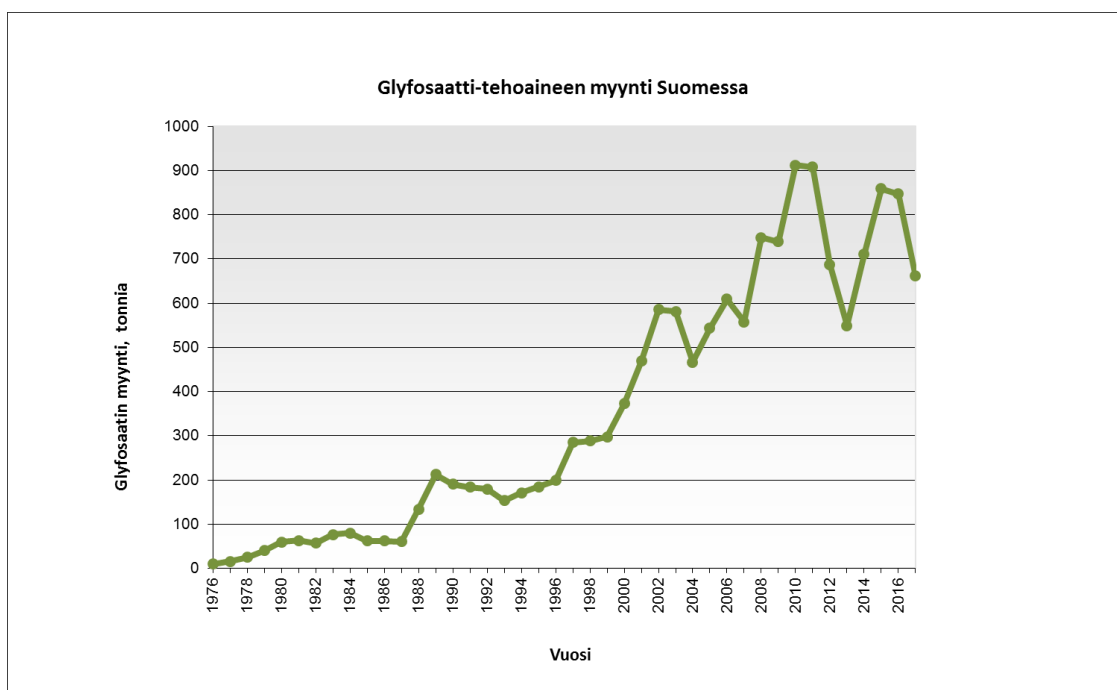
testattiin täysin kylläisen AMS-liuoksen (350 g kg^{-1}) soveltuvuutta sellaisenaan tankkiseoksiin. Sateisena kesänä 2017 rikkakasveja oli runsaammin kuin kuivana kesänä 2018. Molempina vuosina AMS aiheutti polttovioitusta kauran ja ohran lehdissä K-Trion -nesteen ja Ariane S:n kanssa mutta ei sato-tappioita. Kun AMS-liuosta käytettiin tankkiseoksena sulfonyyliureaalmisteiden Tooler ja Logran 20 WG kanssa, herbisidien kanssa suositeltu kiinnite Sito Plus jouduttiin jättämään pois, koska se ei liuennut AMS-liuokseen. Erityisesti kuivissa olosuhteissa kesällä 2018 sulfonyyliureaalmisteiden teho lähes kaikkiin rikkakasveihin oli tankkiseoksina AMS:in kanssa ilman kiinnitettä heikompi kuin vesiliuoksissa Sito Plus -kiinnitteen kanssa. K-Trion rikkakasvitehoon AMS -lisäys ei vaikuttanut, mutta Ariane S:n tehoa se heikensi hiukan. Käsittelyt eivät vaikuttaneet ohran tai kauran satomääriin.

Asiasanat: AMS, ammoniumsulfaatti, herbisidi, glyfosaatti

1. Johdanto	6
2. Tekniset esitettit tankkiseoksilla	8
2.1. Esitestien tulokset	8
2.2. Testiaineiksi valittujen herbisidien vaikutustavat	9
3. Aineisto ja menetelmät	10
3.1. Ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseosten vaikutus torjuntatehoon ja satoon vuosina 2017 ja 2018 sekä jäämiin vuonna 2017	10
3.1.1. Kevätvehnä 2017	10
3.1.2. Kevätvehnä 2018	11
3.2. Muiden herbisidien käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa kaurassa ja ohrassa 2017 ja 2018	12
3.2.1. Kasvukausi 2017	13
3.2.2. Kasvukausi 2018	13
4. Tulokset	15
4.1. Ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseosten vaikutus torjuntatehoon ja satoon vuosina 2017 ja 2018	15
4.1.1. Tehokkuus rikkakasveihin kasvukaudella 2017	15
4.1.2. Ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseosten vaikutus maan glyfosaatti- ja AMPA-jäämiin	16
4.1.3. Tehokkuus rikkakasveihin kasvukaudella 2018	17
4.1.4. Kaura ja ohra 2017	18
4.1.5. Kaura ja ohra 2018	20
5. Tulosten tarkastelu	23
5.1. Ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseokset	23
5.2. Ammoniumsulfaatin ja muiden herbisidien tankkiseokset	25
6. Johtopäätökset	26
7. Viitteet	27

1. Johdanto

Glyfosaatti on maailman eniten käytetty rikkakasvien torjunta-aine (Valavanidis 2018). Suomessa glyfosaatti on kaikkein eniten käytetty kasvinsuojeluaine: vuonna 2018 sen käyttömäärä maataloudessa oli 542 tonnia, joka on 59 % kaikkien kasvinsuojeluaineiden (tehoaineiden) käyttömäärästä (Luken maataloustilasto). Glyfosaatin myyntimäärät Suomessa kasvoivat nopeasti Monsanto glyfosaattipatentin rauettua vuonna 2000 ja valmistajien kilpailun laskettua glyfosaatin hintaa merkittävästi (uva 1). Samaan aikaan Suomessa yleistynyt suorakylvömenetelmä todennäköisesti myös lisäsi glyfosaatin käyttöä; glyfosaatilla voidaan tehokkaasti torjua rikkakasvit ennen suorakylvöä. Glyfosaatti on viime aikoina ollut paljon mukana keskusteluissa sen syöpävaaraepäilyjen vuoksi (Cressey 2015). EU-hyväksynnän ollessa umpeutumassa syksyllä 2017 glyfosaatin uudelleenhyväksyntä oli vakavasti vaakaalaudalla. Euroopan kemikaalivirasto ECHA arvioi kuitenkin, ettei glyfosaatin syöpävaarallisuudesta ole riittävää tieteellistä näyttöä (ECHA 2017), ja lopulta EU-komissio päätti 27.11.2017 jatkaa glyfosaatin hyväksyntää viidellä vuodella eli 2022 joulukuulle saakka (European Commission 2017). Euroopan elintarviketurvallisuusviranomainen EFSA totesi monissa glyfosaattivalmisteissa käytetyn POEA-apuaineen (polyetoksyloitu talialkyyliamiini) kuitenkin terveydelle haitalliseksi, ja sitä sisältävien valmisteiden käyttö kiellettiin EU-komission päätöksellä jo 1.8.2016 (EU:n virallinen lehti 2016).



Kuva 1. Glyfosaatin myyntimäärät Suomessa vuosina 1976 – 2017 (Lähde: Tukes).

Ammoniumsulfaatin käyttöä glyfosaatin vaikutuksen tehostamiseen tutkittiin 70 ja 80-luvuilla intensiivisesti, koska glyfosaatin hinta oli silloin huomattavasti nykyistä korkeampi (Suwunnamek ja Parker 1975, Turner ja Loader 1980, O’Sullivan 1981, Hallgren ja Nilsson 1989a, 1989b). Käyttömäärän pienentämisestä sen tehoa parantavilla aineilla oli merkittävää taloudellista hyötyä viljelijälle. Suomessa glyfosaatin maatalouskäyttö on keskittynyt viljapelloille, joilla siitä käytetään 70 % (Peltonen 2016). Nurmilla käytetään 12 % ja öljy- ja palkokasveilla 8 %. Muu käyttö on vähäistä, yhteensä 10 %. Ennen vuosituhanen vaihdetta glyfosaattia käytettiin pääasiassa syksyllä, yleensä juolavehnän torjuntaan viljojen puinnin jälkeen. Suorakylvön yleistyttyä glyfosaatin kevätkäyttö on lisääntynyt niin, että ProAgrian lohkotietopankin 2010 - 2014 tietojen mukaan kokonaiskäyttömäärästä käytetään huhtikesäkuussa jo yhtä paljon (36 %) kuin syys-lokakuussa (36 %)(Peltonen 2016). Nykyisin ainekustannus esimerkiksi ennen suorakylvöä tehtävässä juolavehnän torjunnasta suositelluilla varsin suurilla

annoksilla on vain noin 18 € ha⁻¹ (Peltonen 2019), jolloin annoksen pienentämisestä saatava taloudellinen hyöty säästyneenä ainekustannuksena jää pieneksi. Viljakasvustosta juolavehnää voi torjua kemiallisesti vain vehnällä, ja torjunnan ainekustannus on valmisteesta riippuen 28 – 42 €. Glyfosaattianoksen pienentämisellä voitaisiin vähentää haitallisten hajoamistuotteista aiheutuvaa kuormitusta. Hajoamistuotteista keskeisin on aminometyylifosforihappo (AMPA) (Laitinen 2009). Sen hajoamisnopeus on pienempi kuin glyfosaatin, joten sen pitoisuus maassa voi olla suurempi kuin glyfosaatin. Glyfosaattia ja sen hajoamistuotteita voi olla maassa, siinä kasvaneissa kasveissa ja vedessä. Glyfosaatti ja sen hajoamistuotteet ovat fosforiyhdisteitä, ja ne sitoutuvat tehokkaasti maassa samolle paikoille kuin fosfori. Jos maa sisältää runsaasti fosforia, glyfosaatille ja AMPA:lle on vähemmän sitoutumispaikkoja, jolloin niiden kulkeutuvuusriski kasvaa. Glyfosaatti ja AMPA ovat hyvin vesiliukoisia, mutta pohjavesistä niitä löytyy harvoin, esim. Lahden pohjavesiselvityksessä 2000 – 2013 ei lainkaan (Malin ym. 2014). Suomessa havaitut suurimmatkin pitoisuudet pohjavesissä ovat olleet hyvin pienet suhteessa ympäristön laatonormeihin (torjunta-aineiden raja-arvo 0,1 µg l⁻¹) (Juvonen & Gustavsson 2015).

Suorakylvössä juolavehnan torjuminen on vaikeaa ilman kemiallista torjuntaa, joka käytännössä tarkoittaa glyfosaatin käyttöä ennen suorakylvöä. Palaaminen perinteiseen kylvötapaan lisäisi merkittävästi työnmenekkiä lisääntyneiden muokkaustoimien takia. Näin ollen siitä, että glyfosaatin käyttöä voitaisiin jatkaa vähentämällä hajoamistuotteiden kuormitusta, olisi merkittävää taloudellista hyötyä myös maataloudelle.

AMS:ia voitaisiin luontevasti käyttää myöhemminkin kasvukauden aikana eri kasvinsuojelutoimenpiteiden yhteydessä lisälannoitukseen. Kun lisälannoitus voidaan yhdistää johonkin kasvinsuojelutoimenpiteeseen, siitä ei aiheudu ylimääräistä työkustannusta. Osa typpilannoituksesta voidaan jättää keväällä antamatta ja sen taso voidaan säätää kohdalleen kasvin tarpeen mukaan kasvukauden mukaisesti. Tässä tutkimushankkeessa päätettiin tutkia, soveltuisiko AMS tankkiseoksiin viljoilla yleisesti käytettyjen rikkakasvien torjunta-aineiden eli herbisidien kanssa. Esimerkiksi Yhdysvalloissa on käytetty AMS:ia kiinnitteen korvikkeena erityisesti herbisidien kanssa, jotka ovat ns. heikkoja happoja (Pratt ym. 2003, Wosnica ym. 2003). Yleensä tarkoituksena on ollut kuitenkin herbisidin tehon parantaminen, ja ammoniumsulfaatin pitoisuus tankkiseoksissa on ollut melko pieni. Tässä hankkeessa oli kuitenkin ensisijaisesti tarkoitus selvittää, voitaisiinko lisälannoitteena käytettävää väkevää AMS-liuosta levittää herbisidien kanssa tankkiseoksena siten, että herbisidien teho säilyy normaalina eikä viljelykasveille aiheudu vioituksia.

2. Tekniset esitettit tankkiseoksilla

Keväällä 2017 tehtiin esitettit nestemäisen ammoniumsulfaatin teknisestä soveltuvuudesta tankkiseoksiin glyfosaattivalmiste Roundup Bion ja yhdeksän muun viljanviljelyssä yleisesti käytetyn herbisidivalmisteen sekä kahden kiinniteaineen kanssa.

Esitettiin valittiin yleinen glyfosaattivalmiste Roundup Bio ja yhdeksän muuta yleisintä (herbisidivalmisteiden myyntitilaston 2015 mukaan) herbisidivalmistetta Tooler, K-MPCA-neste, K-Trio-neste, Logran 20 WG, Express 50 SX, Ariane S, Oxitril, Primus ja Starane XL. Valmistettiin kiteisestä ammoniumsulfaatista 35 paino-% (350 g kg^{-1}) vesiliuos. Liuoksen ominaispaino oli $1,2 \text{ kg l}^{-1}$, jolloin AMS-pitoisuus liuostilavuutta kohti oli 420 g l^{-1} . Kunkin herbisidivalmisteen ja ammoniumsulfaatin (AMS) tankkiseosten toimivuus testattiin seuraavasti.

Herbisidivalmiste sekoitettiin ämpärissä 1,0 litraan 35 % AMS –liuosta ($20 \text{ }^\circ\text{C}$ neste). Sekoitussuhteenä käytettiin herbisidin normaalia käyttömäärää kg ha^{-1} tai l ha^{-1} AMS -liuoksen käyttömäärässä 200 l ha^{-1} . Tutkittiin silmämääräisesti, liukeneeko valmiste AMS –liuokseen sekoitusämpärissä. Lisättiin mahdollinen kiinnite ja tehtiin uudet havainnot sekoittumisesta. Liuos kaadettiin siivilällä varustetun suppilon läpi koeruuturuiskun tankkiin ja tutkittiin, jääkö siivilään jotain. Ruiskutettiin koeruuturuiskun läpi (Hardi 4110-12 –viuhkasuuttimet, 2.0 bar paine, ulkoilman lämpötila $7 \text{ }^\circ\text{C}$) ja kerättiin joka suuttimen tuotto ämpäreihin. Punnittiin ruiskutteen määrä ämpäreissä. Tutkittiin ja pestiin suuttimet ja suutinten suodattimet. Testattiin seuraava valmiste samalla tavoin.

Koska pienannosaineet Logran 20 WG ja Express 50 SX eivät lienneet suoraan AMS –liuokseen, niille tehtiin uusintatesti siten, että valmiste liuotettiin ensin 50 ml:aan puhdasta vettä ja sitten vasta AMS –liuokseen (2000 ml).

Valittiin kenttäkokeisiin sellaisia valmisteita, jotka liukenivat hyvin AMS -liuokseen (joko suoraan tai pieneen vesimäärään liuotettuna) ja jotka läpäisivät ruiskun siten, että suutinten tuotto oli tasainen eikä suutinten suodattimiin jäänyt epäpuhtautta.

2.1. Esitestien tulokset

Roundup Bio, K-Trio-neste ja Ariane S liukenivat hyvin 35 %:iseen AMS-liuokseen ja soveltuivat tankkiseoksena kasvinsuojeluruiskulla levitettäviksi. Pienannosaineet Tooler, Logran 20 WG, Express 50 SX ja Biathlon 4D liukenivat myös AMS-liuokseen, mutta vasta kun ne oli ensin liuotettu pieneen määrään puhdasta vettä. K-MCPA -neste muodosti AMS-liuoksessa suolamaista sakkaa, ja Primus ja Starane XL muodostivat liuokseen klumppejä. Kiinnitteet Sito Plus ja Dash eivät myöskään lienneet AMS-liuokseen, vaan ne nousivat öljymäisinä palloina ja lauttoina liuoksen pinnalle. Myöhemmin testattiin myös muiden saatavilla olleiden kiinnitteiden (Viljelyohjelma-kiinnite, Biopower, Mero, Renol ja PG26N) liukenevuutta AMS-liuokseen yhtä huonoin tuloksin. Biopower näytti aluksi liukenevan hiukan paremmin kuin muut, mutta sekin saostui ja saostunut aines nousi liuoksen pintaan. Muut kiinnitteet käyttäytyivät samoin kuin Sito Plus ja Dash.



Kuva 2. Esitestien toisessa vaiheessa pienannosaineet liuotettiin ensin 50 ml:aan puhdasta vettä ennen kuin ne sekoitettiin AMS -liuokseen.

Johtopäätökset teknisistä esitesteistä olivat seuraavat. Kenttäkokeet voidaan toteuttaa pääosin suunnitellulla tavalla ja soveltuvia valmisteita on riittävästi. Kiinnitteet on jätettävä pois AMS - käsittelyistä, koska ne eivät liukene vaan nousevat öljymäisinä AMS-liuoksen pinnalle eivätkä siten toimi ruiskutteessa tarkoitetulla tavalla. Glyfosaatti -kenttäkokeisiin hyväksytään testiaineeksi Roundup Bio (glyfosaatin isopropyliamiinisuola 360 g l^{-1}). Valikoivien herbisidien kenttäkokeisiin valitaan kaksi herbisidiä vaikutustaparyhmästä synteettiset auksiinit: K-Trio (diklorproppi-P + MCPA + mekopropi-P) ja Ariane S (MCPA + fluorksiipyyri + klopuralidi) ja kaksi herbisidiä vaikutustaparyhmästä ALS –estäjät: Tooler (tritosulfuroni) ja Logran 20 WG (triasulfuroni).

2.2. Testiaineiksi valittujen herbisidien vaikutustavat

Glyfosaatin (Roundup Bio) vaikutustapa perustuu siihen, että se estää kasveissa ns. EPSPS –entsyymin toiminnan, jota tarvitaan kasvien proteiinisynteesille välttämättömien aminohappojen synteesissä (Duke & Powles 2008). Glyfosaatti on ns. valikoimaton herbisidi, joka tehoaa lähes kaikkiin kasvilajeihin.

Synteettiset auksiinit (K-Trio ja Ariane S) puolestaan vaikuttavat kasveissa hormonaalisesti siten, että mm. etyleeniä erittyy kasveissa poikkeuksellisen runsaasti, mikä johtaa epämuodostumiin ja johtojänteiden tukkeutumiseen (Grossman 2009). Synteettiset auksiinit ovat ns. valikoivia herbisidejä eli ne tehoavat useimpiin kaksisirkkaisiin (leveälehtisiin) kasveihin, mutta ovat turvallisia yksisirkkaisille kasveille kuten viljoille. Yksisirkkaisten kasvien kestävyys synteettisille auksiineille perustuu pääasias- sa näiden kasvien kykyyn hajottaa tehoaine nopeasti vaarattomiksi molekyyleiksi.

ALS –estäjien (Tooler ja Logran 20 WG) vaikutus kasveissa perustuu siihen että ne estävät kolmen aminohapon synteesissä tarvittavan asetolaktaasin syntaasiensyymien (ALS) toiminnan (Mukula & Salonen 1990). Synteettisten auksiinien tapaan ALS –estäjät ovat valikoivia eli ne tehoavat useimpiin kaksisirkkaiskasveihin mutta ovat viljoille melko turvallisia. Myös ALS –estäjien valikoivuus perustuu nopeaan hajoamiseen viljoilla ja muilla yksisirkkaiskasveilla, mutta niilläkin nähdään usein tilapäistä vioitusta (esim. vaalenemista), koska ALS-estäjät hajoavat kasveissa hitaammin kuin esimerkiksi synteettiset auksiinit.

3. Aineisto ja menetelmät

Jokioisissa toteutettiin kolme kenttäkoetta kasvukaudella 2017 ja toiset kolme kasvukaudella 2018. Kaikki kenttäkokeet tehtiin GEP-laaturjärjestelmän mukaisesti, ja niissä noudatettiin pääpiirtein kasvinsuojeluainekokeiden EPPO PP1 -standardeja (<https://pp1.eppo.int/>). Kaikissa kenttäkokeissa oli neljä kerrannetta ja niiden koemalli oli satunnaistettujen lohkojen muotoinen. Ruiskutettujen koe-ruutujen koko oli 3 m x 8 m, puitavien nettoruutujen yleensä 2 m x 6,8 m. Koeruuturuiskutukset toteutettiin kannettavilla, 3 metrin mittaisilla ruiskupuomeilla varustetuilla paineilmakäyttöisillä koe-ruuturuiskuilla, joiden levitysmäärä ja –tasaisuus oli kalibroitu koevuosien keväällä. Glyfosaattikokeiden paikoiksi valittiin hyvin juolavehnäiset peltolohkot, joita ei ollut ruiskutettu glyfosaatilla eikä kynnetty edellissyksynä. Neljä muuta kenttäkoetta (kaura ja ohra vuonna 2017 ja kaura ja ohra vuonna 2018) toteutettiin syyskynetyillä ja ennen kylvöä äkeellä kylvömuokatuilla lohkoilla, joille taimetui runsaasti eri siemenrikkakasvilajeja ennen ruiskutusta.

3.1. Ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseosten vaikutus torjuntatehoon ja satoon vuosina 2017 ja 2018 sekä jäämiin vuonna 2017

Tutkimuskysymykset glyfosaattikokeissa olivat seuraavat. 1) Voidaanko glyfosaatin käyttömäärää pienentää rikkakasvitehon kärsimättä lisäämällä tankkiseokseen AMS:ia? Kokeeseen valittu Roundup Bio –glyfosaattivalmiste on Suomessa kauan käytetty glyfosaatin isopropyliammoniumsulavalmiste, jonka käyttöohjeessa pienten käyttömäärien kanssa suositellaan käytettäväksi Sito Plus –kiinnitettä (etoksoloitu alkoholi). Kokeissa testattiin voisiko AMS korvata Sito Plus –kiinnitteen. 2) Miten käsittelyt vaikuttavat maan ja vehnäsadon glyfosaattipitoisuuteen?

