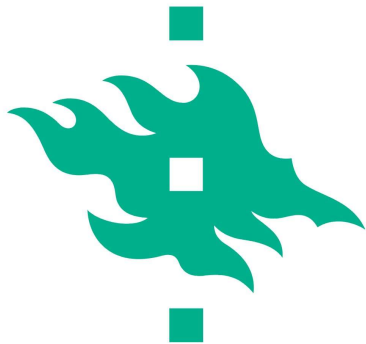




HYKERRYYS 2 – HYVÄN SADON KIERRÄTYSLANNOITUSHANKE 2 2019-2020

LOPPURAPORTTI

Mari Unnbom, Jure Zrim, Timo Sipiläinen, Juha Helenius ja Priit Tammeorg
Helsingin yliopisto



ecovin



SOIL
FOOD



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

MAATALOUS-METSÄTIETEELLINEN TIEDEKUNTA
AGRIKULTUR-FORSTVETENSKAPLIGA FAKULTETEN
FACULTY OF AGRICULTURE AND FORESTRY

Maataloustieteiden osasto, PL 33 (Yliopistonkatu 4), 00014 Helsingin yliopisto, www.helsinki.fi

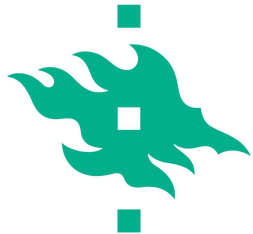
Institutionen för lantbruksvetenskaper, PB 33 (Universitetsgatan 4), FI-00014 Helsingfors universitet, www.helsinki.fi

Department of Agricultural Sciences, P.O. Box 33 (Yliopistonkatu 4), FI-00014 University of Helsinki, www.helsinki.fi



SISÄLLYS

1.	TIIVISTELMÄ	2
2.	HANKKEEN TAUSTA JA TAVOITTEET	3
3.	HANKKEEN OSAPUOLET JA MENETELMÄT	4
3.1	HANKKEEN YHTEISTYÖKUMPPANIT	4
3.2	MENETELMÄT.....	5
4.	HANKKEEN TULOKSET	7
4.1	HANKKEEN TAVOITTEIDEN JA SUUNNITELTUIJEN TULOSTEN TOTEUTUMINEN	7
4.2	POIKKEAMAT VERRATTUNA SUUNNITELMIIN JA POIKKEAMIIEN SYYT	9
5	HANKKEEN VAIKUTTAVUUS/VAIKUTUKSET	9
5.1	HANKKEEN POSITIIVINEN JA NEGATIIVINEN VAIKUTTAVUUS/VAIKUTUKSET RAVINTEIDEN KIERTOON JA VESISTÖKUORMITUKSEEN..	9
5.2	MUUT VAIKUTUKSET	10
6	VIESTINNÄN TOTEUTUMINEN JA TULOKSET	10
6.1	VIESTINNÄN PÄÄASIALLINEN SISÄLTÖ, MÄÄRÄ, LAATU, KOHDERYHMÄT	10
6.2	ARVIO VIESTINNÄN ONNISTUMISESTA, VIESTINTÄSUUNNITELMAN TOTEUTUMISESTA	12
7	TULOSTEN KESTÄVYYS JA HYÖDYNTÄMINEN.....	14
7.1	ARVIO TULOSTEN KESTÄVYYDESTÄ JA KONKREETTISUUDESTA JA SIIHEN LIITTYVISTÄ RISKEISTÄ	14
7.2	EHDOTUKSET HANKKEEN TULOSTEN HYÖDYNTÄMISEKSI, ML. LIIKETALOUDELLISET JA LAINSÄÄDÄNNÖLLISET NÄKÖKOHdat	14
8	TALOUSRAPORTTI.....	14
8.1	BUDJETIN JA RAHOITUSSUUNNITELMAN TOTEUTUMINEN JA ESIIN NOUSSEET ONGELMAT	14
9	SUOSITUKSET TULEVIA HANKKEITA JA OHJELMIA VARTEN	15
9.1	ESIIN NOUSSEET JATKOHANKKEITA KOSKEVAT IDEAT JA TARPEET	15
9.2	MITÄ VASTAAVISSA HANKKEISSA TULISI VÄLTÄÄ, MITÄ SUOSITELLAAN	16
10	YHTEENVETO HANKKEESTA JA PÄÄTULOKSISTA	16
LIITTEET.....		18
LIITE 1. TULOSKOOSTE		18
1.1.1 Lannoitus.....		18
1.1.2 Satotulokset		26
1.1.3 Maaperä.....		33
1.1.4 Kannattavuuslaskelmia.....		55
LIITE 3. PELLONPIENNARPÄIVÄN 2019 KUTSU.....		62