3.1.1. Kevätvehnä 2017

Koe sijoitettiin ja ruudutettiin juolavehnäiselle lohkolle Jokioisten Minkiöllä (60,864694 °N, 23,429803 °E) toukokuun alussa 2017. Käsittelyt ruiskutettiin kannettavalla, 3 metrin mittaisella ruiskupuomilla varustetulla paineilmakäyttöisellä koeruuturuiskulla 16.5.2017. Tuolloin juolavehnä oli jo hyvässä kasvussa 2-3 lehtiasteella, peittäen 21 – 25 % maan pinnasta. Muita rikkakasveja oli koetta ruiskutettaessa hyvin vähän ja epätasaisesti, eikä niiden peittävyttä havainnoitu. 10 päivää ruiskutuksen jälkeen 26.5.2017 kokeelle kylvettiin Wanamo –kevävehnä suorakylvömenetelmällä.

Käsittelyt:

1. Käsittelemätön
2. 35 % AMS 57 l ha⁻¹
3. 35 % AMS 200 l ha⁻¹
4. Roundup Bio 3,0 l ha⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha⁻¹
5. 35 % AMS 57 l ha⁻¹ + Roundup Bio 1,0 l ha⁻¹
6. 35 % AMS 200 l ha⁻¹ + Roundup Bio 1,0 l ha⁻¹
7. 35 % AMS 57 l ha⁻¹ + Roundup Bio 2,0 l ha⁻¹
8. 35 % AMS 57 l ha⁻¹ + Roundup Bio 3,0 l ha⁻¹

Kaikissa ruiskutettavissa käsittelyissä (2-8) ruiskutteen määrä oli 200 l ha⁻¹. Nestemäisen AMS:in levitysmäärä ollessa 200 l ha⁻¹ ruiskutteeseen ei sen lisäksi käytetty vettä. Tällöin AMS:in lopullinen pitoisuus ruiskutteessa oli 84 kg 200 litrassa ruiskutetta, jolloin ruiskutteen typpilannoitusvaikutus oli 17,6 kg ha⁻¹. Käytettäessä AMS:ia 57 l ha⁻¹, ruiskutteeseen lisättiin vettä 143 l ha⁻¹, jotta nestemäärä olisi

yhteensä 200 l ha⁻¹. Tällöin AMS:in lopullinen pitoisuus ruiskutuksessa oli 24 kg 200 litrassa ruiskutetta, jolloin ruiskutteen typpilannoitusvaikutus oli noin 5,0 kg ha⁻¹.

Havainnot:

Visuaaliset tehokkuushavainnot tehtiin juolavehnästä, pelto-orvokista ja voikukasta kahdesti kasvu-kauden aikana. Viljasato korjattiin 23.10.2017 koeruutupuimurilla (satoruutu poikkeuksellisesti 2.3 m x 6,8 m), lajiteltiin, punnittiin, näytteiden kosteus ja hehtolitraino määritettiin ja laskettiin kosteusvakioidut (14 %) ruutusadot kg ha⁻¹.

Jäämäanalyysit:

Koelohkolla oli käytetty glyfosaattia viimeksi 25.8.2015, jolloin monivuotinen rehunurmi oli lopetettu glyfosaatilla (Glyfonova Bio 3,0 l ha⁻¹, glyfosaattipitoisuus 360 g l⁻¹). Näytteet glyfosaatin taustapitoisuuksien määrittämiseksi otettiin maasta 5.5.2017 ennen ruiskutusta (16.5.2017) kerranteittain 0 – 2,5 cm ja 2,5 – 25 cm kerroksista. Taustapitoisuudet analysoitiin touko-kesäkuussa 2017. Heti puinnin jälkeen 25.10.2017 otettiin maanäytteet käsittelyistä 1, 4, 5 ja 8 ruuduittain 0 – 2,5 cm ja 2,5 – 25 cm syvyyksistä. Näytteitä ei otettu kaikista käsittelyistä jäämäanalyysien kalleuden vuoksi. Katsottiin, että näytteet käsittelemättömästä (1), suuresta glyfosaattiannoksesta ilman AMS:ia (4) ja AMS:in kanssa (8) ja pienin glyfosaattiannos AMS:in kanssa (5) mahdollistivat riittävät vertailut käsittelyjen välillä. Näytteet homogenisoitiin ja pakastettiin 31.10.2017, ja glyfosaatti ja AMPA -pitoisuudet analysoitiin tammikuussa 2018. 23.10.2017 puidusta vehnäsadosta otettiin lajitelluista näytteistä osanäytteet käsittelyistä 1,4, 5 ja 8 ruuduittain, pakastettiin marraskuussa 2017 ja niistä analysoitiin ja glyfosaatti ja AMPA -pitoisuudet tammikuussa 2018.

3.1.2. Kevätvehnä 2018

Koe sijoitettiin runsaasti juolavehnää, voikukkaa, piharatamoa ja saunakukkaa sisältävälle lohkolle Jokioisten Kiipulla (60,825762 °N, 23,411884 °E). Käsittelyt ruiskutettiin 15.5.2018 ja Herttua – kevätvehnä suorakylvettiin 18.5.2018. Koetta ruiskutettaessa juolavehnä oli jo hyvässä kasvussa 2-3 lehtiasteella, peittäen 21 – 44 % maan pinnasta. Myös voikukan, saunakukan ja piharatamon kasvu oli alkanut, ja kunkin lajin peittävyys maan pinnasta vaihteli noin yhdestä neljään prosenttiin. Edellisvuoden kokeen pelkkää AMS:ia sisältävät käsittelyt jätettiin pois ja korvattiin 1,0 l ha⁻¹ ja 2,0 l ha⁻¹ Roundup Bioa + kiinnitteen vesiliuoksessa sisältävillä käsittelyillä, jolloin saatiin verrannekäsittelyt AMS:ia sisältäville Roundup Bion pienille käyttömäärille.

Käsittelyt:

1. Käsittelemätön
2. Roundup Bio 1,0 l ha⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha⁻¹
3. Roundup Bio 2,0 l ha⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha⁻¹
4. Roundup Bio 3,0 l ha⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha⁻¹
5. 35 % AMS 200 l ha⁻¹ + Roundup Bio 1,0 l ha⁻¹
6. 35 % AMS 57 l ha⁻¹ + Roundup Bio 1,0 l ha⁻¹
7. 35 % AMS 57 l ha⁻¹ + Roundup Bio 2,0 l ha⁻¹
8. 35 % AMS 57 l ha⁻¹ + Roundup Bio 3,0 l ha⁻¹

käsittelyihin 2 - 4 AMS:ia levitettiin kiteisenä maan pinnalle juuri ennen ruiskutusta 17,5 kg ha⁻¹ typpimäärää vastaava määrä eli sama määrä, jonka käsittely 5 sai tankkiseoksessa. Tämä muutos edellisvuoteen tehtiin AMS:in lannoitusvaikutuksen eliminoimiseksi käsittelyjä vertailtaessa. Tässä tapahtui kuitenkin pieni erehdys: olisi pitänyt levittää pienempi määrä eli 57 litraa nestemäistä AMS:ia vastaava määrä (5,0 kg ha⁻¹ tyyppiä), jotta kaikkia glyfosaattiannoksia olisi voitu vertailla. Kaikissa ruiskutet-

tavissa käsittelyissä (2-8) ruiskutteen määrä oli 200 l ha⁻¹. Kun nestemäisen AMS:in määrä oli 200 l ha⁻¹, ruiskutteeseen ei sen lisäksi käytetty vettä. Kun AMS:ia käytettiin 57 l ha⁻¹, ruiskutteeseen lisättiin vettä 143 l ha⁻¹ (nestemäärä yhteensä 200 l ha⁻¹). Koska tällä kokeella oli hyvin runsaasti leveälehtisiä rikkakasveja, ne torjuttiin hyvän viljelykäytännön mukaisesti ruiskuttamalla Ariane S 2,0 l/ha koko kokeen yli 6.7.2019.

Kevät ja alkukesä 2018 olivat poikkeuksellisen kuivia, minkä vuoksi suorakylvetyn kevätvehnän orastuminen viivästyi. Koetta kasteltiin levittämällä kokeelle vettä lietevaunulla 13. - 15.6. yhteensä noin 40 mm sadetta vastaava määrä. Pian sen jälkeen saatiin myös sadetta, vehnä orastui ja koe onnistui lopulta melko hyvin.



Kuva 3. Glyfosaatti + ammoniumsulfaatti (AMS) suorakylvetyllä Herttua -kevätvehnällä Jokioisissa 5.7.2018.

Havainnot:

Visuaaliset tehokkuushavainnot tehtiin juolavehnään, voikukkaan, piharatamoon ja saunakukkaan kahdesti kasvukauden aikana. Viljasato puitiin 19.9.2018 koeruu-putuurilla joka punnitsi vehnäsaadon puinnin yhteydessä. Puimurin kosteusanturi mittasi myös ruutusatojen puintikosteuden, mutta pienimpien ruutusatojen kosteusmittaukset olivat selvästi virheellisiä, minkä vuoksi suurimpien ruutusatojen puintikosteutta käytettiin ruutusatojen muuntamiseen kosteusvakioituiksi (14 %) ruutusadoiksi kg ha⁻¹. Vuoden 2018 kokeesta ei tutkittu glyfosaatin ja AMPA:n jäämiä maassa.

3.2. Muiden herbisidien käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa kaurassa ja ohrassa 2017 ja 2018

Jokioisissa toteutettiin kaksi kenttäkoetta vuonna 2017 ja kaksi vuonna 2018 käytännössä samalla koesuunnitelmalla. Molempina vuosina koekasveina oli kaura ja ohra. Koesuunnitelma sisälsi neljä herbisidivalmistetta normaalisti vesiliuoksessa ja tankkiseoksena täysin kylläisen eli 35 % väkevyisen (350 g kg⁻¹) AMS-liuoksen kanssa. Tankkiseokäsittelyissä AMS:in lopullinen pitoisuus ruiskutteessa oli 84 kg 200 litrassa ruiskutetta, jolloin ruiskutteen typpilannoitusvaikutus oli 17,6 kg ha⁻¹. Käsittelyt kaikissa neljässä kenttäkokeessa olivat seuraavat:

1. Käsittelemätön
2. 35 % AMS 200 l ha⁻¹
3. K-Trio 1,5 l ha⁻¹ (pienin normaaliannos) (+ 200 l ha⁻¹ vettä)
4. 35 % AMS 200 l ha⁻¹ + K-Trio 1,5 l ha⁻¹
5. Ariane S 1,75 l ha⁻¹ (pienin normaaliannos) (+ 200 l ha⁻¹ vettä)
6. 35 % AMS 200 l ha⁻¹ + Ariane S 1,75 l ha⁻¹
7. Tooler 50 g ha⁻¹ (normaaliannos) (+ 200 l ha⁻¹ vettä) + Sito Plus 0,2 l ha⁻¹
8. 35 % AMS 200 l ha⁻¹ + Tooler 50 g ha⁻¹
9. Logran 20 WG 20 g ha⁻¹ (normaaliannos) (+ 200 l ha⁻¹ vettä) + Sito Plus 0,2 l ha⁻¹
10. 35 % AMS 200 l ha⁻¹ + Logran 20 WG 20 g ha⁻¹

Kaikki kokeet ruiskutettiin normaaliin rikkakasvien torjunnan aikaan juuri ennen viljojen korrenkasvun alkua kun rikkakasvit olivat hyvässä kasvussa. Kaikista kokeista tehtiin visuaaliset tehokkuushavainnot eri rikkakasvilajeihin kahdesti ja visuaaliset voitushavainnot viljelykasveissa kahdesti kasvukauden aikana. Viljat puitiin koeruutupuimurilla, joka punnitsi ruutusadon ja määrittä sen puintikos-teuden ja laskettiin kosteusvakioitua (14 %) ruutusadot kg ha⁻¹.

3.2.1. Kasvukausi 2017

Venla-kaura kylvettiin 13.5.2017 siemenmäärällä 197 kg ha⁻¹ ja kokeen sijainti oli 60,80348 °N, 23,45131 °E. Maalaji kaurakokeella oli runsasmultainen hietasavi, pH 6,0 ja kylvölannoitus Befert NPK 27-3-5 447 kg ha⁻¹ (N 120 kg ha⁻¹). Vipekka-ohra kylvettiin samoin 13.5.2017 siemenmäärällä 200 kg ha⁻¹ ja kokeen sijainti oli 60,81728 °N, 23,48286 °E. Maalaji kokeella oli multava hiuesavi, pH 6,0 ja kylvölannoitus Yara NPKS 27-3-3 350 kg ha⁻¹ (N 95 kg ha⁻¹). Ohra ruiskutettiin 14.6.2017 ja kaura 19.6.2017. Kaura puitiin 29.9.2017 ja ohra 7.9.2017, molemmat poikkeuksellisen myöhään viileän ja sateisen kasvukauden vuoksi. .

Kaurassa ja ohrassa oli runsaasti kevätiljoille tyypillisiä siemenrikkakasveja. Käsittelemättömissä ruuduissa niitä oli eri lajeja yhteensä keskimäärin 273 kpl m⁻², runsaimpina lajeina jauhosavikka ja pihatähtimö. Torjunnan tehokkuushavainnot varten niissä oli riittävästi peltomataraa, peltoemäkkiä ja punapeippiä. Ohrakokeen rikkakasvitiheys oli huomattavasti suurempi: siemenrikkakasveja oli käsittelemättömissä ruuduissa keskimäärin yhteensä peräti 1886 kpl m⁻². Myös ohrakokeen runsaimmat rikkakasvilajit olivat jauhosavikka ja pihatähtimö, ja muut havainnoidut lajit olivat peltomatar, linnunkaali ja punapeippi.

3.2.2. Kasvukausi 2018

Alku-kaura kylvettiin 14.5.2018 siemenmäärällä 195 kg ha⁻¹ ja kokeen sijainti oli 60,81600 °N, 23,486662 °E. Maalaji kaurakokeella oli multava hiuesavi, pH 6,0 ja kylvölannoitus Befert Can 27 350 kg ha⁻¹ (N 95 kg ha⁻¹). Edvin-ohra kylvettiin 11.5.2018 siemenmäärällä 220 kg ha⁻¹ ja kokeen sijainti oli 60,80344 °N, 23,45406 °E. Maalaji ohrakokeella oli runsasmultainen hietasavi, pH 6,0 ja kylvölannoitus Befert NPK 27-3-5 296 kg ha⁻¹ (N 80 kg ha⁻¹). Ohra ruiskutettiin 11.6.2018 ja kaura 8.6.2018. Kuivana kesänä kokeet päästiin puimaan aikaisin: molemmat kokeet puitiin 22.8.2018.

Koesuunnitelma oli muutoin kuten vuonna 2017, mutta kasvukaudella 2018 AMS:in lannoitusvaikutus pyrittiin poistamaan käsittelyjen vertailusta. Siksi käsittelyihin 3, 5, 7 ja 9, joissa herbisidit ruiskutettiin normaaleissa vesiliuoksissa, AMS:ia levitettiin kiteisenä maan pinnalle juuri ennen ruiskutusta 17,6 kg ha⁻¹ typpimäärää vastaava määrä eli sama määrä, jonka käsittelyt 4, 6, 8 ja 10 saivat tankkiseoksissa.

Kaurassa ja ohrassa oli monia kevätiljoille tyypillisiä siemenrikkakasveja. Rikkakasvien tiheydet olivat kuitenkin selvästi pienempiä kuin edellisvuoden kokeissa, mikä todennäköisesti johtui kesän 2018 erittäin kuivista kasvuoloista. Kaurassa siemenrikkakasveja oli keskimäärin yhteensä 102 kpl m⁻², mut-

ta lajisto oli melko suppea: vain peltomataraa, jauhosavikkaa ja punapeippiä oli riittävästi tehokkuushavaintoihin. Ohrakokeella siemenrikkakasveja oli käsittelemättömissä ruuduissa hiukan vähemmän, keskimäärin yhteensä 49 kpl m⁻². Lajisto oli kuitenkin monipuolisempi kuin kaurassa: punapeippi, jauhosavikka ja pillikkeet olivat runsaimmat lajit ja kokeella oli tehokkuushavaintoja varten juuri riittävästi myös pihatähtimöä, peltoemäkkiä ja peltomataraa.

4. Tulokset

4.1. Ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseosten vaikutus torjuntatehoon ja satoon vuosina 2017 ja 2018

4.1.1. Tehokkuus rikkakasveihin kasvukaudella 2017

Tehokkuushavainnoissa 14.6.2017 29 vrk ruiskutuksest glyfosaatin täysi teho juolavehnään ja harvalukuisina esiintyneisiin pelto-orvokkiin ja voikukkaan oli tullut esiin ja esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Visuaaliset havainnot 29 vrk rikkakasviruiskutuksesta eri ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseoksilla käsitellyissä suorakylvetyissä kevätehnekasvustoissa Jokioisissa vuonna 2017 sekä saadut sadot.

Käs. nro	Käsittely	Juolavehnä, teho %		Pelto-orvokki, teho %		Voikukka, teho %		Kevätehneäsaato, kg ha ⁻¹	
		14.6.2017		14.6.2017		14.6.2017		23.10.2017	
1	Käsittelemätön	0	b	0	c	0	b	150	c
2	AMS 57 l ha ⁻¹	0	b	0	c	0	b	205	c
3	AMS 200 l ha ⁻¹	0	b	0	c	0	b	205	c
4	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0.5 l ha ⁻¹	98	a	99	a	98	a	2196	a
5	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	90	a	90	b	95	a	1890	ab
6	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + AMS 200 l ha ⁻¹	89	a	90	b	94	a	1453	b
7	Roundup Bio 2 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	96	a	99	a	97	a	2077	a
8	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	98	a	99	a	98	a	1968	a

Ruiskutteen kokonaismäärä aina 200 l ha⁻¹

Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa tilastollisesti (P=0.05, Tukey HSD)

Myös pienimmät glyfosaatin käyttömäärät tehosivat juolavehnään, pelto-orvokkiin ja voikukkaan hyvin (yli 90 % 29 vrk ruiskutuksesta), ja tehoerot olivat pienet. Roundup Bion normaali käyttömäärä 3,0 l ha⁻¹ torjui kaikki rikkakasvit lähes täydellisesti (98 – 99 % teho) riippumatta siitä, ruiskutettiin se normaalisti vesiliuoksessa tai AMS-liuoksessa. 1,0 l ha⁻¹ Roundup Bio – annoksella AMS:in kanssa saatiin myös melko hyvä teho kaikkiin rikkakasveihin (89 – 95 %). Koe ei kuitenkaan sisältänyt glyfosaatin pieniä käyttömääriä vesiliuoksessa, joten ei voida tietää, olisiko yhtä hyvä teho rikkakasveihin saavutettu pienillä käyttömäärillä myös ilman AMS:ia. Tiheä juolavehnä tukahdutti vehnän täysin käsittelyissä ilman glyfosaattia eikä satoa saatu juuri lainkaan. Vehnäsato jäi kuitenkin varsin heikoksi (1453 – 2196 kg ha⁻¹) glyfosaattikäsitelyissäkin (Taulukko 1). Vehnäsato oli pienin 1.0 l ha⁻¹ Roundup Bio -käsitelyssä täyden AMS-annoksen kanssa. Vaikka ero käsittelyyn pienemmällä AMS-määrällä mutta samalla glyfosaattimäärällä ei tilastollisesti merkitsevästi pienentänyt kevätehneäsaatoa, sellainen tendenssi selvästi oli olemassa.

4.1.2. Ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseosten vaikutus maan glyfosaatti- ja AMPA-jäämiin

Taustapitoisuudet

Ennen vuoden 2017 glyfosaattikokeen ruiskutusta maassa olleet glyfosaatin ja AMPA:n pitoisuudet esitetään taulukossa 2. Taustapitoisuudet olivat jakautuneet tasaisesti koko muokkauskerrokseen. Glyfosaattipitoisuus pintakerroksessa oli keskimäärin 0,08 mg ja syvemmissä kerroksessa 0,10 mg maan kuiva-ainekiloa kohti. AMPA:n pitoisuus pintakerroksessa oli keskimäärin 0,56 mg ja syvemmissä kerroksessa 0,59 maan kuiva-ainekiloa kohti. Samoista maanäytteistä analysoitiin myös viljavuus P, Ca, K, Mg (mg l^{-1}), maan hiilipitoisuus (%) ja pH (taulukko 2). Näytteiden fosforipitoisuus oli vain välttävä, keskimäärin 4,6 mg l^{-1} . Glyfosaatin ja AMPA:n tiedetään sitoutuvan fosforiyhdisteinä tällaiseen maahan verrattain tiukasti (Laitinen 2009). Toisaalta viljavuusanalyysissä todettu maan melko korkea pH (keskimäärin 6,45) heikentää glyfosaatin sitoutumista maapartikkeleihin (Borggaard & Gimsing 2008). Koepaikan maan viljavuus (Ca, K, Mg) oli vähintään tyydyttävällä tasolla.

Taulukko 2. Glyfosaatin ja AMPA:n taustapitoisuudet sekä samoista näytteistä määritetty viljavuus (P, Ca, K, Mg), maan hiilipitoisuus ja pH 5.5.2017 otetuissa maanäytteissä.

	Jäämäanalyytit		Viljavuusanalyysit					
	Glyfosaatti mg kg^{-1} ka	AMPA mg kg^{-1} ka	P HAAC mg l^{-1}	Ca HAAC mg l^{-1}	K HAAC mg l^{-1}	Mg HAAC mg l^{-1}	Maan hiili C-% (ilmakuiva maa)	pH pH H_2O 1:2.5
Maakerros								
0 - 2,5 cm, keskiarvo	0,08	0,56	4,8	3131	281,5	685,4	3,34	6,41
(vaihteluväli)	(0,06 - 0,10)	(0,48 - 0,66)	(4,4 - 5,6)	(3007 - 3255)	(270,5 - 295,6)	(609,5 - 761,0)	(3,10 - 3,73)	(6,35 - 6,51)
2,5 - 25 cm, keskiarvo	0,10	0,59	4,4	3318	236,7	652,2	3,41	6,48
(vaihteluväli)	(0,09 - 0,11)	(0,55 - 0,67)	(3,9 - 5,0)	(3195 - 3455)	(207,0 - 254,7)	(600,7 - 735,6)	(3,07 - 3,77)	(6,43 - 6,56)

Käsittelyjen vaikutus maan ja vehnäsadon glyfosaatti- ja AMPA-pitoisuuksiin

Kaksi päivää vehnän puinnin jälkeen 25.10.2017 (162 päivää glyfosaattiruiskutuksen jälkeen) käsitteilyistä 1, 4, 5 ja 8 otetuista maanäytteistä analysoidut glyfosaatin ja AMPA:n pitoisuudet on esitetty taulukossa 3. Taulukossa 4 ne on esitetty niin, että syksyn analyysituloksista on vähennetty kevään taustapitoisuudet eli muutoksena keväästä syksyyn. Käsittelemättömissä ruuduissa sekä glyfosaatin että AMPA:n pitoisuudet olivat aavistuksen pienemmät kuin kevään taustanäytteissä molemmissa syvyyksissä. 0 - 2,5 cm pintakerroksessa ("pintakerros") sekä glyfosaatin pitoisuus (Taulukko 3) että glyfosaatin pitoisuuden lisäys (Taulukko 4) olivat käsitteilyssä 4 (Roundup Bio 3,0 l ha⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha⁻¹) tilastollisesti merkitsevästi suuremmat kuin käsittelemättömässä käsitteilyssä. Käsitteilyssä 4 glyfosaatin pitoisuus 0,82 mg kg^{-1} oli noin 16-kertainen käsittelemättömän pitoisuuteen (0,05 mg kg^{-1}) nähden. Käsitteilyssä 8 (35 %-inen AMS 200 l ha⁻¹ + Roundup Bio 3 l ha⁻¹) glyfosaatin pitoisuus 0,53 mg kg^{-1} oli pienempi kuin käsitteilyssä 4, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi. Käsitteilyssä 5 (35 %-inen AMS 57 l ha⁻¹ + Roundup Bio 1 l ha⁻¹) pintakerroksen glyfosaattipitoisuus oli hyvin pieni (0,13 mg kg^{-1}) ja varsinkin pitoisuuden lisäys (0,05 mg kg^{-1}) oli erittäin pieni, eivätkä pitoisuudet käytännössä eronneet käsittelemättömän pitoisuuksista. 2,5 – 25 cm kerroksessa ("muokkauskerros") glyfosaatin pitoisuudet ja käsittelyjen väliset erot olivat huomattavasti pienemmät, mutta sielläkin käsitteilyssä 4 mitattu glyfosaattipitoisuus 0,11 mg kg^{-1} oli suurin ja tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin käsittelemättömässä käsitteilyssä (0,06 mg kg^{-1}). AMPA:n pitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti mer-

kitseviä eroja käsittelyjen välillä. Pinnassa AMPA:n pitoisuudet olivat käsittelyissä 4 ja 8, joissa Roundup Bion käyttömäärä oli 3,0 l ha⁻¹, kuitenkin lähes kaksinkertaiset sekä käsittelemättömään että käsittelyyn 5 (35 %:inen AMS 57 l ha⁻¹ + Roundup Bio 1 l ha⁻¹) nähden. Muokkauskerroksessa AMPA:n pitoisuudet olivat eri käsittelyssä hyvin samansuuruiset, eivätkä juuri poikenneet kevään taustapitoisuuksista. Kevään käsittelyt vaikuttivat siis ainoastaan pintakerroksen glyfosaatti- ja AMPA-pitoisuuksiin.

Taulukko 3. Glyfosaatin ja AMPA:n pitoisuudet puinnin jälkeen 25.10.2017 (162 päivää ruiskutuksesta ja 154 päivää vehnän kylvöstä) otetuissa maanäytteissä.

Näytteenottoisyvyys		0 - 2,5 cm pintakerros		2,5 - 25 cm muokkauskerros		0 - 2,5 cm pintakerros		2,5 - 25 cm muokkauskerros	
Analysoitava aine		glyfosaatti		glyfosaatti		AMPA		AMPA	
Yksikkö		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka	
Käs. nro	Käsittely								
1	Käsittelemätön	0,05	b	0,06	bc	0,55	a	0,50	a
4	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha ⁻¹	0,82	a	0,11	a	1,02	a	0,80	a
5	35 % AMS 57 l ha ⁻¹ + Roundup Bio 1 l ha ⁻¹	0,13	b	0,10	ab	0,55	a	0,69	a
8	35 % AMS 200 l ha ⁻¹ + Roundup Bio 3 l ha ⁻¹	0,53	ab	0,05	c	0,99	a	0,40	a
Tukeyn HSD P=0.05 (% mean diff)		0,603 (158%)		0,049 (60%)		0,729 (94%)		0,407 (69%)	

Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa tilastollisesti (P=0,05, Tukey HSD)

Taulukko 4. Glyfosaatin ja AMPA:n pitoisuuksien muutos ennen käsittelyä vallinneesta puinnin jälkeiseen.

Näytteenottoisyvyys		0 - 2,5 cm pintakerros		2,5 - 25 cm muokkauskerros		0 - 2,5 cm pintakerros		2,5 - 25 cm muokkauskerros	
Analysoitava aine		glyfosaatti		glyfosaatti		AMPA		AMPA	
Yksikkö		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka		mg kg ⁻¹ ka	
Käs. nro	Käsittely								
1	Käsittelemätön	-0,04	b	-0,04	bc	-0,01	a	-0,10	a
4	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0,5 l ha ⁻¹	0,74	a	0,01	a	0,46	a	0,21	a
5	35 % AMS 57 l ha ⁻¹ + Roundup Bio 1 l ha ⁻¹	0,05	b	0,00	ab	-0,01	a	0,10	a
8	35 % AMS 200 l ha ⁻¹ + Roundup Bio 3 l ha ⁻¹	0,45	ab	-0,05	c	0,43	a	-0,20	a
Tukeyn HSD P=0.05 (% mean diff)		0,603 (200%)		0,049 (<1%)		0,729 (335%)		0,407 (9300%)	

Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa tilastollisesti (P=0.05, Tukey HSD)

Vehnän satonäytteistä glyfosaatin tai AMPA:n jäämät olivat alle määritysrajan, joka oli 0,02 mg kg⁻¹ kuiva-ainetta kohti, joten glyfosaatti- eikä AMPA-jäämiä ei sadossa ole ainakaan käytetyillä annoksilla ja käyttötavoilla.

4.1.3. Tehokkuus rikkakasveihin kasvukaudella 2018

29 päivää ruiskutuksesta 13.6.2018 tehdyissä tehokkuushavainnoissa glyfosaattikäsittelyjen teho rikkakasveihin oli jo täysin kehittynyt, ja tulokset esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Glyphosaatti + AMS, suorakylvetty Herttua -kevätvehnä, Jokioinen 2018. Visuaalisesti havainnoinut teho rikkakasveihin 29 vrk ruiskutuksesta ja vehnäsato 19.9.2018.

Käs. nro	Käsittely	Juolavehänä teho %		Voikukka teho %		Piharatamo teho %		Saunakukka teho %		Kevätvehnä-sato kg/ha	
		13.6.2018		13.6.2018		13.6.2018		13.6.2018		19.9.2018	
1	Käsitlemätön	0	c	0	c	0	c	0	d	266	c
2	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0.5 l ha ⁻¹	50	b	62	b	52	b	80	c	1368	b
3	Roundup Bio 2 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0.5 l ha ⁻¹	91	a	81	ab	68	ab	91	ab	2542	a
4	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + Sito Plus 0.5 l ha ⁻¹	97	a	91	a	79	a	100	a	2392	a
5	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + AMS 200 l ha ⁻¹	48	b	60	b	55	b	85	bc	713	c
6	Roundup Bio 1 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	53	b	60	b	53	b	85	bc	1619	b
7	Roundup Bio 2 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	92	a	76	ab	80	a	98	a	2304	a
8	Roundup Bio 3 l ha ⁻¹ + AMS 57 l ha ⁻¹	100	a	91	a	85	a	98	a	2335	a

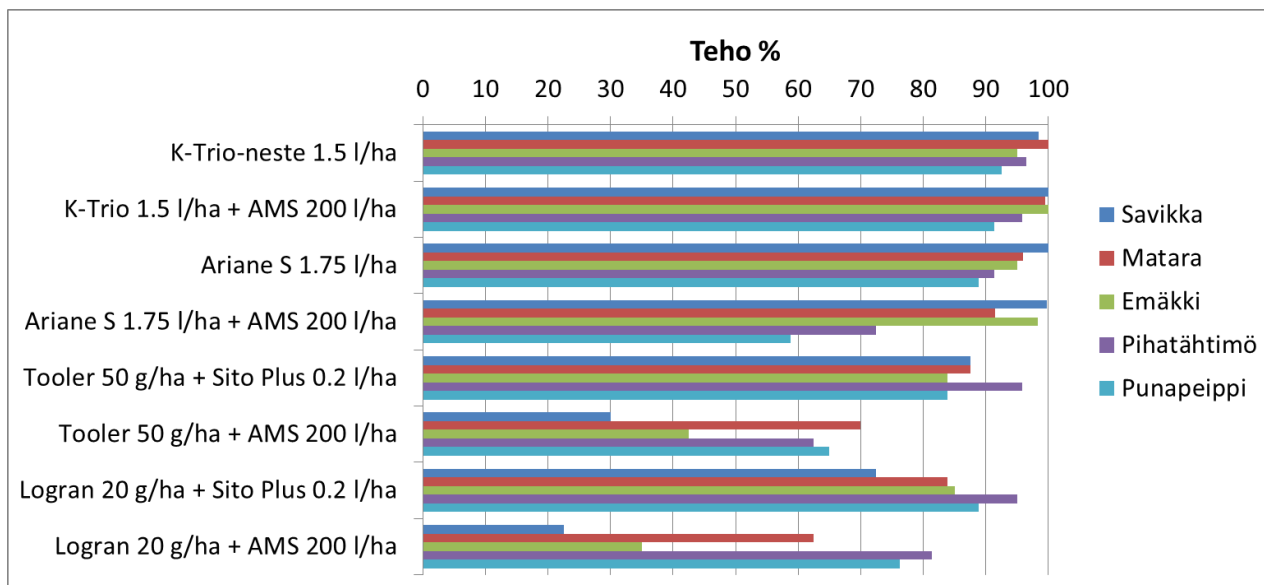
Ruiskutteen kokonaismäärä aina 200 l/ha

Samalla kirjaimella merkityt keskiarvot eivät eroa tilastollisesti (P=0.05, Tukey HSD)

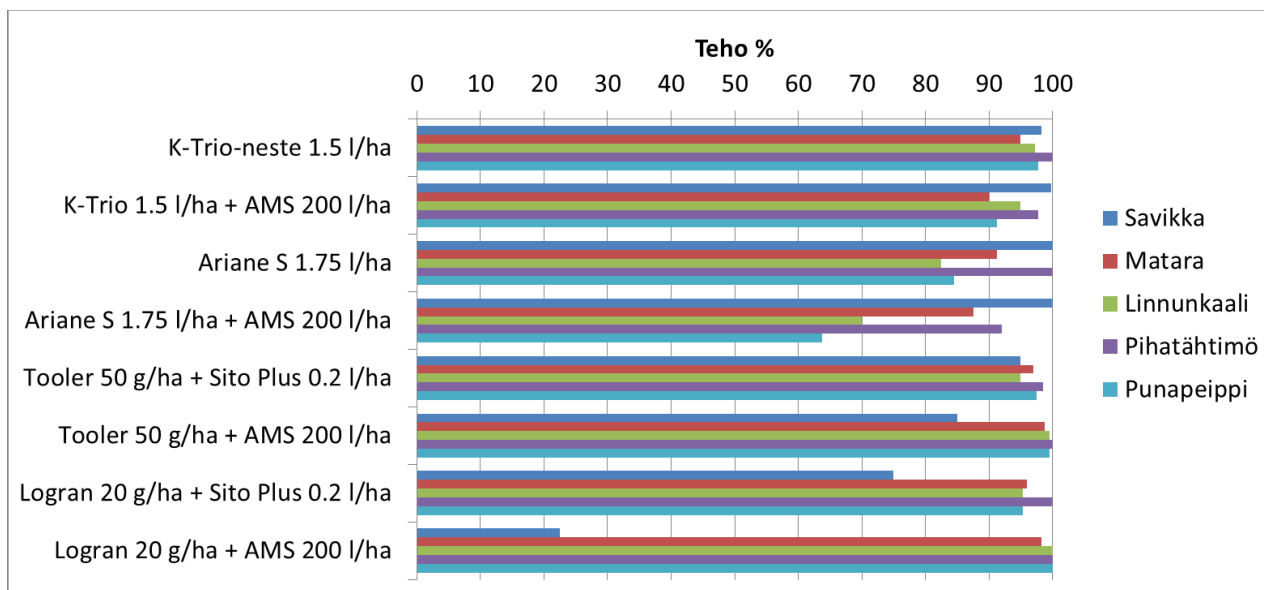
Roundup Bio tehosi 2.0 ja 3.0 l ha⁻¹ käyttömäärillä 29 vrk ruiskutuksesta havainnoituna erittäin hyvin juolavehneeseen ja saunakukkaan (91 - 100 %), hyvin voikukkaan (76 - 91 %) ja kohtalaisesti piharata-moon (68 - 85 %) sekä Sito Plussan että AMS:in kanssa. Roundup Bion 1.0 l ha⁻¹-käsittelyt tehosivat selvästi heikommin varsinkin juolavehneeseen (48 - 53 %) ja voikukkaan (60 - 62 %). Vesiliuoskäsittelyjen ja AMS-tankkiseoskäsittelyjen rikkakasvitehot olivat lähellä toisiaan vastaavilla Roundup Bion käyttömäärillä. Kuten edellisvuonna, myös juolavehneä kasvoi myös vuonna 2018 hyvin rehevästi, ja käsitlemättömän käsittelyn vehnäsato oli vain 266 kg ha⁻¹. Parhaimmillaankin vehnäsato jäi heikoksi olleen vain noin 2500 kg ha⁻¹:aan. Tiheässä juolavehneäkasvustossa 1.0 l ha⁻¹ Roundup Bio -annosten heikko rikkakasviteho heijastui myös merkitsevästi heikompina vehnäsatoina (713 - 1619 kg/ha) kuin suurempien Roundup Bio -annosten (2304 - 2542 kg ha⁻¹). Roundup Bio 1.0 l ha⁻¹ täydellä AMS-annoksella tuotti erityisen heikon sadon (713 kg ha⁻¹). Tulosta selittää, että siinä käsittelyssä juolavehneän peittävyys oli jo ennen ruiskutusta suurempi kuin muissa käsittelyissä. Muiden herbisidien käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa kaurassa ja ohrassa 2017 ja 2018

4.1.4. Kaura ja ohra 2017

Kaura- ja ohrakokeilta noin noin 1 kk ruiskutuksesta tehdyt tehokkuushavainnot kuvaavat käsittelyjen tehoa luotettavasti (kuvat 4 ja 5). Mm. jauhosavikkaan ja peltoemäkkiin sulfonyyliureaalmisteiden Tooler ja Logran 20 WG teho oli AMS:in kanssa ilman kiinnitettä heikompi kuin vesiliuoksessa Sito Plus -kiinnitteen kanssa. Myös Ariane S:n teho näytti hiukan heikommalta AMS:in kanssa kuin vesiliuoksessa. Sen sijaan K-Trio -neste tehosi rikkakasveihin yhtä hyvin AMS -liuoksessa kuin vesiliuoksessa.



Kuva 4. Herbisidien torjuntateho ammoniumsulfaattiliuoksessa ja vesiliuoksessa kaurakokeella Jokioissa havainnoituna visuaalisesti 29 vrk ruiskutuksesta (18.7.2017)



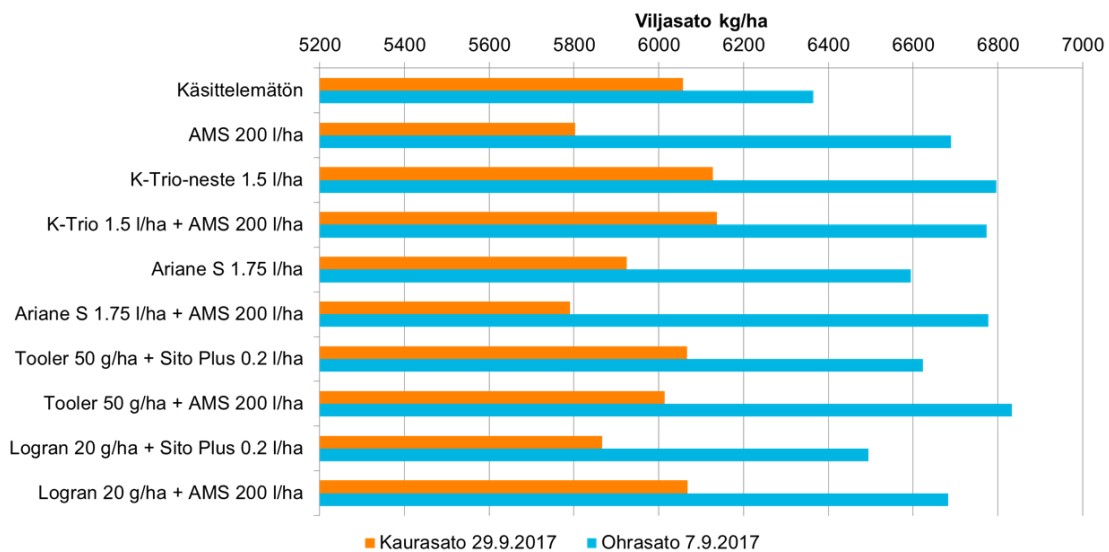
Kuva 5. Herbisidien torjuntateho ammoniumsulfaattiliuoksessa ja vesiliuoksessa ohrakokeella Jokioissa havainnoituna visuaalisesti 30 vrk ruiskutuksesta (14.7.2017)

K-Trio –neste ja Ariane S aiheuttivat tankkiseoksessa AMS:in kanssa sekä kaurassa että ohrassa selvää viotusta, joka ilmeni pääasiassa kloroosina ja nekroosina viljojen lehdissä. Vioitusta edelsi havainto, että ruiskutuksen jälkeen kasvien lehtien pinnalle ilmestyi valkeita, suolamaista kiteitä (kuvat 6 ja 7). Vioitus oli pahimmillaan noin viikko ruiskutuksesta, mutta 2 viikkoa ruiskutuksesta viotusta oli enää vaikea havaita. Kesällä havaitut lehtivioitukset K-Trion - ja Ariane S:n tankkiseoksissa AMS:in kanssa eivät alentaneet kummankaan viljalajin satoa tilastollisesti merkitsevästi (kuva 8).



Kuva 6. (vasemmalla) Suolamaisia kiteitä lehtiä pinoilla Ariane S + AMS –koeruudusta Vipekka-ohralla 14.6.2017 heti ruiskutuksen jälkeen ruiskutteen kuivuttua.

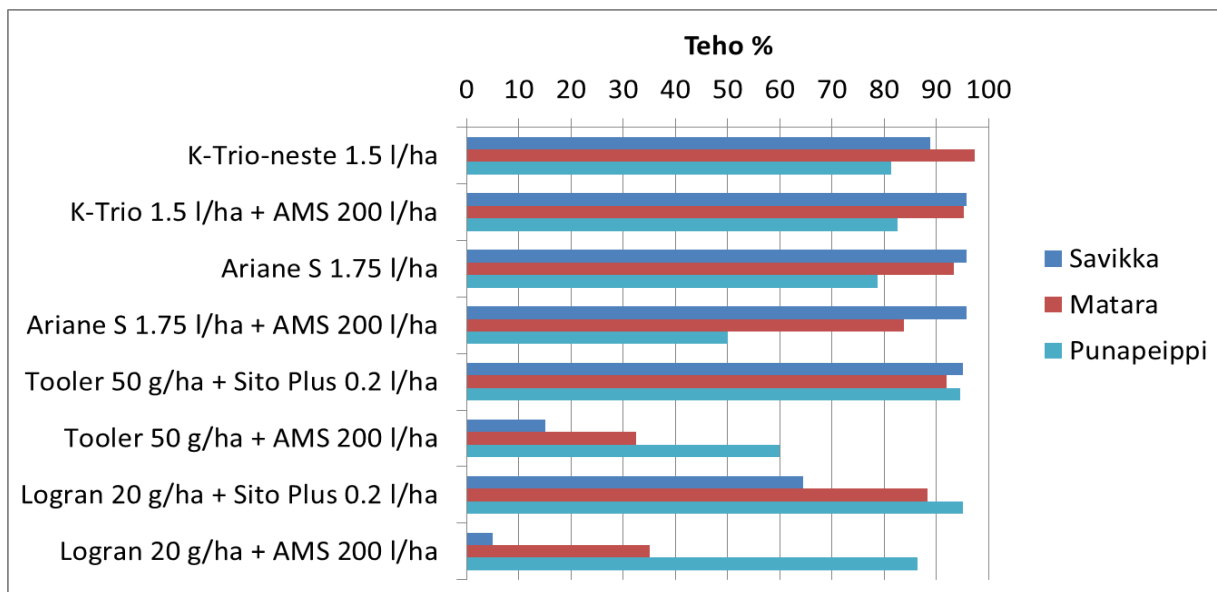
Kuva 7. (oikealla) Viljojen lehtiin ilmestyi tämän jälkeen selviä mutta parissa viikossa ohimeneviä polttovioituksia. Kuva 7 on samasta ohraruudusta kuin kuva 6 viikko ruiskutuksesta 21.6.2017, jolloin vioitus oli pahimmillaan.