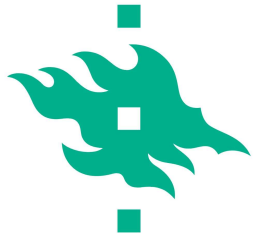
1. TIIVISTELMÄ

HYKERRYYS2-hankkeessa kehitettiin ja tutkittiin erilaisten kierrätyslannoituskonseptien ja -tuotteiden käyttöä peltoviljelyssä yhteistyössä kierrätyslannoitusalan toimijoiden kanssa, sekä tuotettiin viljelijöille tietoa kierrätyslannoituksen toimivuudesta, suunnittelusta ja käytännöistä. Hanke jatkoi Maaseuturahaston tukemassa (2016–5/2019) Hyvän sadon kierrätyslannoitus (HYKERRYYS) -hankkeessa perustetun kierrätyslannoituskenttäkokeen ja -demonstraation toimintaa kasvukausille 2019 ja 2020.

Hankkeen kenttäkoe on suunniteltu viisivuotisen viljelykierron ympärille niin, että jokainen osallistuja suunnittelee ja toteuttaa omat kierrätyslannoituskäsittelynsä kierron eri vaiheille kierrätyslannoituskonseptinsa mukaisesti. HYKERRYYS 2-hankkeessa toteutettiin viljelykierron kolmas ja neljäs kasvukausi. Hankkeessa tuotettu tieto on hyödynnettävissä kierrätyslannoituksen suunnittelussa, tuotekehityksessä ja jatkotutkimuksessa. Tietoa on tuotettu mm. erilaisten kierrätyslannoitteiden ja -lannoituskonseptien maaperä- ja ympäristövaikutuksista, vaikutuksista satoon sekä viljelyn taloudelliseen kannattavuuteen. Hankkeessa on saatu myös arvokasta kokemusta kierrätyslannoitteiden käytännön käytettävyydestä peltoviljelyssä.

Koekentällä tutkittiin hankekaudella monipuolisesti erilaisia kierrätysraaka-aineita sisältäviä lannoitevalmisteita ja maanparannusaineita. Hankkeen kierrätyslannoitevalikoimassa on ollut edustettuna määriltään ja ravinnepitoisuuksiltaan merkittävimmät kierrätysravinteiden raaka-aineet metsä- ja elintarviketeollisuudesta, maataloudesta ja yhdyskuntajätteen prosessoinnista lanta pois luokien. Peltokokeen lannoituskäsittelyinä käytettiin elintarvike- ja bioenergiateollisuuden sivuvirtoina syntyviä vinasseja, melasseja ja lihaluujauhoja, biokaasutuksen sivutuotteena syntyviä lietemäisiä mädätejäännöksiä sekä teollisuuden jätevesistä erotettua ammoniumsulfaattia. Syysrukiin kylvöissä käytettiin edellisten lisäksi maanparannusaineina bioenergiateollisuuden sivutuotteena syntyvää kiinteää mädätettä, paperiteollisuuden jätevesien puhdistuksesta kerättyä kompostoitua sekalietettä sekä neljää erilaista yhdyskuntajätepohjaista kompostia.