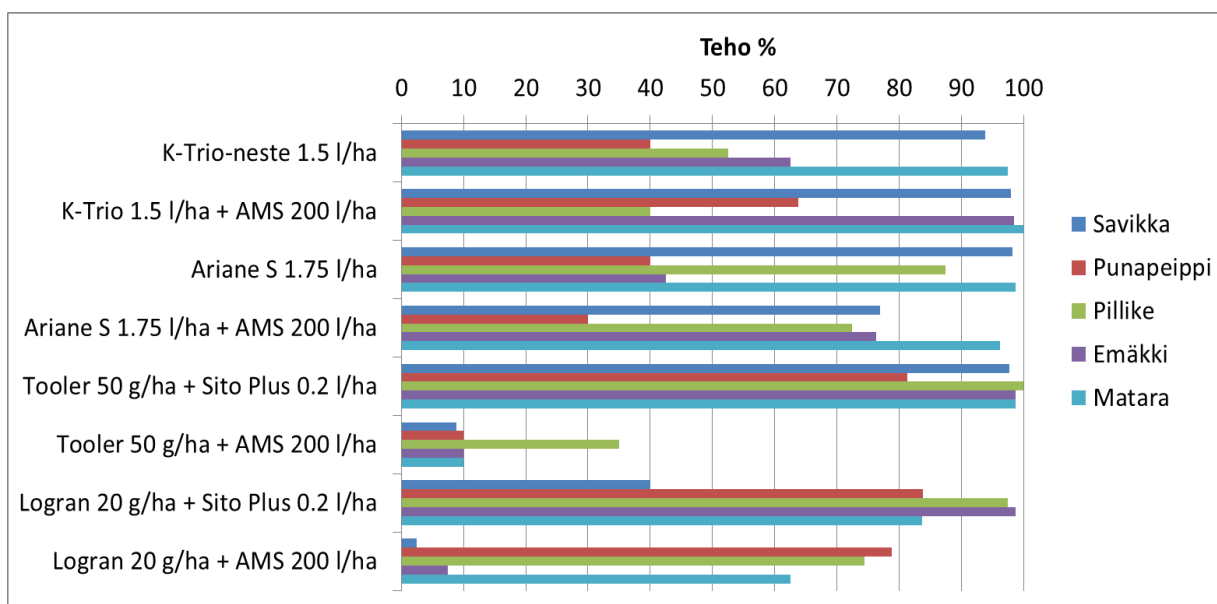
Kuva 8. Venla-kauran ja Vipekka-ohran sadot

4.1.5. Kaura ja ohra 2018

Molemmissa kokeissa pienannosvalmisteiden Tooler ja Logran 20 WG teho rikkakasveihin AMS:in kanssa ilman kiinnitettä oli selvästi heikompi kuin vesiliuoksessa kiinnitteen kanssa (kuvat 9 ja 10). Varsinkin Toolerilla tehoero oli dramaattinen. Ohrassa Tooler vesiliuoksessa Sito Plus -kiinnitteen kanssa torjui esimerkiksi jauhosavikasta 98 % mutta AMS-tankkiseoksessa ilman kiinnitettä vain 9 %. Kesän 2018 kuivissa oloissa kiinnitteen puuttuminen pienannosvalmisteiden ruiskuteliuoksesta oli ilmeisen kohtalokasta.



Kuva 9. AMS + herbisidit kauralla, Jokioinen 2018. Käsittelyjen visuaalisesti havainnoitu teho rikkakasveihin 6.7.2018 (28 vrk ruiskutuksesta)

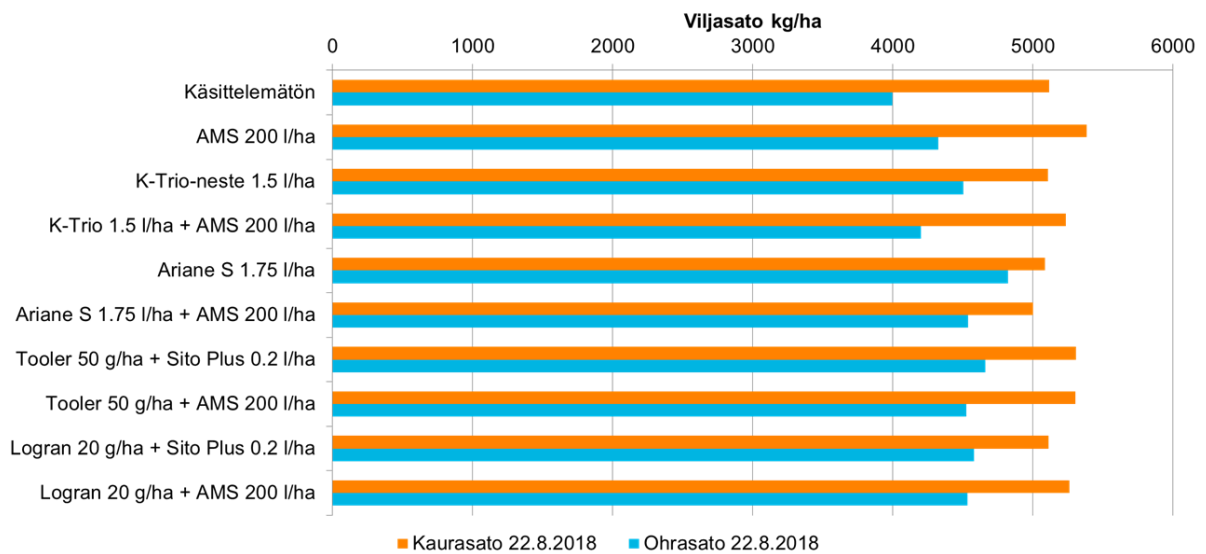


Kuva 10. AMS + herbisidit ohralla, Jokioinen 2018. Käsittelyjen visuaalisesti havainnoitu teho rikkakasveihin 9.7.2018 (28 vrk ruiskutuksesta)

AMS aiheutti myös viljelykasvivioituksia edellisen vuoden tapaan. AMS -tankkiseoskäsittelyissä K-Trio-nesteen ja Ariane S:n kanssa havaittiin ensin suolamaisia kiteitä kasvien lehdillä, minkä jälkeen ilmeni polttovioitusta kauran ja ohran lehdissä (kuva 11). Viljat toipuivat vioituksista kuitenkin hyvin. Kesällä havaitut lehtivioitukset K-Trio + AMS - ja Ariane S + AMS – käsittelyissä eivät alentaneet kummankaan viljan satoa (kuva 12). Rikkakasvien määrä oli niin pieni, että myöskään tehoerot eivät heijastuneet viljasatoihin tilastollisesti merkitsevästi.



Kuva 11. AMS + K-Trio –tankkiseoksen voitusta Alku-kauran lehdistä 14.6.2018, 6 päivää ruiskutuksesta. Hyvin samanlaista voitusta havaittiin AMS + Ariane S –käsittelyssä, ja molemmissa käsittelyissä myös Edvin-ohralla.



Kuva 12. Alku -kauran ja Edvin –ohran sadot

5. Tulosten tarkastelu

5.1. Ammoniumsulfaatin ja glyfosaatin tankkiseokset

Vuonna 2017 glyfosaattikokeessa oli erittäin runsaasti ja tasaisesti juolavehneää, minkä ansiosta tehokkuushavainnot juolavehneestä ovat hyvin luotettavat. Pelto-orvokkia ja voikukkaa esiintyi melko harvalukuisina, mutta niistäkin pystyttiin tekemään melko luotettavat tehokkuushavainnot. Tehoerot ruiskutettujen käsittelyjen välillä olivat yllättävän pieniä: 29 päivää ruiskutuksesta havaitut tehot vaihtelivat välillä 89 - 99 %. Ainoastaan tehokkuudessa pelto-orvokkiin oli tilastollisesti merkitseviä eroja. Pienimmät Roundup Bio –annokset AMS:in kanssa tehosivat orvokkiin heikommin kuin muut Roundup Bio –käsittelyt. Vaikka pienilläkin $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ Roundup Bio –käyttömäärillä AMS:in kanssa saatiin melko hyvät rikkakasvitehot, AMS:in mahdollinen glyfosaatin tehoa parantava vaikutus jäi osoittamatta, koska kokeesta puuttui vuonna 2017 Roundup Bion pieni annos vesiliuoksessa. Tämä asia korjattiin seuraavana vuonna. Rehevän juolavehneäkasvuston vuoksi käsittelemättömistä ruuduista ei saatu käytännössä lainkaan vehnäsatoa. Kaikissa ruiskutetuissa käsittelyissä vehnäsadot olivat tilastollisesti merkitsevästi suuremmat kuin käsittelemättömissä ja satomäärät nousevat melko loogisesti Roundup Bion käyttömäärän kasvaessa. Vehnäsato jäi kuitenkin heikoksi myös glyfosaattia saaneissa käsittelyissä, mikä johtui harvakkosta vehneestä ja mahdollisesti juolavehneän juurakoiden allelopaattisista vaikutuksista.

Vuoden 2017 glyfosaattikokeesta tehdyt glyfosaatin jäämäanalyysit osoittivat kokeelle keväällä 2017 levitetyn glyfosaatin pidättyvän kasvukauden aikana pääasiassa maan pintakerrokseen (0 – 2,5 cm). 162 päivää ruiskutuksesta (25.10.2017) otetuista maanäytteistä tehtyjen analyysien mukaan Roundup Bio $3,0 \text{ l ha}^{-1}$ + Sito Plus nosti maan pintakerroksen glyfosaattipitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi. Kun sama Roundup Bio –annos $3,0 \text{ l ha}^{-1}$ levitettiin täysin kylläisessä (35 paino-%) AMS-liuoksessa, maan pintakerroksen glyfosaattipitoisuus nousi myös, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi. Tästä voisi päätellä, että AMS jollakin tavalla edistäisi glyfosaatin hajoamista maassa. AMS tankkiseoksessa ei kuitenkaan lisännyt glyfosaatin hajoamistuote AMPA:n pitoisuutta maan pintakerroksessa, mikä seikka on ristiriidassa edellisen johtopäätöksen kanssa. Pieni Roundup Bio –annos 1 l ha^{-1} pienen AMS-määrän kanssa ei nostanut maan pintakerroksen glyfosaatti- eikä AMPA-pitoisuutta käytännössä lainkaan. Saattaa olla, että niin pieni glyfosaattimäärä hajoaa yhden kasvukauden aikana. Mikään käsittelyistä ei vaikuttanut syvemmän maakerroksen 2,5 – 25 cm glyfosaatti- tai AMPA-pitoisuuteen, vaan ne pysyivät ennen kevään ruiskutusta mitattujen taustapitoisuuksien tasolla.

Vuonna 2018 glyfosaattikokeella oli hyvin runsaasti ja tasaisesti juolavehneää kuten edellisvuoden kokeellakin. Vuoden 2018 kokeella oli lisäksi edellisvuoden koetta runsaammin ja monipuolisemmin leveälehtisiä rikkakasveja: käsittelyjen vaikutukset pystyttiin havainnoimaan varsin luotettavasti myös voikukasta, piharatamosta ja saunakukasta. Valitettavasti edellisvuoden tapaan myös 2018 kevätvehneä orastui heikosti ja hitaasti kuivan alkukesän vuoksi, ja sen kasvuun lähtö varmistui vasta kesäkuun puolivälin kastelun ja sen jälkeisten sateiden jälkeen. Jo ennen kokeen ruiskutusta ja ruiskutuspäivänä 15.5.2018 oli kuumaa ja kuivaa, mikä selittää sitä, että kaikki kolme käsittelyä Roundup Bion pienimmällä annoksella $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ tehosivat kaikkiin rikkakasveihin selvästi heikommin kuin suuremmat Roundup Bion käyttömäärät. Vuoden 2017 koetta ruiskutettaessa olot olivat selvästi viileämmät ja kosteammat, jolloin myös $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ Roundup Bio-annos tehoi rikkakasveihin melko hyvin. Vuonna 2018 Roundup Bion ja AMS:in tankkiseokset tehosivat rikkakasveihin kaikilla Roundup Bion käyttömäärillä yhtä hyvin kuin vastaavat Roundup Bio –annokset vesiliuoksessa Sito Plussan kanssa. Kuivan alkukesän ja vehneän myöhäisen kasvuun lähdön vuoksi vehneän kasvuaika jäi lyhyeksi ja satotaso heikoksi. Käsittelyjen tehoerot rikkakasveihin heijastuivat loogisesti kevätvehneän satotuloksiin: suurimmat ja keskenään lähes samansuuruiset sadot ($2300 - 2500 \text{ kg ha}^{-1}$) saatiin Roundup Bion $2,0$ ja $3,0 \text{ l ha}^{-1}$ käyttömäärillä sekä vesiliuoksessa että AMS-tankkiseoksissa. Hieman yllättävää

oli, että Roundup Bio 1.0 l ha⁻¹ täyden AMS-annoksen kanssa tuotti selvästi heikomman vehnäsadon kuin muut kaksi käsittelyä samalla Roundup Bion käyttömäärällä. Ainakin osaksi tämä johtunee siitä, että juolavehnan peittävyys oli tuossa käsittelyssä jo ruiskutushetkellä suurempi (44 %) kuin muissa käsittelyissä (21 – 34 %). Siten vaikka kolmen Roundup Bio 1.0 l ha⁻¹-käsittelyjen tehokkuudet olivat keskenään samalla tasolla, rikkakasvien kilpailuvaikutus jäi lopulta suurimmaksi käsittelyssä, jossa rikkakasvien runsaus oli alun perin suurin.

Glyfosaattikokeiden yhtenä tavoitteena oli tutkia, voiko AMS:in käyttö tankkiseoksessa jopa parantaa pienten glyfosaattiannosten tehoa, kuten jo 1970 - 80 -luvuilla havaittiin (Suwunnamek & Parker 1975, Turner & Loader, O'Sullivan ym. 1981). Jo tuolloin kuitenkin nähtiin, että suuret AMS-konsentraatit (AMS yli 10 % w/v eli yli 100 g/l) voivat toimia antagonistisesti eli haitata glyfosaatin tehoa rikkakasveihin. Siksi Nesteravinne-hankkeessakin suurin osa glyfosaattikokeiden tankkiseoskäsittelyistä sisälsi maltillisesti eli noin 12 % w/v AMS:ia (57 litraa 35 % w/w AMS-liuosta 200 litrassa ruiskutetta). Tosin tankkiseoksessa testattiin myös täysin kylläistä AMS-liuosta (35 % w/w), mikä tarkoittaa 42 % w/v eli 420 g/l. AMS:in käyttö ruiskutteessa ei näyttänyt vaikuttavan Roundup Bio -valmisteen tehoon kumpanakaan koevuonna. Roundup Bio tehoi molempina vuosina kaikilla testatuilla käyttömäärillä vesiliuoksessa Sito Plus -kiinnitteen kanssa kaikkiin kokeissa esiintyneisiin rikkakasveihin yhtä hyvin kuin AMS-tankkiseoksissa vastaavilla Roundup Bion käyttömäärillä. Täydet vertailusarjat Roundup Bion kaikilla käyttömäärillä 3,0, 2,0 ja 1,0 l ha⁻¹ tosin toteutettiin vain 2018. Sen kokeen tulosten perusteella AMS toimi Roundup Bion kanssa siis yhtä hyvin kuin Sito Plus. Molempina vuosina kokeista tosin puuttui Roundup Bio vesiliuoksessa ilman kiinnitettä, joten emme voi tietää oliko Sito Plus -kiinnitteellä tai AMS:illa yleensä vaikutusta Roundup Bion tehoon. Molemmissa kokeissa suuri AMS-määrä 1,0 l ha⁻¹ Roundup Bio -annoksen kanssa tuotti selvästi heikoimman vehnäsadon. Vuoden 2018 kokeessa ko. käsittelyn heikko vehnäsato selittyy ainakin osin sillä, että juolavehnan peittävyys oli siinä käsittelyssä muita suurempi.

Yhteenvetona glyfosaattikokeista voidaan todeta, että kun AMS:ia käytettiin Roundup Bion kanssa Sito Plus -kiinnitteen sijasta tankkiseoksessa 12 % w/v väkevyytenä, se ei heikentänyt rikkakasvien torjuntatulosta eikä suorakylvetyin vehnän kasvua. Näiden kokeiden perusteella voidaan siis todeta, että kyseinen AMS -väkevyyden toimi Roundup Bion kanssa yhtä hyvin kuin Sito Plus. Vuoden 2017 jäämätulosten perusteella näyttää siltä, että kun kevään Roundup Bio -annos rajoitetaan 1.0 l ha⁻¹:aan, keväällä levitetty glyfosaatin määrä voi hajota syksyyn mennessä. Näin pienellä käyttömäärällä on kuitenkin riskinä, että teho rikkakasveihin jää heikommaksi kuin suuremmilla, yli 2,0 l ha⁻¹ käyttömäärillä. Riski on suurin jos joudutaan ruiskuttamaan epäedullisissa olosuhteissa kuten vuoden 2018 kuuvuudessa. Vuoden 2017 kokeessa osoitettiin myös selvästi, että glyfosaatti- tai AMPA-jäämiä ei ole löydettävissä vehnän jyväsadosta, kun glyfosaattia käytetään keväällä ennen kylvöä.

On kuitenkin huomattava, että näissä kokeissa AMS:ia käytettiin tankkiseoksissa varsin suurina pitoisuuksina, koska tavoiteltiin myös lannoitusvaikutusta. Jo 1970 - 80 -luvuilla todettiin että jos AMS-pitoisuus on yli 10 % ruiskutteen tilavuudesta, se voi haitata glyfosaatin tehoa (Suwunnamek & Parker 1975, Turner & Loader, O'Sullivan ym. 1981). AMS:in käyttöä suositellaan maailmalla edelleen glyfosaatin ja eräiden muiden herbisidien tehon parantamiseen erityisesti jos ruiskutteessa käytetty vesi on "kovaa" eli sisältää paljon kationeja (mm. alumiini, kalsium, rauta, magnesium, kalium, sinkki) (Manucheri ym. 2018). Maailmalla on markkinoilla erityisesti herbisidien kanssa käytettäväksi tarkoitettuja ammoniumsulfaattivalmisteita, esimerkiksi Kanadassa (Ammonium Sulphate Utility Modifier) ja Australiassa (Agsure Ammonium Sulphate Adjuvant), joiden käyttöohjeissa ammoniumsulfaatin käyttömääräksi suositellaan yleensä alle 1 kg 100 litrassa ruiskutetta. Se on alle kymmenesosa tässä hankkeessa glyfosaatin kanssa testatusta "pienestä" käyttömäärästä noin 12 kg 100 litrassa ruiskutetta.

5.2. Ammoniumsulfaatin ja muiden herbisidien tankkiseokset

Ohra- ja kaurakokeet 2017 ja 2018 paljastivat selvästi pari hankalaa ongelmaa AMS:in käytöstä tankkiseoksissa viljojen herbisidien kanssa. Ensinnäkin jo esitesteissä havaittu ongelma pienannos-herbisidien huonosta liukenevuudesta väkevään AMS-liuokseen pakotti liuottamaan Toolerin ja Logranin pieneen määrään puhdasta vettä ennen AMS-liuokseen sekoittamista. Toiseksi, koska myöskään kiinnite Sito Plus ei liennut AMS-liuokseen, sitä ei voinut käyttää pienannosherbisidien kanssa, vaikka niiden käyttöohjeet edellyttävät kiinnitteen käyttöä. Ilmeisesti kiinnitteen puuttuminen oli tärkein syy siihen, että AMS:in ja pienannosvalmisteiden tankkiseosten teho rikkakasveihin jäi heikoksi erityisesti kuivissa olosuhteissa vuonna 2018. K-Trio ja Ariane S –valmisteiden ja AMS:in tankkiseosten käytössä ilmeni toisenlainen ongelma. Kaikissa neljässä kenttäkokeessa AMS-tankkiseokset K-Trion ja Ariane S:n kanssa aiheuttivat suolamaisia kiteitä kasvien lehtien pinnalle ja ilmeisesti niiden seurauksena melko vakavia lehtivioituksia viljoille. Vioitukset olivat varsin selviä sekä Vipekka- että Edvin- ohralla kuten myös Venla- ja Alku-kauralla.

Hieman yllättävää oli, että vaikka AMS-tankkiseokset herbisidien kanssa aiheuttivat ongelmia sekä herbisidien tehokkuuden että valikoivuuden kannalta, käsittelyjen satovaikutukset olivat vähäisiä. Toisaalta sekä vioitusoireet viljoissa että rikkakasvitehon heikkeneminen olivat pahimmillaan niin huomiota herättäviä, että viljelijä tuskin voisi sellaisia hyväksyä, herbisidien valmistajista ja jakelijoi- ta puhumattakaan. On kuitenkin huomattava, että hankkeen ohra- ja kaurakokeissa AMS:ia käytettiin tankkiseoksissa mahdollisimman suurina pitoisuuksina, koska tavoiteltiin pääasiassa lannoitusvaikutusta. Tavoitteenahan oli tutkia, voisiko AMS:ia levittää lannoitustarkoituksessa kasvinsuojeluruiskulla yhdistäen sen levityksen rikkakasviruiskutukseen. Maailmalla kiteistä ammoniumsulfaattia suositellaan glyfosaatin ja joidenkin muiden herbisidien tehon parantamiseen, mutta huomattavasti pienempinä pitoisuuksina kuin tässä projektissa testattiin eli yleensä alle 1 kg 100 litrassa ruiskutetta (Agsure Ammonium Sulphate Adjuvant, Ammonium Sulphate Utility Modifier).

Alun perin hankkeessa oli tarkoitus toistaa kenttäkokeet vielä kolmantena vuonna 2019. Koetulokset vuosilta 2017 ja 2018 olivat kuitenkin niin yksiselitteiset, ettei kolmannen vuoden kokeille ollut tarvetta. Koevuosien keskenään erilaiset sääolosuhteet (viileä ja sateinen 2017 ja kuiva ja kuuma 2018) takasivat myös riittävän olosuhdevaihtelun luotettavien johtopäätösten pohjaksi.

6. Johtopäätökset

Tulosten perusteella voidaan päätellä, että ammoniumsulfaattia ei kannata lisätä herbisidien kanssa tankkiseokseen sellaisia määriä, joilla olisi merkittävää lannoitusvaikutusta. Keskeisin ongelma on se, että ammoniumsulfaatti ei ole yhteensopiva yleisesti käytettyjen kiinniteiden kanssa, joiden käyttö on olennaista erityisesti pienannosherbisidien kanssa. Ongelma koskee kaikkia niitä valmisteita, joiden tehon kannalta kyseiset kiinnitteet ovat välttämättömiä. Tutkimuksen tulosten perusteella ei voida ottaa kantaa ammoniumsulfaatin käyttöön tankkiseoksena sellaisten glyfosaattituotteiden kanssa, joiden teho ei edellytä kyseisten kiinnitteiden käyttöä.

Erityisesti viljakasvustoon ruiskutettujen herbisidien K-Trio, Ariane S, Tooler ja Logran sekoittamisesta AMS:in kanssa ilman kiinnitettä saatiin huonoja kokemuksia: teho rikkakasveihin heikkeni tai viljoihin aiheutui lehtivioituksia. Roundup Bio:n ja AMS:in tankkiseokset toimivat paremmin, mutta eivät sen paremmin kuin Roundup Bio vesiliuoksessa Sito Plus –kiinnitteen kanssa.

Pientämällä glyfosaattiannos ohjeen mukaisesta kolmannekseen voidaan maan pintakerroksen glyfosaattijäämiä pienentää radikaalisti, mutta tulosten perusteella AMS:illä ei voida parantaa glyfosaatin tehoa, jos samalla kiinnite joudutaan jättämään pois. Hyvissä olosuhteissa glyfosaatin teho on riittävä myös pienillä annoksilla, mutta sen huuhtoutuminen vähenee todennäköisesti radikaalisti, koska jäämäpitoisuudet sadonkorjuun aikaan ovat lähes taustatasossa. Glyfosaatti- tai AMPA-jäämiä ei ole löydettävissä vehnän jyväsadosta, kun glyfosaattia käytetään keväällä ennen kylvöä.

7. Viitteet

- Agsure Ammonium Sulphate Adjuvant. Australian label text. Saantitapa: https://eldersrural.com.au/wp-content/uploads/sites/3/2017/09/Ammonium-Sulphate-reistered-elabel-84443_110423-170817.pdf
- Ammonium Sulphate Utility Modifier. Canadian label text. Saantitapa: <https://www.cropscience.bayer.ca/-/media/Bayer-CropScience/Country-Canada-Internet/Products/Ammonium-Sulphate/Ammonium-Sulphate-Label.ashx?la=en&hash=6F8F4309E9DB44CF3DDA69D95405161792166570>
- Borggaard, O. K. & Gimsing, A. L. 2008. Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters: a review. *Pest Management Sciences* 64: 441-549.
- Cressey, D. 2015. Widely used herbicide linked to cancer. *Nature*. doi:10.1038/nature.2015.17181.
- Duke, S. O. & Powles, S. B. 2008. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Manag. Sci.* 64, 319–325.
- ECHA 2017. Glyphosate not classified as a carcinogen by ECHA. Saantitapa: <https://echa.europa.eu/fi/-/glyphosate-not-classified-as-a-carcinogen-by-echa>
- EU:n virallinen lehti 2016. Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2016/1313, annettu 1 päivänä elokuuta 2016, täytäntöönpanoasetuksen (EU) N:o 540/2011 muuttamisesta tehoaineen glyfosaatti hyväksymisedellytysten osalta. Euroopan unionin virallinen lehti. L 208. 59. vuosikerta, 2. elokuuta 2016.
- European Commission 2017. Saantitapa: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_glyphosate_commission_proposal_final_version.pdf
- Hallgren, E. & Nilsson, J. 1989a. Bekämpning av kvickrot (*Elymus repens*) med Roundup (Glyfosat) och tillsatsmedel. Resultat från ett växthusförsök och ett fältförsök. Sveriges lantbruksuniversitet. 30:e svenska växtsyddskonferensen, Uppsala 1-2 februari 1989, *Ogräs och ogräsbekämpning. Vol 1. Rapporter. Uppsala.* 248-255.
- Hallgren, E. & Nilsson, J. 1989b. Inverkan av Roundup (Glyfosat) med och utan tillstasmedel på effekten mot kvickrot (*Elymus repens*) vid olika temperature. Ett klimatkamferförsök. Resultat från ett växthusförsök och ett fältförsök. Sveriges lantbruksuniversitet. 30:e svenska växtsyddskonferensen, Uppsala 1-2 februari 1989, *Ogräs och ogräsbekämpning. Vol 1. Rapporter. Uppsala.* 257 – 265.
- Juvonen, J. & Gustavsson, J. 2015. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö . Ohje pohjaveden määrällisen ja kemiallisen tilan luokitteluun — päivitetty arviointiperusteet. 19 s.
- Laitinen, P. 2009. Fate of the organophosphate herbicide glyphosate in arable soils and its relation to soil phosphorus status. Doctoral Dissertation. *MTT Science* 3. 140 s. Saantitapa: http://www.lemn.org/ResearchNeedsWorkshop44/Laitinen_Dissertation_Glyphosate.pdf
- Luken maataloustilasto [verkkójulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 29.10.2019]. Saantitapa: <https://statdb.luke.fi>
- Malin, I. ym. 2014. Torjunta-aineet Lahden pohjavesissä 2000–2013. Lahden seudun ympäristöpalvelut. 25 s.
- Manuchehri, M. R., Dotray, P. A., Keeling, J. W., Morris, T. S., Morgan, G. D. & Woodward, J. E. 2018. Influence of Water Quality and Ammonium Sulfate on Glyphosate Efficacy. *Journal of Experimental Agriculture International* 23(5): 1-7.
- Mukula, J. & Salonen, J. 1990. Rikkakasvien kemiallinen torjunta. Herbisidit ja niiden käyttö. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja N:o 81. Vammalan Kirjapaino Oy. 79 s.
- O’Sullivan, P. A., O’Donovan, J. T. & Hamman, W. M. 1981. Influence of non-ionic surfactants, ammonium sulphate, water quality and spray volume on the phytotoxicity of glufosate. *Can. J. Plant Sci.* 61: 391-400.
- Peltonen, S. 2016. Glyfosaatin käyttö maataloudessa. Glyfosaatin ympäristökuormituksen vähentämisen (GlyFos II) –hankkeen aloitusseminaari, Ruissalo, Turku 1. syyskuuta 2016. Saantitapa: <https://www.luke.fi/projektit/glyfos-ii/>
- Peltonen, S. (toim.) 2019. Peltokasvien kasvinsuojelu 2019. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja 1160. Grano Oy, Vaasa 2019. 71 s.

- Pratt, D., Kells, J. J. & Penner, D. 2003. Substitutes for Ammonium Sulfate as Additives with Glyphosate and Glufosinate. *Weed Technology* 17:576-581.
- Siimes, K. 2016. Glyfosaatin hajoaminen suomalaisessa peltomaassa. Glyfosaatin ympäristökuormituksen vähentäminen (GlyFos II) –hankkeen aloitusseminaari, Ruissalo, Turku 1. syyskuuta 2016. Saantitapa: <https://www.luke.fi/projektit/glyfos-ii>.
- Suwunnamek, U. & Parker, C. 1975. Control of *Cyperus rotundus* with glyphosate: the influence of ammonium sulphate and other additives. *Weed Research* 15: 13-19.
- Turner, D. J. & Loader, M. P. C. 1980. Effect of ammonium sulphate and other additives upon the phytotoxicity of glyphosate to *Agropyron repens* (L.) Beauv. *Weed Research* 20: 139-146.
- Valavanidis, A. 2018. Glyphosate, the Most Widely Used Herbicide. Health and safety issues. Why scientists differ in their evaluation of its adverse health effects. www.chem-tox-ecotox.org/ScientificReviews
- Woznica, Z., J. D. Nalewaja, C. G. Messersmith, and P. Milkowski. 2003. Quinclorac efficacy as affected by adjuvants and spray carrier water. *Weed Technology* 17:582–588.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000

Jaetun Boost-lannoituksen astiakokeet

Aino Seppänen ja Ossi Kinnunen (Soilfood Oy)

14.11.2019

Sisällys

Johdanto	3
Materiaalit ja menetelmät	3
Maa-aineksen esikäsittely	3
Lannoitteet	3
Pipetoitavan nestelannoitemäärän määrittäminen.....	5
Kokeen aloitus	5
Toiminta kokeen aikana	5
Kasvatuskokeen lopetus.....	6
Tilastolliset analyysit	6
Tulokset.....	7
Tulosten tarkastelu	9
Liite 1. Kasvustoon lannoitetut ruukut välittömästi toisen lannoituskerran jälkeen.....	10
Liite 2 Polttovioituksen seurantataulukot	11

Johdanto

Astiakasvatuskoe toteutettiin esikokeena myöhemmin toteutetulle tilademonstraatiolle, jossa selvitettiin väkevien nestelannoitteiden lannoituksen jakamista useammalle lannoituskerralle. Väkevien nestelannoitteiden käyttömäärät ovat tyypillisesti haastavia levittää tiloilta löytyvällä levityskalustolla. Esimerkiksi Soilfoodin Boost NS ja NKS -lannoitteiden järkevä käyttömäärä kevätehnällä on noin 3 m³/ha, mikä on selkeästi enemmän kuin mitä kasvunsojelu-ruiskulla pystytään kerta-ajolla levittämään, mutta toisaalta huomattavasti alhaisempi kuin lietteenlevityskalustolle soveltuva lannoitusmäärä. Tässä esikokeessa ja sitä seuranneessa Myrskylän demonstraatiossa haluttiin selvittää, miten lannoitusmäärän jakaminen ruiskuttamalla levitettävissä oleviin kertamääriin (1 m³) vaikuttaa kevätehnän kasvuun.

Materiaalit ja menetelmät

Maa-aineksen esikäsittely

Maa-aines (vm HtMr, kerätty Vadelmakallion lohkolta Viikistä kesällä 2018) haettiin kuivana ja seulottuna (1 cm seula silmämääräisesti arvioituna) Helsingin yliopistolta to 14.2.19. Maa punnittiin ruukkuihin (ruukku + aluslautanen 110 g) pe 15.2.19, ruukun paino yht. 1400 g varastointikuivalla maalla (Ruukun mitat: 12,5 cm*12,5 cm * 13,5 cm, tilavuus: 1,5 litraa, pinta-ala: 0,015625 m²). Ruukut kasteltiin samana päivänä maa-aineksen olosuhteiden tasaamiseksi ennen kokeen aloitusta.

Lannoitteet

Kokeessa käytetty Boost NKS otettiin lokakuussa 2018 kuljetusauton tuodessa tuotetta Lahden välivarastoon. Boost NS otettiin Tattarin tilalle toimitetusta IBC-kontista, jonka sisältö oli huolellisesti sekoitettu ennen näytteenottoa (lokakuu 2018). Molemmista määritettiin liuk. N, kok. N. ja kuiva-aineen määrä (Metropolilab). Tuotteet säilytettiin jääkaapissa 5 °C asteessa. Laimennokset 1:1 tehtiin juuri ennen käyttöä punnitsemalla painon mukaan sama määrä tuotetta ja vettä, liuokset sekoitettiin huolella. Lannoituskäsittelyt joko kasvualustaan pipetoiden se tasaisesti maa-aineksen pintaan, tai kasvustoon, pipetoiden se lehdille, simuloiden kasvustoon ruiskuttamista eli lehtilannoitusta.

Taulukko 1. Käsittelyt

Käsittely		kg N/ha	Lannoitusmäärä (l/ha)	Lannoitemäärä/kerta/ruukku (g)	Lannoite	Ajankohta
1	Ei lannoitusta	-	-			-
2	Väkilannoitus	108	-	0,73	Pellon Y3	kylvö
3	Väkilannoitus	43,2	-	0,29	Pellon Y3	kylvö
4	Lannoitus kylvön yhteydessä	108	3000	5,66	Boost NS	kylvö
5	Lannoitus kylvön yhteydessä	43,2	1200	2,27	Boost NS	kylvö
6	Jaettu lannoitus kasvustoon	108	3000	1,89	Boost NS	kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa, korrenkasvuvaiheessa
7	Jaettu lannoitus kasvustoon	43,2	1200	0,76	Boost NS	kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa, korrenkasvuvaiheessa
8	Jaettu lannoitus kasvualustaan	108	3000	1,89	Boost NS	kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa, korrenkasvuvaiheessa
9	Jaettu lannoitus kasvualustaan	43,2	1200	0,76	Boost NS	kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa, korrenkasvuvaiheessa
10	Jaettu lannoitus kasvustoon	108	2634	1,70	Boost NKS	kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa, korrenkasvuvaiheessa
11	Jaettu lannoitus kasvustoon	43,2	1054	0,68	Boost NKS	kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa, korrenkasvuvaiheessa
12	Jaettu lannoitus kasvustoon (1:1 vesilaimennos)	21,6	600	0,38	Boost NS	kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa, korrenkasvuvaiheessa
13	Jaettu lannoitus kasvustoon (1:1 vesilaimennos)	21,6	527	0,34	Boost NKS	kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa, korrenkasvuvaiheessa

Pipetoitavan nestelannoitemäärän määrittäminen

Pipetoitavan lannoitteen määrä määritettiin pipetoimalla 10 tippaa kutakin tuotetta ja laimennosta, jotka punnittiin. Tämä toistettiin kolme kertaa ja näin pystyttiin määrittämään yhden tipan paino, jotka olivat:

Boost NKS: 0,0323 g/tippa

Boost NS: 0,040625 g/tippa

Boost NKS 1:1 laimennos: 0,0333 g/tippa

Boost NS 1:1 laimennos: 0,039766... g/tippa

Eri pipetointikertojen hajonnan laskettiin olleen enintään 10%.

Kokeen aloitus

Koe aloitettiin 22.2.19. Käsittelyille 2,3,4 ja 5 kylvön yhteydessä tehty lannoitus toteutettiin tekemällä ruukkujen keskelle 5 cm syvä kuoppa, jonka pohjalle lannoitus sijoitettiin. Tämän jälkeen kuoppa täytettiin kolon tekemisestä syntyneellä maa-aineksella. Tämän jälkeen kylvettiin 20 siementä kuhunkin ruukkuun 3 cm syvyyteen neljään riviin (tavoite 11 itävää siementä/ruukku). Pintaan annettu lannoitus tehtiin 6,7,8,9,10,11,12 ja 13 käsittelyille tiputtelemalla tasaisesti tippoja maa-aineksen pintaan. Lopuksi ruukut kasteltiin tasaisesti.

Toiminta kokeen aikana

Koetta kasteltiin silmämääräisesti arvioiden tarpeen mukaisesti, n. 1-2 krt /vk, ja purkkien järjestys satunnaistettiin maanantaisin ja perjantaisin. Useimpien oraiden noustua oraat harvennettiin 4.3.19 niin, että jokaiseen ruukkuun jäi 11 orasta. Jatkossa vielä nousseet oraat poistettiin ruukuista välittömästi. Kokeeseen lisättiin valaistusta (60*3w led, ledfinland) 5.3.19 (valojakso 6:00-22:00, 16 h), koska huomattiin että oraat venähtivät pitkiksi valon puutteen takia. Valo asennettiin vaaterekkiin n. 1 m oraiden yläpuolelle, jotta valokeila osuisi kaikkiin ruukkuihin tasaisesti.

Koejäsenet 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ja 13 lannoitettiin uudestaan 18.3. kasvuasteella 12-13. Koejäsenet 6, 7, 12 ja 13 lannoitettiin tiputtelemalla pipetistä ensimmäistä lannoituskertaa vastaava tippamäärä lehdille, jonka jälkeen se levitettiin nitriilikäsineen avulla. Tämän todettiin olevan paras metodi kolmesta kokeillusta. Tällä tavoin arvioituna 1/2-1/3 levitetystä lannoitteesta päätyi kasvien juurelle maahan. Koejäsenelle 23-10 (Käsittelyn 10 toinen kerranne) lannoitteen lisäys tehtiin kuten muille, mutta lannoite levitettiin lastalla tasaisemmin kasvin lehdille. Koejäsenelle 10-10 (Käsittelyn 10 ensimmäinen kerranne) Boost NKS levitettiin

punnitsemalla lannoite astiaan, jonka jälkeen se levitettiin lehdille lastan avulla. Versot näyttivät kärsivän menettelystä ja lannoitehävikkiä syntyi n. 0,2-0,3g. Koejäsen 10-10 ei toipunut levitysmenetelmästä vaan suurin osa versoista kuoli. Näin ollen koejäsen hylättiin. Koejäsenet 8 ja 9 lannoitettiin kasvualustaan. Lannoituksen jälkeen kaikki koejäsenet suihkuteltiin vedellä suihkepulloa käyttäen, simuloiden aamukastetta tai kevyttä sadetta. Kuvat eri tekniikoilla tehdyistä levityksistä löytyvät liitteestä 1. Koejäsen 10-10 hylättiin, koska levitystekniikka vahingoitti versoja liikaa ja ne kuolivat. Polttovioituksen määrää arvioitu päivittäin 19.-21.3. asteikolla 1-10. Tulokset löytyvät taulukosta 2.

Koejäsenille 6, 7, 8, 9, 11, 12 ja 13 annettiin kolmas ja viimeinen lannoitus 1.4.19, kasvuasteella (BBCH 14). Lannoitus tehtiin edellisellä kerralla havaitulla parhaalla metodilla. Polttovioitusta seurattiin päivittäin 2.-4.4. asteikolla 1-10. Tulokset esitettynä taulukossa 2.

Kasvatuskokeen lopetus

Kasvatuskoe päätettiin kasvuston alkaessa tulla tähkälle 7.5.2019. Lehtivihreämittaukset toteutettiin Konica Minolta SPAD-502 Plus- mittarilla mittaamalla kustakin koejäsenestä viisi toiseksi ylintä täysin auennutta lehteä, jonka jälkeen niistä katsottiin keskiarvo. Versojen määrä laskettiin ja koejäsenien kasvuaste määriteltiin. Tämän jälkeen versot leikattiin n. 2cm korkeudelta maanpinnasta ottaen kaikki lehdet mukaan ja käsittelyt yhdistettiin (paitsi käsittely 10, josta analysoitiin vain toinen koejäsen) ja sen jälkeen näytteet punnittiin. Näytteistä analysoitiin kokonaistyyppi pyrolyysimenetelmällä (Metropolilab 7.5.2019).

Tilastolliset analyysit

Käsittelyjen vaikutus lehtivihreän määrään määritettiin käyttämällä yksisuuntaista varianssianalyysia (One-way ANOVA). Parittainen vertailu suoritettiin Tukeyn HSD-menetelmällä. Tulosten analysointiin käytettiin IBM SPSS Statistics 25 -ohjelmaa.

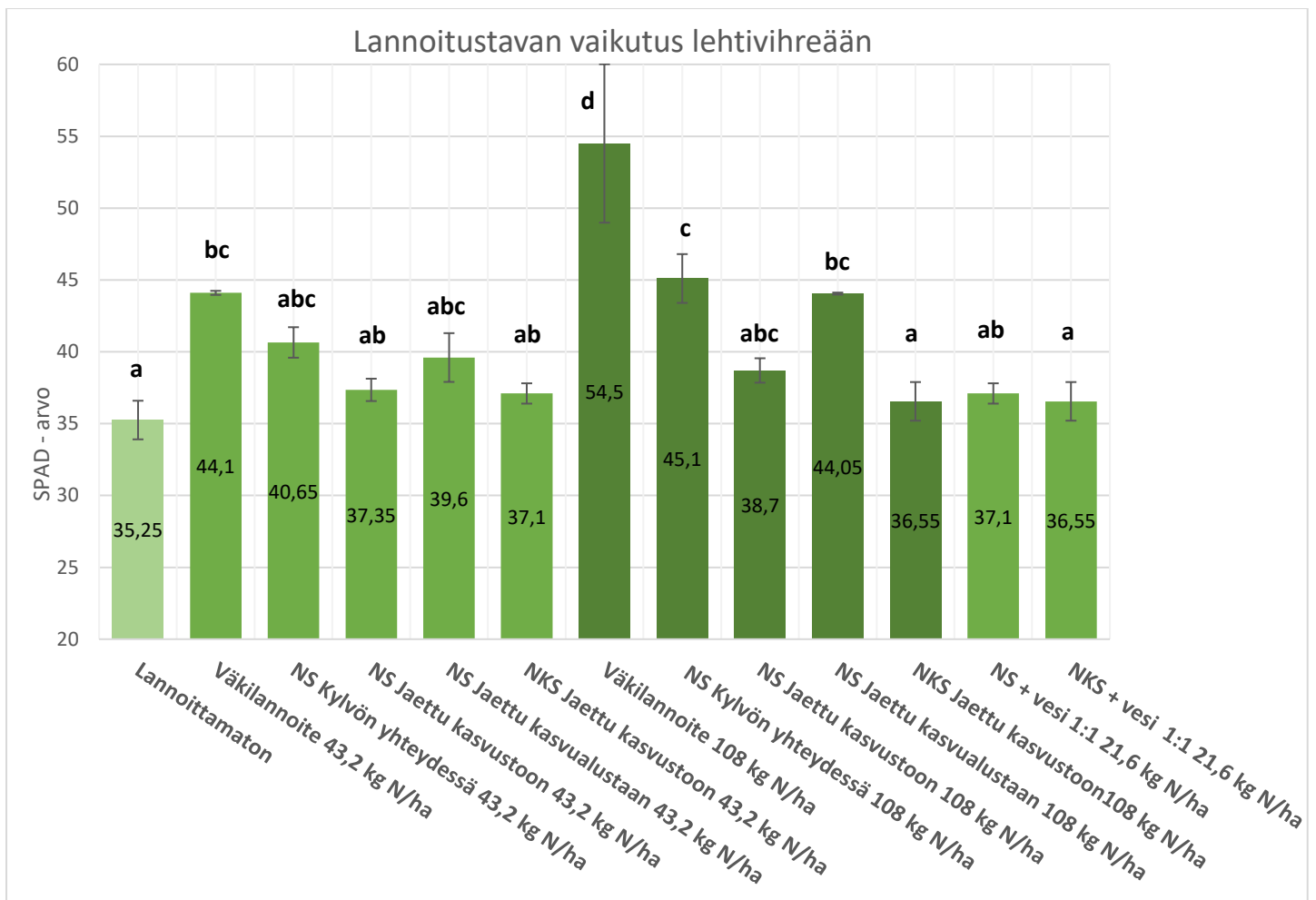
Tulokset

Polttovioitus lisääntyi kolmanteen päivään asti lannoituksesta kummallakin lehtilannoituskerralla. Tämän jälkeen polttovioituksen ei enää huomattu lisääntyneen. Vioitusta esiintyi ja sen määrä nousi lannoitteen käyttömäärän mukaan (Taulukko 2).

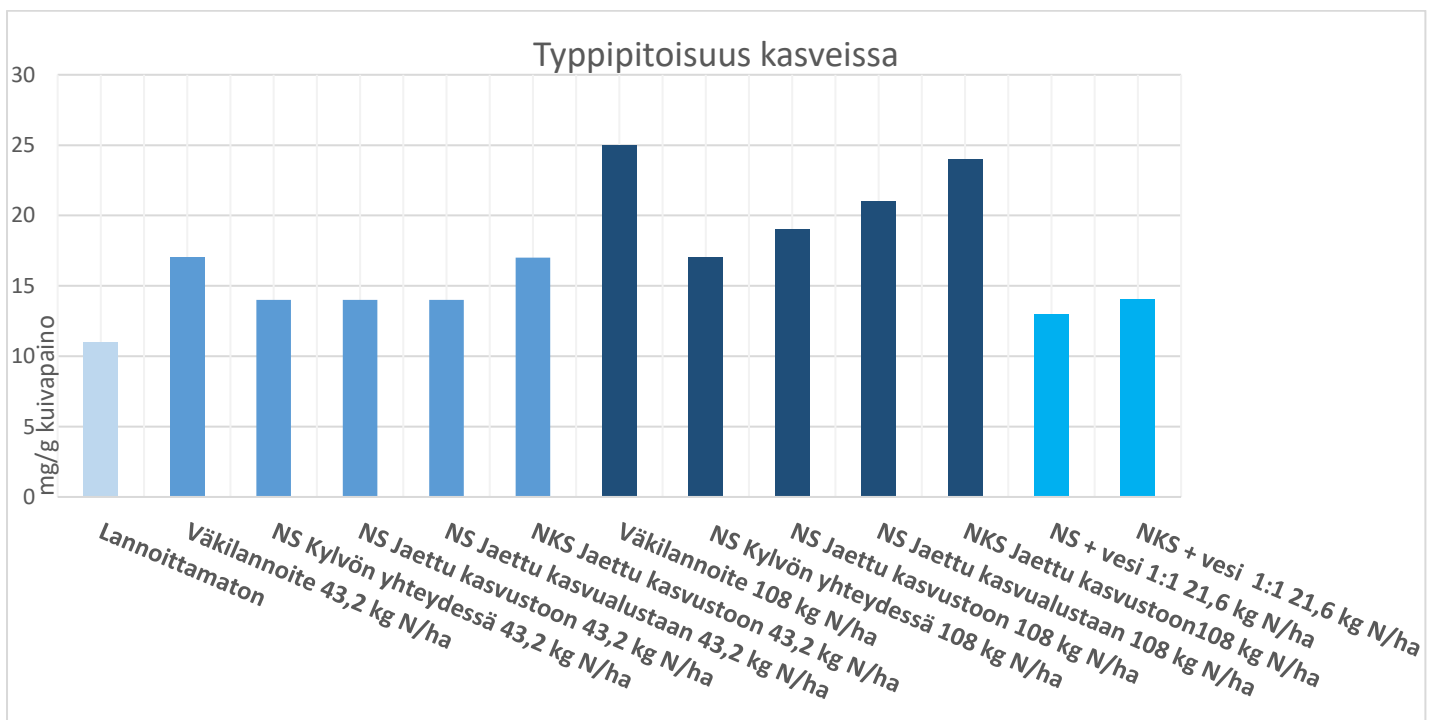
Taulukko 2. Polttovioituksen määrä kolme päivää levityksen jälkeen (asteikko 1-10)

Käsittely	Polttovioitus 2. lannoituskerran jälkeen	Hajonta 2. lannoituskerran jälkeen	Polttovioitus 3. lannoituskerran jälkeen	Hajonta 3. lannoituskerran jälkeen	2. ja 3. lannoituskerran keskiarvo	2. ja 3. lannoituskerran hajonta
6	2,5	0,71	3,5	0,71	3	0,82
7	1	0	2,5	0,71	1,75	0,96
11	2	0	2	0	2	0
12	1,25	0,35	1,5	0,71	1,38	0,48
13	0,75	0,35	1,5	0,71	1,13	0,63

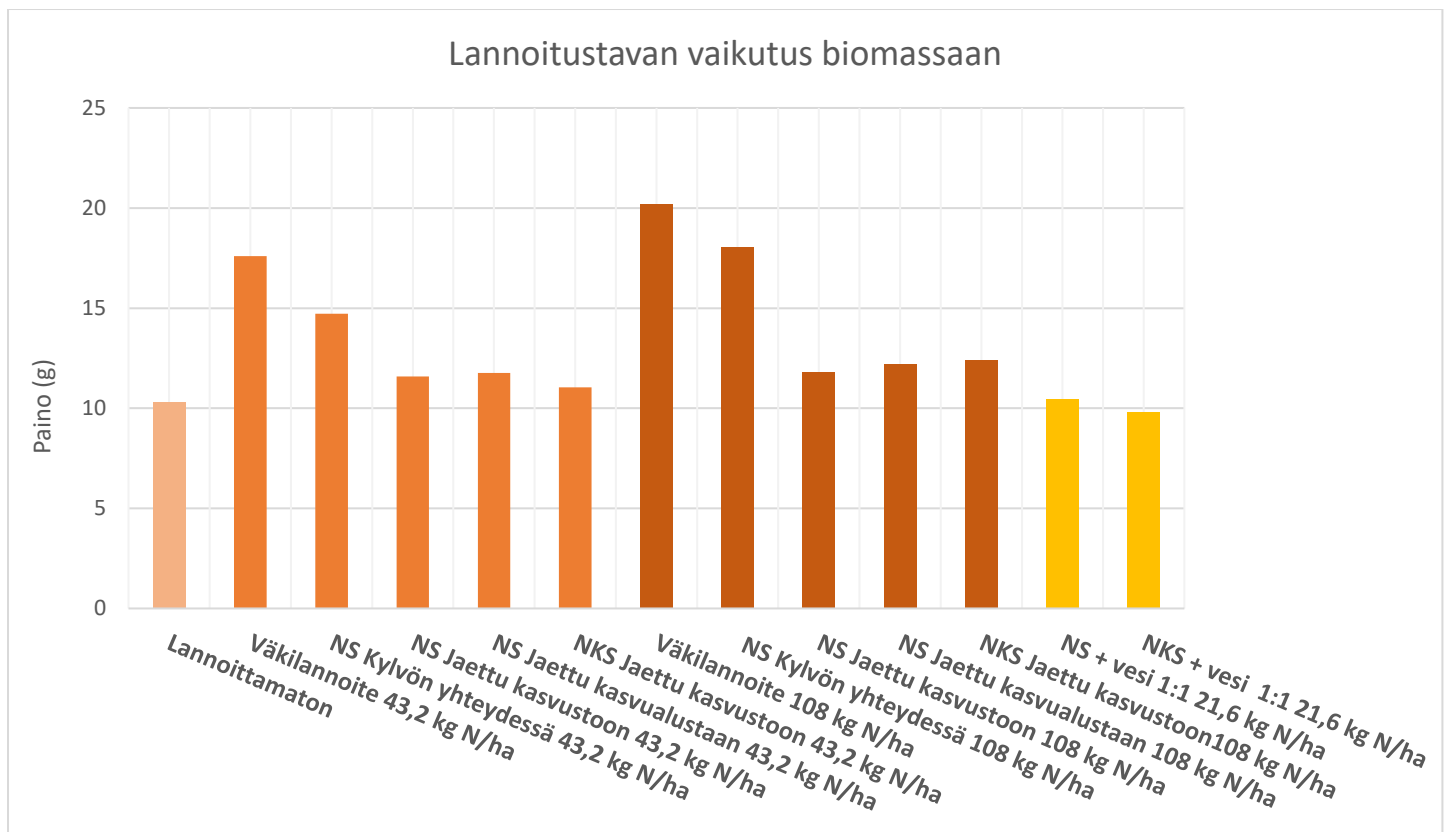
Korkeimmat lehtivihreätulokset saatiin väkilannoitekäsittelyillä (Kuva 1, (korkeammat lannoitustasot merkitty tummimmalla vihreällä). Taulukossa 3 on esitettyinä lehtivihreätulosten tilastollisesti merkitsevät erot. Väkilannoitetuissa koejäsenissä oli korkeimmat typpipitoisuudet (Kuva 2) ja biomassa (Kuva 3).



Kuva 1 *Eri kirjaimella merkityt käsittelyt eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0,05$).



Kuva 2 Kasvien typpipitoisuus



Kuva 3 Lannoitustavan vaikutus biomassaan

Tulosten tarkastelu

Polttoivoituksen määrä nousi lannoitusmäärän mukaan, mutta lannoitetyypillä (NS/NKS) ei näyttänyt olevan vaikutusta sen määrään. Käsittelyt, joissa Boost NS oli jaettu kasvustoon, antoivat matalammat typpipitoisuudet, lehtivihreätulokset ja biomassatulokset, kuin samalla lannoitusmäärällä kasvualustaan lannoitetut käsittelyt. Tämä voi viitata siihen, että kasvit eivät täysin toipuneet polttovoituksesta, tai sitten tuotteiden sisältämien ravinteiden otto on ollut tehokkaampaa juuriston kautta.

Biomassatulokset vastasivat aikaisempia tutkimuksia, joiden mukaan vinassin tpeestä noin 60-70 % mineralisoituu kasveille käyttökelpoiseen muotoon alkukasvukauden aikana (Delin & Engström 2010). Koska ruukkuja kasteltiin tarpeen mukaisesti (ei läpi asti), tpeä ei huuhtoutunut pois ruukuista, jolloin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa lisätty orgaaninen typpi antaa jaettua lannoitusta paremman lannoitusvasteen (pidempi mineralisoitumisaika). Suurimmat typpipitoisuudet kasvustossa saavutettiin Boost-lannoitetuissa käsittelyissä kuitenkin kasvustoon jaetulla Boost NKS:llä sekä kasvualustaan jaetulla Boost NS:llä, mikä mahdollisesti viittaa siihen, että biomassantuotannon kannalta myöhästynyt typpilannoitusvaikutus on kuitenkin nostanut kasvuston typpipitoisuutta kokeen loppuvaiheessa.

Liite 1. Kasvustoon lannoitetut ruukut välittömästi toisen lannoituskerran jälkeen.



Liite 2 Polttovioituksen seurantataulukot

Taulukko 1. Polttovioituksen määrä asteikolla 1-10 toisen lannoituskerran jälkeen.

Koejäsen	Käsittely	19.3.	20.3.	21.3.
6	6	1	2	2
7	7	0,5	1	1
8	8	0		
9	9	0		
10	10	7	8	8
11	11	2	2	2
12	12	1	1,5	1,5
13	13	0,5	0,5	0,5
19	6	2	3	3
20	7	0,5	1	1
21	8	0		
22	9	0		
23	10	2	2	3
24	11	1	1,5	2
25	12	0,5	0,5	1
26	13	0,5	0,5	1

Taulukko 2. Polttovioituksen määrä asteikolla 1-10 kolmannen lannoituskerran jälkeen.

Koejäsen	Käsittely	2.4.	3.4.	4.4.
6	6	3	3,5	4
7	7	2	2,5	3
8	8	0		
9	9	0		
10	10	9	9	9
11	11	2	2	2
12	12	1,5	2	2
13	13	1	1	1
19	6	2	3	3
20	7	1	1,5	2
21	8			
22	9			
23	10	2	3	3
24	11	1,5	1,5	2
25	12	1	1	1
26	13	1,5	2	2

Raportti Soilfood Oy:n toteuttamista Nesteravinne - hankkeen tilademonstraatioista

Aino Seppänen, Aino Härkönen ja Ossi Kinnunen (Soilfood Oy)

Sisällys

Sisällys	2
Johdanto	3
Materiaalit ja menetelmät.....	3
Myrskylä / Tapio Anttila.....	3
Huittinen / Sakari Suittio.....	6
Tulokset.....	7
Myrskylä / Tapio Anttila.....	7
Huittinen / Sakari Suittio.....	10
Johtopäätökset.....	13
Lähteet.....	13

Johdanto

Soilfoodin toteuttamissa tilademonstraatioissa selvitettiin ja esiteltiin väkevien nestelannoitteiden lannoituksen jakamista useammalle lannoituskerralle (Myrskylä), lietalannan väkevöintiä väkevillä nestelannoitteilla, sekä ammoniumsulfaatin lehtilannoituskäyttöä (Huittinen).

Väkevien nestelannoitteiden käyttömäärät ovat tyypillisesti haastavia levittää tiloilta löytyvällä levityskalustolla. Esimerkiksi Soilfoodin Boost NS -lannoitteen järkevä käyttömäärä keväthehnällä on noin 3 m³/ha, mikä on selkeästi enemmän kuin mitä kasvun suojeleluruiskulla pystytään kerta-ajolla levittämään, mutta toisaalta huomattavasti alhaisempi kuin lietteenlevityskalustolle soveltuva lannoitusmäärä. Myrskylän demonstraatioissa haluttiin selvittää, miten lannoitusmäärän jakaminen ruiskuttamalla levitettävissä oleviin kertamääriin (1 m³) vaikuttaa keväthehnan satoon. Samalla demonstraatioissa selvitettiin myös eri levityslaitteistojen vaikutuksia lannoituksen toimivuuteen.

Levityshaasteiden vuoksi yksi käyttökelpoisimmista tavoista väkevien nestelannoitteiden käyttöön on lietalannan väkevöinti. Väkevöinnillä voidaan lisätä lietteeseen kasveille nopeasti käyttökelpoista typpeä, ja näin tasapainottaa lannan matalaa typpi:fosforisuhdetta. Väkevöinnillä saadaan myös varmistettua riittävä typpilannoitus lohkoille, joilla fosforin sallittu lisäysmäärä rajoittaa lannan käyttömääriä typen kannalta liian matalaksi. Väkevöintiä selvitettiin Huittisissa järjestetyssä tilademonstraatioissa, jossa kokeiltiin myös ammoniumsulfaatin lehtilannoituksen käyttämistä kevätiljan valkuaisen nostamiseen.

Materiaalit ja menetelmät

Tilademonstraatiot toteutettiin kasvukaudella 2019 kahdella yhteistyötilalla; Myrskylässä Tapio Anttilan tilalla, jossa demonstroititiin Soilfood Boost NS -nestelannoitteen käyttöä eri levitysmenetelmillä ja Huittisissa Sakari Suittion tilalla, jossa demonstroititiin Boost NKS -väkevöidyn sian lietalannan vaikutusta sadon määrään ja laatuun, sekä ammoniumsulfaatilehtilannoituksen vaikutusta keväthehnan valkuaispitoisuuteen.

Myrskylä / Tapio Anttila

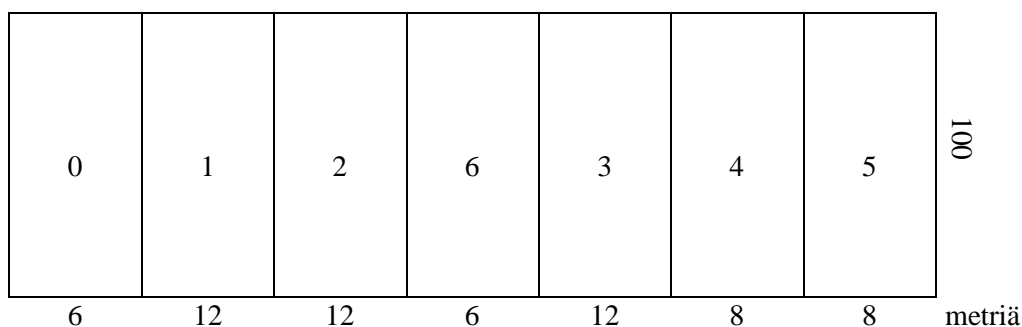
Tapio Anttilan luomutilalla selvitettiin väkevän nesteravinteen (Soilfood Boost NS) eri levitysmenetelmien vaikutusta keväthehnan satoon. Runsasmultaiselle hietasavilohkolle perustetun kaistakokeen (n=1) kaistojen leveys oli käytetyn kaluston mukaan 6-12 metriä ja pituus 100 metriä. Typpilannoitusmäärä asetettiin aiemmin osana samaa hanketta toteutetun astiakokeen korkeamman lannoitustason mukaiseksi (tavoite 108 kg N/ha, toteutunut taso 96 kg N/ha) ja lannoitus toteutettiin Boost NS -nestelannoitteella, josta teetetyn laajan lanta-analyysin (Eurofins) tulokset on esitetty taulukossa 1. Koska astiakokeessa oli havaittu samalla lannoitustasolla polttovioitusta Boost NS:ää kasvustoon levitettäessä, päätettiin lehtilannoituksen sijaan toteuttaa lannoitus Amazonen laahaletkuilla (suutinväli 50cm) kasvuston juurelle.

Taulukko 1 Soilfood Boost NS:n ravinnesisältö

KA	53,70 %		
Tilavuuspaino	1200 kg/m ³		
	g/kg ka	kg/t	kg/m ³
Liukoinen typpi	38,1	20	25
Kok. N	48	26	32
P	2,3	1,2	1,5
K	4,7	2,5	3,1
Mg	1,1	0,61	0,74
Ca	4	2,2	2,6
Cu	Alle määrittämissä		
Na	29	15	19
	mg/kg ka	g/t	g/m ³
Mn	360	200	240
Zn	25	14	17
B	7,7	4,2	5

Taulukko 2 Myrskylän tilademonstraation käsittelyt

Käsittelynumero	Käsittely	Boost NS lannoitusmäärä	Lisätty N	Lannoituspäivämäärät	Kylvöpäivämäärä
0	Ei lannoitusta	0	0		1.5.2019
1	Jaettu lannoitus Amazonen laahaletkuilla	3*1m ³ /ha	96 kg N/ha	4.6.2019 (2*1m ³ /ha, BBCH 30), 12.6.2019 (BBCH 31)	1.5.2019
2	Kylvölannoitus Horsch kylvölannoittimella, jaettu lannoitus Amazonen laahaletkuilla	1m ³ /ha, 2*1m ³ /ha	96 kg N/ha	1.5.2019, 4.6.2019 (BBCH 30), 12.6.2019 (BBCH 31)	1.5.2019
3	Lannoitus Amazonen laahaletkuilla sängelle ennen kylvöä, jaettu lannoitus Amazonen laahaletkuilla kasvustoon	3*1m ³ /ha	96 kg N/ha	4.6.2019, 12.6.2019 (BBCH 10), 18.6.2019 (BBCH 11)	4.6.2019
4	Kylvölannoitus Horsch kylvölannoittimella	3m ³ /ha	96 kg N/ha	1.5.2019	1.5.2019
5	Lannoitus lietevaunulla kasvustoon	3m ³ /ha	96 kg N/ha	3.6.2019 (BBCH 30)	1.5.2019
6	Kylvölannoitus Horsch kylvölannoittimella	1m ³ /ha	32 kg N/ha	1.5.2019	1.5.2019



Kuva 1 Kaistakokeen kartta, ruuduissa käsittelynumerot.

Koekaistat äestettiin 1.5.2019 kaistojen myötäisesti kaksi kertaa kultivaattorilla. Tämän jälkeen koekaistoille kylvettiin, käsittelyä kolme lukuun ottamatta, Horsch Airseeder 6CO -kylvölannoittimella Vuxal-peitattu Quarna-vehnä (300 kg/ha). Käsittelyihin 2 ja 6 levitettiin kylvön yhteydessä 1m³/ha Boost NS:ää ja käsittelyyn 4 levitettiin 3m³/ha Boost NS (toteutunut määrä Horchin mittarin mukaan 2,7m³/ha).

Alkuperäisen koesuunnitelman mukaan jaetut lannoituskäsittelyt oli suunniteltu samoille kasvuvaiheille kuin astiakokeessakin (kylvön jälkeen, pensomisvaiheessa ja korrenkasvuvaiheessa), mutta laahaletkujen toimitushaasteiden takia lannoituskäsittelyt myöhästyivät huomattavasti suunnitellusta. Käsittely 3 päästiin toimitushaasteiden vuoksi kylvämään vasta 4.6. ja näin ollen sen tulosten vertaaminen muihin käsittelyihin ei ollut mielekäästä.

Koekaistoilta (pl. käsittely 3) otettiin biomassanäytteet 25.6.2019 kasvuasteen ollessa 59. Kaistojen reunoille jätettiin reunoihin yhden metrin suojavyöhykkeet ja päätyihin n. kymmenen metrin vyöhykkeet, joilta näytteitä ei otettu. Kultakin kaistalta otettiin yksi kokoomanäyte Novacropin (NovaCropControl, Amsterdam, Hollanti) näytteenottomenetelmän mukaisesti keräten kasvien alimpia vihreitä lehtiä, täyttäen litran Minigrip-pussin puolilleen. Samalla koekaistoilta otettiin lehtivihreämittaukset (Minolta SPAD-502 Plus mittarilla) noudattaen samoja suojavyöhykkeitä. Kultakin kaistalta otettiin satunnaisesti 20 SPAD-mittausta toiseksi ylimmältä lehdeltä, joiden keskiarvo otettiin talteen.

Koekaistat puitiin 26.8.2019 Wintersteiger-koeruutupuimurilla. Kaistojen kummastakin päästä rajattiin pois noin 35 metriä, jonka jälkeen jäljelle jääneen 30 metrin pituisesta osiosta puitiin molemmista päädyistä n. 10*1,5 m alan jyväsato puintisäkkeihin, eli kaksi näytettä jokaiselta kaistalta. Satonäytteet kuivattiin ja käsiteltiin Luonnonvarakeskuksen Jokioisten tiloissa. Tämän jälkeen näytteet seulottiin, punnittiin ja jyväsadosta määritettiin valkuainen, kuiva-aineprosentti ja hehtolitraino (NIT-analyysi).

Huittinen / Sakari Suittio

Sakari Suittion tavanomaisessa viljelyssä olevalla tilalla selvitettiin Boost NKS väkevöidyn sian lietalannan vaikutusta sadon määrään sekä ammoniumsulfaattilehtilannoituksen vaikutusta kevätvehnän valkuaiseen. Boost NKS -koe koostui kolmesta koejäsenestä; käsittelemätön, lietalanta 20 m³/ha ja Boost NKS väkevöity lietalanta 21 m³/ha (20 m³ lietalanta ja 1 m³ Boost NKS) (Taulukko 3). Kaistat olivat n. 100 metriä pitkiä ja leveydeltään n. 32 metriä (paitsi käsittelemätön, jonka leveys oli 6m). Ennen lietteiden levittämistä kaistojen muokkauskerroksesta otettiin maanäytteet, joista teetettiin laajat lanta-analyysit (Eurofins). Lisäksi koekaistoille (käsittelemätöntä kaistaa lukuun ottamatta) levitettiin kylvön yhteydessä NK 2 – hivenlannoitetta (N 21%, K 10% ja S 3,4%) 150 kg/ha. Tämän lisäksi koekaistat saivat Mn-lannoitusta (Mantrac Pro, yht. 600 g/ha) kolmesti orastumisesta lippulehtivaiheelle.

Taulukko 3 Lannoitteiden ravinnepitoisuudet

Ravinnepitoisuudet	Sian Lietalanta			Boost NKS väkevöity sian lietalanta		
KA	5,10 %			6,60 %		
Tilavuuspaino	1000 kg/m ³			1000 kg/m ³		
	g/kg ka	kg/t	kg/m ³	g/kg ka	kg/t	kg/m ³
Liuk N	55	2,8	2,9	59,7	3,9	4
Kok N	98	5	5,1	100	6,7	6,9
P	19	0,97	0,98	9,8	0,65	0,65
K	75	3,8	3,9	89	5,9	6
Mg	11	0,55	0,56	6,5	0,43	0,44
Ca	32	1,7	1,7	17	1,1	1,1
Cu	0,11	0,0055	0,0056	0,067	0,0044	0,0045
Mn	0,29	0,015	0,015	0,16	0,011	0,011
Zn	0,85	0,043	0,044	0,54	0,035	0,036
Na	23	1,2	1,2	22	1,5	1,5
B	0,012	0,0006	0,0006	0,016	0,001	0,0011

*Tilavuuspainon ollessa 1000 kg/m³ ravinnemäärät tonnia ja kuutiota kohden eivät täsmää. Asia selvityksessä Eurofins-laboratorion kanssa.

Taulukko 4 Koekaistoille lisätyt ravinnemäärät (sis. NK 2- hivenlannoite)

Ravinne	Sian lietalanta	Boost NKS väkevöity sian lietalanta
Liuk. N kg/ha	89,5	115,5
Kok N kg/ha	133,5	176,4
P kg/ha	19,6	13,7
K kg/ha	93	141

Käsittelet levitettiin hajalevityksenä sängellä olleelle demonstraatiolohkolle (rm HtMr) 15.5. 2019, jonka jälkeen ne mullattiin äestämällä. Tämän jälkeen koekaistoille kylvettiin kylvölannoittimella Avenue-kauraa (n. 550 itävää

siementä/m²). Väkilannoite levitettiin sijoittamalla kylvön yhteydessä. Kasvinsuojelu toteutettiin kemiallisesti (Folicur Expert, Moddus Evo, Ratio, Starane 333 HL, MCPA, Stabilan).

Koekaistoilta otettiin biomassanäytteet ja lehtivihreämittaukset 24.6.2019 kasvuasteella 37 samalla menetelmällä kuin Myrskylän demonstraatiossa.

Koekaistat puitiin viljelijän toimesta. Ensin koekaistojen päädyt tasattiin, jotta kaistoista tuli saman mittaiset. Kukin kaista puitiin tyhjiin puimuriin, jonka jälkeen puimuri käytiin tyhjentämässä lavalle, joka punnittiin kalibroidulla vaa'alla. Samalla otettiin kaistakohtaiset satonäytteet, joista määritettiin valkuainen, kuiva-aineprosentti ja hehtolitrapaino (NIT-analyysi) Luonnonvarakeskuksen toimesta.

Ammoniumsulfattikokeessa kevätvehnälohkolle (mHtMr) ruiskutettiin kasvinsuojeluruiskulla (viuhkasuuttimet) kaksi eri lannoitustasoa (50 l AMS/150 l vettä, eli 4,4 kg N/ha sekä 100 l AMS/ 300 l vettä, eli 8,8 kg N/ha) 20.7.2019. Välittömästi tämän jälkeen muulle lohkolle ruiskutettiin Salpietaria (20 kg/ha). Valitettavasti demonstraatiolohkolle ei jäänyt käsittelemätöntä alaa, minkä vuoksi satotulosten vertailu ei ollut mielekäästä. Polttovioitushavainnot tehtiin tästä huolimatta kolme päivää (23.7.2019) levityksen jälkeen arvioimalla polttovioituksen määrä ylimmällä lehdellä asteikolla 1-10.

Boost NKS väkevöinnillä saavutettu taloudellinen hyöty laskettiin käyttäen ProAgrian viljan hintalaskurin (<https://www.proagria.fi/www/viljalaskuri/>) hintaa rehukauralle (Liete-käsittelyssä 121 €/viljatonna, Boost NKS + liete-käsittelyssä 120 €/viljatonna). Rehukauran markkinahinnaksi oletettiin 130 €/t, ja Boost NKS:n hinnaksi 81 €/t. Hyöty:kustannussuhde laskettiin jakamalla saavutetun lisäsadon arvo käytetyn lannoitteen kustannuksella, ja nettohyöty vähentämällä lannoitteen kustannus saavutetun lisäsadon arvosta. Viljelijän mukaan kaurasadon toteutunut myyntihinta oli 165 €/t. Laskuissa ei huomioitu rahtikustannuksia.

Tulokset

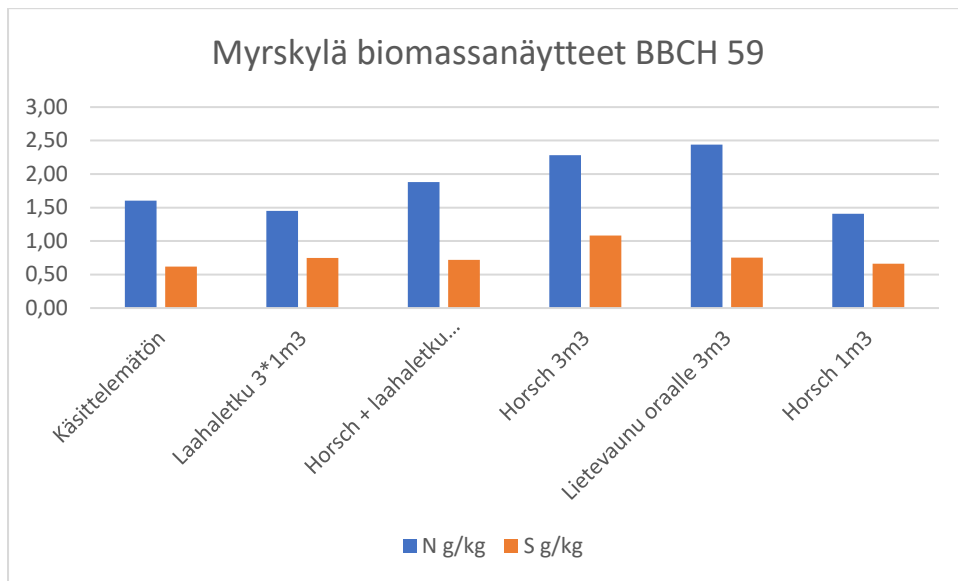
Myrskylä / Tapio Anttila

Lehtivihreämittaukset tehtiin pian viimeisten jaettujen lannoituskäsittelyiden jälkeen, ja korkeimmat SPAD-arvot saavutettiin käsittelyillä 4 ja 5 (Taulukko 2).

Taulukko 5 SPAD-tulokset Myrskylän demonstraatiossa

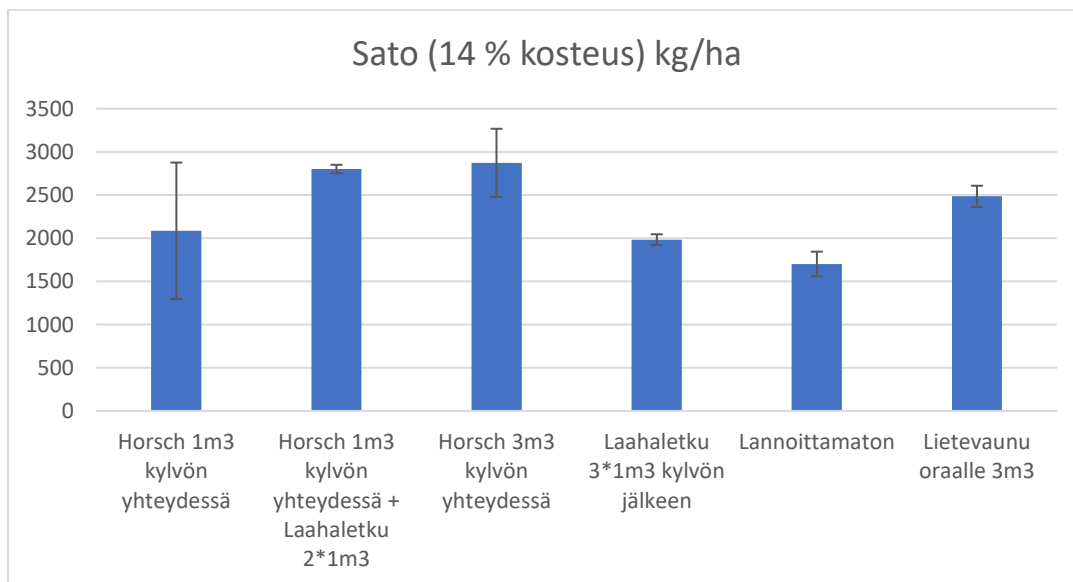
Käsittely	SPAD (BBCH 59)
Lannoittamaton (0)	42
Laahaletku (1)	46
Horsch + laahaletku (2)	44
Horsch 1m ³ (6)	46
Horsch 3m ³ (4)	53
Lietevaunu oralle (5)	49

Kasvustonäytteiden tulokset olivat samansuuntaisia SPAD-tulosten kanssa. Korkeimmat typpipitoisuudet saavutettiin käsittelyillä 4 ja 5 (Kuva 2). Rikkipitoisuus oli korkein käsittelyssä 4, joka oli kylvön yhteydessä saanut 3 m³/ha Boost NS:ää. Muiden ravinteiden kohdalla ei ollut selkeästi lannoituksesta johtuneita eroja.



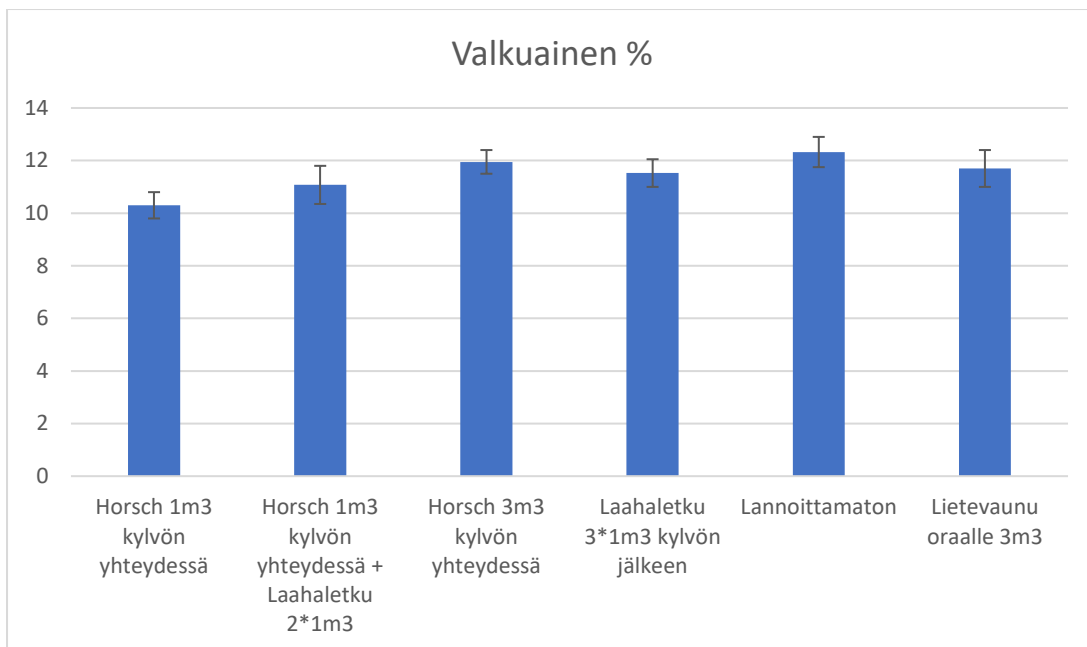
Kuva 2 Myrskylän demonstraation kasvustonäytteiden typpi- ja rikkipitoisuudet

Korkein sato korjattiin koejäseneltä 4, jota lannoitettiin kylvön yhteydessä 3 m³/ha Boost NS -lannoitetta (Kuva 3). Melkein yhtä korkea sato korjattiin käsittelyltä 2, jota lannoitettiin kylvön yhteydessä 1 m³/ha ja tämän jälkeen jaettuna lannoituksena 2*1m³/ha. Lannoitetuista käsittelyistä heikoin tulos saatiin jaetulla lannoituksella, joka toteutettiin kylvön jälkeen oraalle (käsittely 1). Tämä selittynee viivästyneellä lannoituksella.



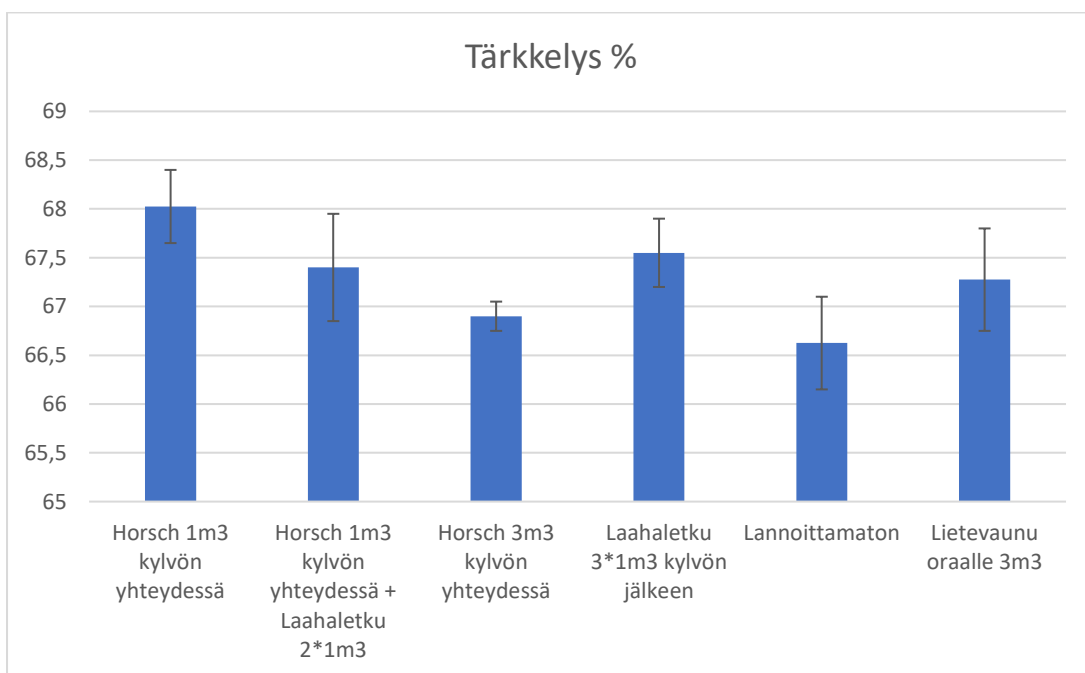
Kuva 3 Sadon määrä Myrskylän demonstraatiossa

Valkuainen oli matalahko kaikilla käsittelyillä (Kuva 4). Yli 12 % se oli vain lannoittamattomalla koejäsenellä. Jaettu lannoitus ei myöhäisestä lannoitusajankohdasta huolimatta näytä nostaneen valkuaispitoisuutta.



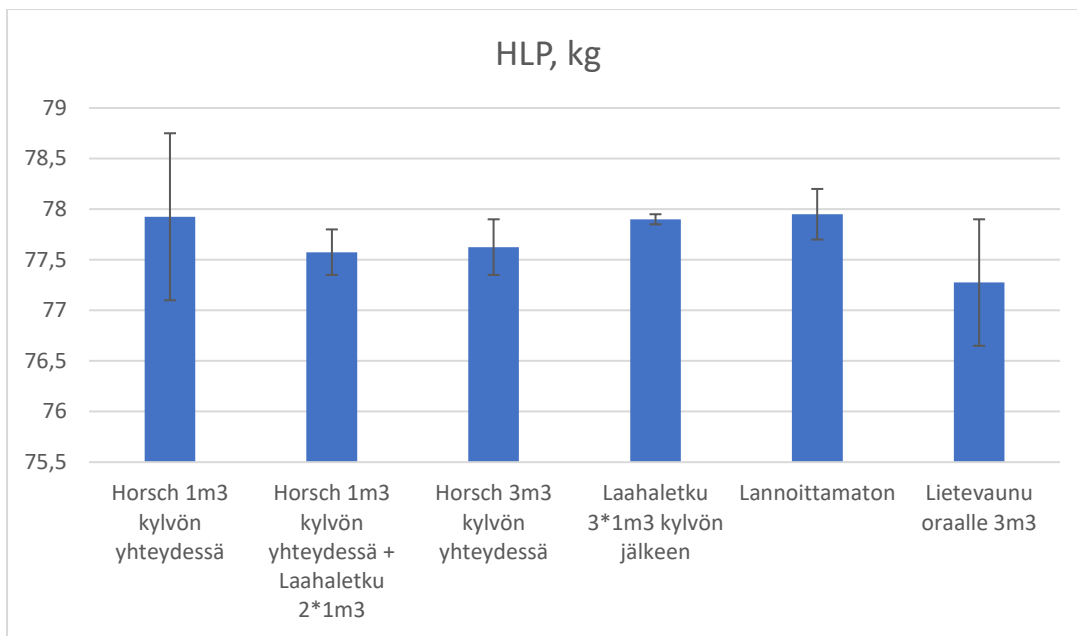
Kuva 4 Myrskylän demonstraation vehnän valkuaispitoisuus

Koejäsenten tärkkelyspitoisuudessa ei ollut merkittäviä eroja, eikä lannoituskäsittelyillä vaikuttanut olevan huomattavaa vaikutusta niihin (Kuva 5).



Kuva 5 Myrskylän demonstraation vehnän tärkkelyspitoisuus

Hehtolitrapaino jäi kaikilla käsittelyillä alle 78 kilon (Kuva 6). Vaihtelu käsittelyiden välillä oli pientä, eikä lannoituksen määrä näkynyt käsittelyiden hehtolitrapainoissa.



Kuva 6 Myrskylän demonstraation vehnän hehtolitraino

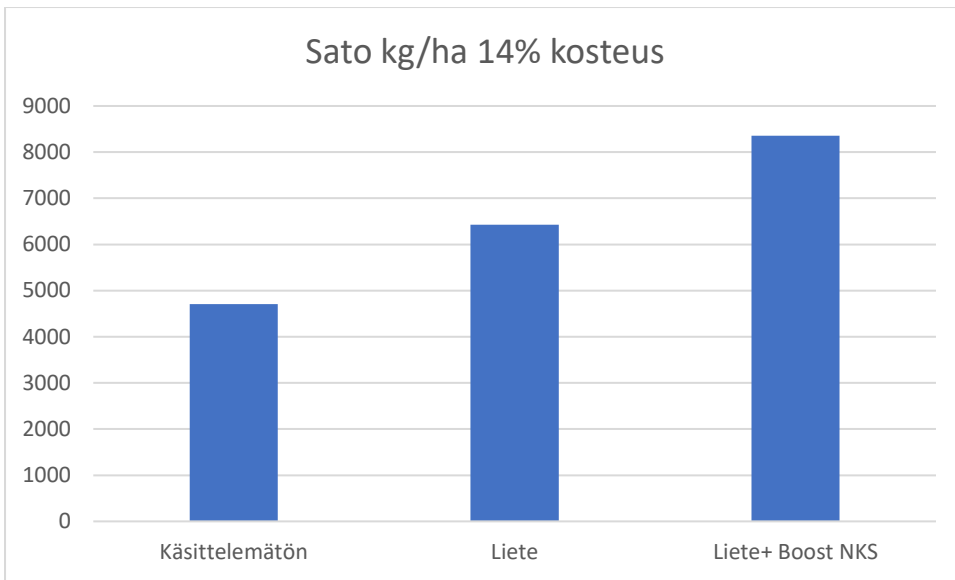
Huittinen / Sakari Suittio

Käsittelyiden lehtivihreäpitoisuudet nousivat lisätyn typpimäärän mukaisesti (Taulukko 3). Boost NKS -väkevoity lietalanta -koejäsenen SPAD-tulos oli korkeampi kuin pelkällä lietalannalla lannoitetun koejäsenen.

Taulukko 6 SPAD-tulokset Huittisten demonstraatiassa

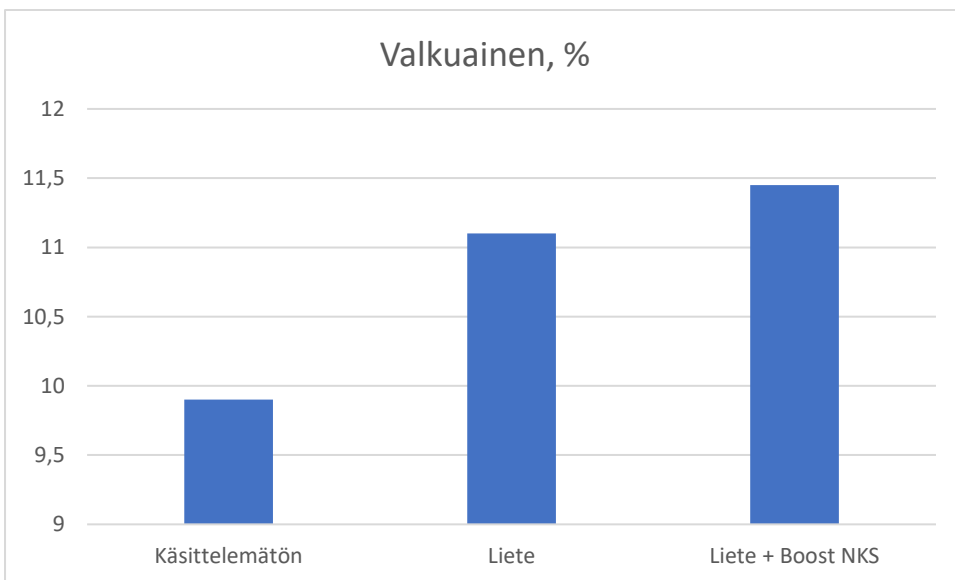
Käsittely	SPAD BBCH 37
Käsitlemätön	35
Liete	44
Liete+NKS	46

Lannoituskäsittelyt eivät juurikaan vaikuttaneet kasvustonäytteiden ravinnepitoisuuksiin (kuva 7 ja kuva 8). Typpipitoisuus oli korkein pelkällä lietalannalla lannoitetulla kaistalla ja kaliumpitoisuus käsittelemättömällä kaistalla. Erot käsittelyiden välillä olivat pieniä.



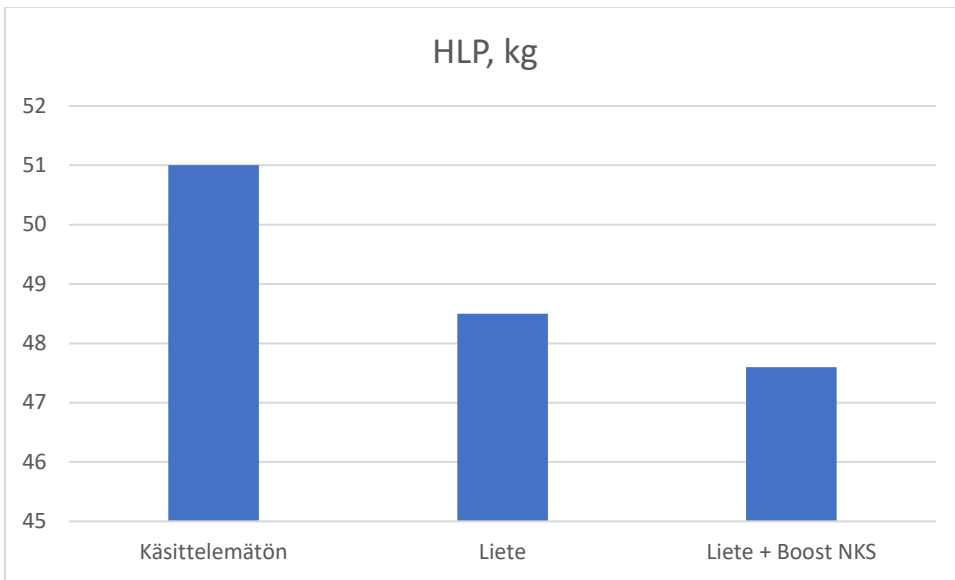
Kuva 9 Sadon määrä Huittisten väkevöintidemonstraatiossa

Kauran valkuainen nousi lannoitusmäärän kasvun mukaisesti, mutta erot lannoitettujen käsittelyiden välillä eivät olleet suuria (kuva 10).



Kuva 10 Huittisten väkevöintidemonstraation kauran valkuaispitoisuus

Korkein hehtolitraino saavutettiin lannoittamattomalla koejäsenellä, ja hehtolitraino laski lannoitusmäärän noustessa (Kuva 11). Virallisissa lajikekokeissa Avenue-kauran keskimääräinen hehtolitraino on ollut 53 kg (Laine ym. 2017). Molemmat lannoitetut käsittelyt jäivät huomattavasti tätä matalammaksi.



Kuva 11 Huittisten väkevöintidemonstraation kauran hehtolitraino

Ammoniumsulfaattikokeen polttovioitushavainnoissa kaikilla käsittelyillä havaittiin hieman polttovioitusta; korkeammalla AMS-lannoitustasolla polttovioitusta oli eniten (Salpietari: 1, 50 l/ha AMS: 2, 100 l/ha AMS: 3,5) Kasvusto toipui polttovioituksesta hyvin.

Johtopäätökset

Myrskylän tilalla jaetut lannoituskäsittelyt viivästyivät huomattavasti alkuperäisestä suunnitelmasta, eivätkä tulokset ole tämän vuoksi yleistettävissä oikein ajoitetun jaetun lannoituksen vaikutuksien arvioimiseen. Erot jaettujen ja kylvön yhteydessä levitettyjen lannoituskäsittelyiden satomäärissä olivat kuitenkin vähäisiä. Myöhemmin annettu lannoitus ei nostanut vehnän valkuaisen tasoa. Yhden kuution levitysmäärän levittäminen Amazone -ruiskulla onnistui hyvin, ja Boost NS kulki tasaisesti suuttimista. Laahavantailla kasvin juurelle levittäessä polttovioitusta ei esiintynyt. Tämän takia levitystä Amazonen kalustolla voidaan suositella yhdeksi levitysvaihtoehdoksi väkeville nestelannoitteille.

Huittisten tilalla lietalannan väkevöinti Boost NKS:llä nosti sadon määrää merkittävästi, ja lannoituskäsittelyn hyöty:kustannussuhde oli korkea. Boost NKS ja vastaavat väkevät nestelannoitteet sopivat hyvin lietalannan väkevöintiin tiloilla, joilla lantaa tai muita lietteitä muutenkin käytetään lannoitukseen.

Ruiskulla kasvustoon levitetyn ammoniumsulfaatin aiheuttama polttovioitus nousi käytetyn ammoniumsulfaatin määrän mukaan. Mahdollinen vaikutus vehnän valkuaispitoisuuteen jäi selvittämättä, koska mielekästä vertailukohtaa samalta lohkolta ei saatu.

Lähteet

Laine, A., Högnäsbacka, M., Niskanen, M., Ohralahti, K., Jauhiainen, L., Kaseva, J., & Nikander, H. 2017. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2009-2016.

Ammoniumsulfaatin markkinaselvitys

Eetu Virtanen ja Ossi Kinnunen (Soilfood Oy)

22.11.2019

1 Kierrätys- ja sivutuoteammoniumsulfaatin syntyprosessit

Ammoniumsulfaattia voidaan tuottaa puhtaasta ammoniakista ja konsentroidusta rikkihaposta, mutta pääosa ammoniumsulfaatin tuotannosta maailmanlaajuisesti syntyy eri teollisuusprosessien sivutuotteena. Terästeollisuuden koksamoilla syntyy sivutuotteena koksikaasun sisältämää ammoniakkia, joka voidaan ottaa talteen rikkihapon avulla ammoniumsulfaatiksi.

Ammoniumsulfaatti olikin ensimmäinen maataloudessa käytetty mineraalilannoite, jota alkoi syntyä terästeollisuuden kehittymisen myötä ja kivihiilestä valmistetun kaupunkikaasun tuotannossa.

Ammoniumsulfaattia syntyy usein myös rikkihappotehtailla, kun tehtaan poistokaasua puhdistetaan ammoniakilla. Nylon 6 -nailon koostuu kaprolaktaami-monomeereistä, joiden eräessä yleisessä valmistusprosessissa käytetään ammoniakkia ja oleumia eli väkevää rikkihappoa, jolloin sivutuotteena syntyy ammoniumsulfaattia (Speight 2017). Valmistajat pyrkivät kuitenkin muuttamaan prosessejaan sellaisiksi, että ammoniumsulfaattia syntyisi nykyistä vähemmän (ICIS 2017). Maailmanlaajuisesti lähes puolet tuotetusta ammoniumsulfaatista syntyy kaprolaktaamin tuotannossa, noin kahdeksasosat ovat peräisin synteettisen ammoniumsulfaatin tuotannosta, koksikaasusta ja savukaasujen puhdistuksesta. Alle 5 % osuudet ammoniumsulfaatin kokonaistuotannosta ovat peräisin nikkelin ja muiden metallien jalostusprosesseista, muovien valmistuksessa käytettävän metyylimetakrylaatin valmistusprosessista sekä jätekipsin käsittelystä (Integer 2014). Yhdysvallat (vuonna 2016 yli 3 milj. tonnia) ja Venäjä (vuonna 2016 noin 1,3 milj. tonnia) ovat merkittävimmät ammoniumsulfaatin tuottajamaat (FAO 2017).

Ruokajärjestelmässä jo olevaa tyyppä voidaan kierrättää ottamalla sitä talteen kompostointi- ja mädätysprosesseista. Kierrätysammoniumsulfaattia voidaan tuottaa esimerkiksi biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen nestejakeesta ammoniakkistriippauksen avulla. Biokaasulaitoksilla ammoniakkistriippausta tehdään yleensä biokaasulaitoksen rejektiveden typpikuormituksen pienentämiseksi. Kierrätysammoniumsulfaatin osuus globaalissa markkinassa on häviävän pieni. Kattavaa ajantasaista tietoa kierrätysammoniumsulfaatin tuotantomäärästä esim. EU-tasolla ei ole (Buckwell ja Nadeu, 2016).

2 Ammoniumsulfaatin tuotanto Suomessa, tuotantomäärät ja laadut sekä kierrätysammoniumsulfaatin käyttömahdollisuudet

2.1 Ammoniumsulfaatin tuotanto Suomessa

Raahessa (SSAB) on Suomen ainoa koksamo, mutta siellä prosessi ei tuota ammoniumsulfaattia (AVI 2016). Sen sijaan esimerkiksi SSAB:n koksamolla Oxelösundissa Ruotsissa ammoniumsulfaattia syntyy, mutta vain noin 8 500 tonnia vuodessa (SSAB 2015). Suomalaisilla rikkihappotehtailla prosessit eivät saatujen tietojen mukaan tuota merkittävästi ammoniumsulfaattia.

Suomessa syntyy ammoniumsulfaattia nikkelin jalostuksen sivutuotteena. Nornickel Harjavalta Oy valmistaa nikkelibrikettejä pelkistämällä nikkelisulfaattiliuosta vedyn avulla. Vetytelkistysprosessissa syntyy sivutuotteena kiteistä ammoniumsulfaattia noin 60 000-80 000 tonnia vuodessa (Etelä-Suomen aluehallintovirasto 2014).

Nestemäistä kierrätysammoniumsulfaattia tuotetaan Suomessa tällä hetkellä kahdella biokaasulaitoksella. Strippauslaitoksen valmistama ammoniumsulfaattituote on liuos, jossa ammoniumsulfaatti on veteen liuenneena, tyypillisesti liuoksen väkevyyden on noin 35-45 %. Nestemäistä ammoniumsulfaattia syntyy tällä hetkellä satunnaisia erinä Envor Biotechnin laitoksella Forssassa. Laitoksen kapasiteetti on noin 5 m³/vrk. Lisäksi Gasumilla on vastaavaa tuotantoa Riihimäellä, jonka kapasiteetti on noin 3 m³/vrk. Nurmon Bioenergia Oy kaavailee valmistavansa mädätysjäätännöksen nestejakeesta ammoniumsulfaattia ja/tai väkevöivänsä sen konsentraatiksi. Arvio rikkihapon kulutuksesta hajukaasujen ja rejektiveden käsittelyyn on 4 000-8 000 tonnia vuodessa (Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintovirasto 2019). Väkevöinti konsentraatiksi näyttää kuitenkin todennäköisemmältä vaihtoehdolta (Paavola 2019).

Terrafame Oy on päättänyt rakentaa Sotkamoon akkukemikaalitehtaan (Terrafame 2018a), jonka prosesseissa syntyisi sivutuotteena ammoniumsulfaattia noin 115 000 tonnia vuodessa (Terrafame 2018b).

2.2 Mahdolliset käyttökohteet

Tärkein mahdollinen käyttökohte kierrätys- ja sivutuotelaatukselle ammoniumsulfaatille on typpi-rikkilannoite maataloudessa ja teollisuuden biologisten prosessien ravinnelähteenä. Maataloudessa ammoniumsulfaattia käytetään epäorgaanisena typpi- ja rikkilannoitteena. Ammoniumsulfaatti ei sovellu luonnonmukaiseen tuotantoon, koska se valmistetaan teollisella prosessilla ja sen raaka-aineena käytetään mineraalihappoa orgaanisen hapon sijaan. Ominaista ammoniumsulfaatille on maata happamoittava vaikutus, alhaisempi typpipitoisuus kuin ammoniumnitraatissa eli suuremmat kuljetuskustannukset typpikiloa kohti ja erilainen typen käyttökelpoisuus verrattuna nitraattityyppeen. Rikkipitoisuudesta voi olla lannoitekäyttökohteesta riippuen hyötyä tai haittaa.

Maataloudessa ammoniumsulfaattia voidaan käyttää lisäksi vesiliukoisten torjunta-aineiden apuaineena. Ammoniumsulfaatin sulfaatti-ioni sitoo vesiliuoksessa rauta- ja kalsiumioneja. Koska veden kovuus eli runsas kalsium- ja magnesiumionien määrä vedessä haittaa vesiliukoisten torjunta-

aineiden liukenemista, käytetään ammoniumsulfaattia veden pehmentämiseksi. Ammoniumsulfaatin ammoniumioni voi myös sitoutua tehoainemolekyyleihin parantaen esimerkiksi herbisidin tehoa.

Teollisuudessa ammoniumsulfaattia voidaan hyödyntää biologisten prosessien ravinnelähteenä, esimerkiksi biologisen jätevedenpuhdistuksen, kaivosteollisuuden bioliuotuksen tai non-food-proteiini-, entsyymi- ja aminohappotuotannon mikrobien ammoniumtyppiravinteena.

Ammoniumsulfaattia voidaan käyttää formaldehydihartsien happokatalyyttinä eli kovettajana. Formaldehydihartseja käytetään liima- ja sidosaineina lastulevyjen, vanerin ja mineraalivillojen valmistuksessa.

Sekoitettaessa ammoniumsulfaattia kloorin kanssa syntyy kloramiinia, joka on biosidi. Kloramiinia käytetään vedenpuhdistuksessa ja esim. uima-allasveden desinfiointiin sekä teollisuusprosesseissa limanestoaineena.

Elintarviketeollisuudessa, juomaveden puhdistuksessa, laboratoriokäytössä ja lääketeollisuudessa ammoniumsulfaatille on tarkkoja laatuvaatimuksia. Elintarviketeollisuudessa, panimoteollisuudessa ja viinien tuotannossa ammoniumsulfaattia käytetään lisäaineena (E517) mm.

happamuudensäätöön. Ammoniumsulfaattia käytetään myös elintarviketeollisuudessa hiivojen ja entsyymien tuotannossa mikrobien ravinteena. Ammoniumsulfaattia käytetään myös muiden lisäaineiden valmistuksessa, ruokasuolan (natriumkloridi) korvaajana sekä esim. koagulanttina kuorettomien makkaroiden valmistuksessa. Leipomoteollisuudessa ammoniumsulfaattia käytetään hiivojen lisätyppiravinteena taikinoiden kohottamiseen. Elintarvikkeiden lisäaineista on säädetty EU:n asetuksissa 852/2004, 1169/2011 ja 231/2012. Elintarvikelaatukselle ammoniumsulfaatille on erikseen EU:n asetuksessa (EU 231/2012) määritelty pitoisuudeksi vähintään 99,0 %, polttohäviö enintään 0,25 %, seleenipitoisuus enintään 30 mg/kg ja lyijypitoisuus enintään 3 mg/kg.

Laboratoriokäyttöön soveltuvan puhtaan (analyysireagenssilaatu) ammoniumsulfaatin tärkein käyttökohde on proteiinien eristäminen. Myös juomaveden puhdistuksessa ja lääketeollisuuden proteiini-, entsyymi- ja aminohappotuotannon käytetään korkealaatuista ammoniumsulfaattia. Lääketeollisuudessa erityisen puhtaslaatuista ammoniumsulfaattia käytetään esimerkiksi rokotteiden, vasta-aineiden, antibioottien ja aikaisemmin myös nukutusaineiden valmistusprosesseissa. Lisäksi analyysilaatuista ammoniumsulfaattia käytetään kumin koostumuksen analysoimisessa.

Ammoniumsulfaattia käytetään sammutusjauheissa ja palonestoaineena. Sammutusjauheiden käyttöä sellaisenaan lannoitteena on selvitetty, mutta käytön esteenä on jauheiden voimakas pölyäminen ja tietopuutteet mahdollisista haitallisista lisäaineista sekä liian korkea kadmiumpitoisuus (Saukko 2016). Ammoniumsulfaattia käytetään vähäisissä määrin myös muiden ammoniumsuolojen valmistuksessa. Edelleen ammoniumsulfaattia voidaan käyttää myös villan, silkin ja nylonin happovärjäyksen apuaineena, nahkojen parkitsemisessa ja metallien sähkösinkityksessä (Jantunen 2014).

2.3 Kierrätys- ja sivutuoteammoniumsulfaatin käytön nykytilanne Suomessa

Ammoniumsulfaattia myydään sellaisenaan Suomessa maatalouteen arviolta alle 1 000 tonnia vuodessa, kiteistä sivutuoteammoniumsulfaattia myydään huomattavasti enemmän osana lannoiteseikoituksia. Nestemäisestä kierrätysammoniumsulfaatista valtaosa hyödynnetään teollisuuden tarpeisiin. Suomessa syntyvä sivutuoteammoniumsulfaatti menee lähes kokonaan vientiin NT Ltd./Nordic Bulk Oy:n toimesta. Kotimaista sivutuoteammoniumsulfaattia myyvät maatalouteen esimerkiksi Soilfood Oy ja Belor Agro Oy. Cemagro Oy myy tuotua sivutuoteammoniumsulfaattia. Soilfood Oy myy myös nestemäistä kierrätysammoniumsulfaattia maatalouden ja teollisuuden tarpeisiin. Maatalouskäytön lisäksi ammoniumsulfaattia myydään golfkentille, mutta käyttömäärät ovat hyvin pieniä.

Kesäkuussa 2019 Belor Agron kiteinen ammoniumsulfaatti maksoi 240 €/tonni (1,14 €/kg N, ilman rahtia ja alv:a) ja Cemagron 281 €/tonni (1,34 €/kg N, ilman rahtia ja alv:a). Belor Agro myy ammoniumsulfaattia 500 kg ja 800 kg säkeissä, Cemagro 500 kg säkeissä (MT 10.6.2019). Soilfood myy ammoniumsulfaattia ainoastaan irtotavarana, kesäkuussa 2019 hinta oli 170 €/tonni (0,81 €/kg N, ilman rahtia ja alv:a) (MT 3.6.2019). Tammikuussa 2019 Soilfood ilmoitti ammoniumsulfaattinesteen hinnaksi 67 €/tonni (0,76 €/kg N, ilman rahtia ja alv:a) (MT 14.1.2019).

Ammoniumsulfaattia käytetään paperiteollisuudessa paperikoneiden limantorjuntaan sekä biologisen jätevedenpuhdistuksen aktiivilietteen mikrobien ammoniumtyppiravinteena. 30 % ammoniumsulfaattiliuosta käytetään paperiteollisuudessa biosidin (monokloramiini) typenlähteenä, noin 1 000 tonnia vuodessa Suomessa (Kemira 2017). Tuotetta tähän tarkoitukseen saavat toimittaa ainoastaan kyseisen biosidin toimittajiksi rekisteröityneet yritykset (Tukes 2016).

Lasivillateollisuudessa ja lastulevyteollisuudessa ammoniumsulfaattia käytetään liima-aineen komponenttina. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy:n Hyvinkään lasivillatehdas käyttää ammoniumsulfaattia keskimäärin (100 %) 30 tonnia vuodessa (Uudenmaan ympäristökeskus 2009). Koskisen Oy:n lastulevytehdas Kärkölässä kuluttaa ammoniumsulfaattia noin 140 tonnia vuodessa (Hämeen ympäristökeskus 2009). Ammoniumsulfaattia voidaan käyttää myös Terrafame Oy:n Talvivaaran kaivoksella bioliuotuksessa enintään 300 tonnia vuodessa (Pohjois-Suomen ELY-keskus 2007). Ammoniumsulfaattia käytetään nahkojen parkitusprosessissa kalkinpoistoon Suomessa yhdellä nahkatehtaalla. Käyttömäärät ovat hyvin pieniä, vain joitakin tonneja vuodessa (Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintovirasto 2013).

Kierrätysammoniumsulfaatin käytön nykytilan taustalla on teollisuuden tarjoama tasainen kysyntä ja logistinen etu verrattuna maatalouteen, mikä johtaa parempaan kätteeseen.

3 Lähteet

Buckwell ja Nadeu, 2016. Nutrient Recovery and Reuse (NRR) in European agriculture. A review of the issues, opportunities, and actions. RISE Foundation, Brussels.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 231/2012 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1333/2008 liitteissä II ja III lueteltujen elintarvikelisiä aineiden eritelmien vahvistamisesta.

FAO, 2017. FAOSTAT database. Food and agriculture organization of the united nations.

Hämeen ympäristökeskus, 2009. Päätös lupamääräysten tarkistamisesta. Nro YSO/184/2009. Dnro HAM-2007-Y-2-111.

ICIS, 2017. Chemical profile: Europe caprolactam. Viitattu 26.4.2017.

<https://www.icis.com/explore/resources/news/2017/03/02/10084435/chemical-profile-europe-caprolactam/>

Integer, 2014. Fertilizer Service: The Global Ammonium Sulphate Market. Viitattu 26.4.2017.

<https://www.integer-research.com/wp-content/uploads/2014/07/Ammonium-Sulphate-Brochure.pdf>

Jantunen Tuomas, 2014 Rejektivedestä valmistetun ammoniumsulfaattituotteen ympäristövaikutukset. Elinkaariarvio taloudellisen kestävyuden mittarina. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Kestävän kehityksen koulutusohjelma, Forssa. Viitattu 26.4.2017.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79436/Jantunen_Tuomas.pdf?sequence=1&isAllo wed=y

Kemira, 2017. Kemira Oyj, suullinen tiedoksianto 27.4.2017.

Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintovirasto, 2013. Ympäristölupapäätös nro 203/2013/1. Dnro LSSAVI/276/04.08/2010.

Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintovirasto, 2019. Ympäristölupapäätös Nro 176/2019 Dnro LSSAVI/2296/2018.

Maaseudun Tulevaisuus, 14.1.2019. Lannoitteiden hinnat. Maatalous.

Maaseudun Tulevaisuus, 3.6.2019. Lannoitteiden hinnat. Maatalous.

Maaseudun Tulevaisuus, 10.6.2019. Lannoitteiden hinnat. Maatalous.

Paavola, Teija 2019. Keskitetty biokaasulaitos alueellisten ravinnehaasteiden ratkaisijana. Biokaasu 1/2019. Viitattu 22.11.2019. Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2019/11/Biokaasulehti-2019_light.pdf

Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto, 2016. Lupapäätös Nro 34/2016/1. Dnro PSAVI/57/04.08/2013. Raahan terästehtaan ympäristö- ja vesitalousluvan 13/06/2 lupamääräysten tarkistaminen ja toiminnan olennainen muuttaminen sekä toiminnanaloittamislupa, Raaha.

Saukko lina, 2016. Sammutinjauhejätteen hyötykäyttömahdollisuudet. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma, Hämeenlinna. Viitattu 26.4.2017. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/119841/Saukko_lina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Speight, James G., 2017. Environmental Inorganic Chemistry for Engineers. Butterworth-Heinemann Inc. Woburn, United States.

SSAB, 2015. Miljörapport 2015. SSAB EMEA AB och SSAB Merox AB Oxelösund. Viitattu 26.4.2017. <https://www.ssab.us/download-center?dcFilter=environmentalre&dcSearch=>

Terrafame, 2018a. Terrafame on päättänyt investoida akkukemikaalitehtaaseen 25.10.2018 Viitattu 2.9.2019. <https://www.terrafame.fi/ajankohtaista/uutiset/2018/10/terrafame-on-paattanyt-investoida-akkukemikaalitehtaaseen.html>

Terrafame, 2018b. Nikkeli- ja kobolttisulfaattien tuotanto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Viitattu 2.9.2019. <https://www.terrafame.fi/media/mediapankki/akkukemikaalien-tuotantoa-koskeva-yva/yva-selostus/terrafame-akkukemikaalituotanto-yva-selostus.pdf>

Tukes, 2016. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Luettelo sallituista suojauskemikaaleista 28.12.2016. Viitattu 28.12.2016.

http://www.tukes.fi/Tiedostot/Kemikaalituotteet/biosidit/Luettelot/Luettelo_sallituista_suojauskemikaaleista.pdf

Uudenmaan ympäristökeskus, 2009. Ympäristölupapäätös No YS 1686. Dnro UU-2007-Y-655-111.