Tärkeässä roolissa hankkeessa on ollut viljelijöille ja kierrätyslannoitusalan toimijoille suunnattu viestintä hankkeessa saaduista tuloksista ja kokemuksista. Hankkeen tuloksia ja etenemistä on seurattu Maatilan Pellervon artikkelisarjassa sekä Luomulehdessä. Tämän lisäksi kohderyhmiä tavoitettiin elokuussa 2019 järjestetyssä pellonpiennarpäivässä, alan tilaisuuksissa sekä hanketoimijoiden videohaastattelusarjan, blogin ja sosiaalisen median avulla.



Yhteistyöhankkeessa ovat olleet mukana Helsingin yliopisto, Ecolan Oy, HSY Vesihuolto ja HSY Jätehuolto ja Soilfood Oy yhteistyökumppaneineen. Tiedottamisen yhteistyökumppanina hankkeessa toimi Agrimedia Oy.

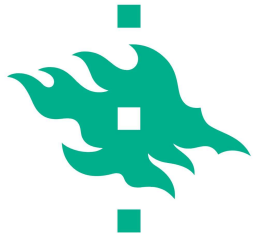
Hankkeen tavoitteet ovat toteutuneet hyvin ja kierrätyslannoitusta, toteuttamistapoja ja toimivuutta on demonstroitu viljelijöille ja muille sidosryhmien edustajille menestyksekkäästi hankkeen koekentällä. Hankkeen tulokset täydentävät HYKERRYYS-hankkeen (2016-5/2019) tuloksia kierrätyslannoitteiden toimivuudesta peltokasvien viljelyssä. Hankkeen peltokokeessa kierrätyslannoitteet ovat tuottaneet väkilannoitteiden veroisia satoja sadon määrän ja laadun suhteen. Kierrätetyistä ravinteista valmistetuilla valmisteilla on näin ollen mahdollista korvata väkilannoitteita peltokasvien viljelyssä.

2. HANKKEEN TAUSTA JA TAVOITTEET

Hankkeen välittöminä tavoitteina oli (1) demonstroida etenkin "Vilja-Suomen" mutta yleisimminkin kaikille viljelijöille kierrätyslannoituksen vaihtoehtoja, toteutustapoja ja toimivuutta (jätevesiliete-, mädäte-, ja kompostipohjaiset, eri tavoin tuotteistetut lannoitteet), (2) vertailla maaperä-, sato-, ravinne- ja ympäristötehokkuus- sekä maatilataloudellisilla mittareilla erilaisia kierrätyslannoituskonsepteja sekä (3) edelleen kehittää kierrätyslannoitteita ja -lannoitusta peltoviljelyyn.

Pitkällä aikavälillä hankkeen tavoitteet ovat (1) lisätä kierrätettyjen ravinteiden käyttöä maataloudessa kasvattamalla viljelijöiden osaamista ja tietotaitoa aihepiiristä sekä hälventämällä kierrätyslannoitteisiin liittyviä ennakkoluuloja, ja (2) nostaa viljelijöille tarjolla olevien kierrätyslannoitteiden laatua ja käytettävyyttä tuottamalla kierrätyslannoitetuottajille ja muille alan toimijoille (mm. orgaanisten jätteiden käsittelijät) oleellista tietoa erilaisten kierrätyslannoitteiden toiminnasta peltoviljelyssä.

Hankkeen tuloksellisuutta seurataan suunniteltujen tulosten realisoitumisena. Tärkeitä mittareita hankkeen välittömien tavoitteiden seurannassa ovat (1) viljelijöille ja alan toimijoille suunnatun tiedottamisen määrä, laatu ja tavoitavuus, (2) kenttäkokeessa saatujen tulosten laatu ja relevanssi, sekä (3) hankkeen aikana ja sen jälkeen tuotetut uudet ja edelleen kehitetyt kierrätyslannoitteet ja -lannoituskonseptit.



3. HANKKEEN OSAPUOLET JA MENETELMÄT

3.1 Hankkeen yhteistyökumppanit

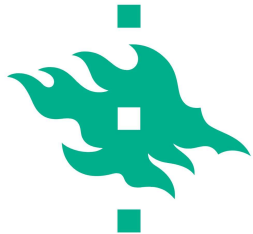
Ecolan Oy jalostaa teollisuuden sivuvirroista tuotteita metsä- ja maatalouteen, maanrakentamiseen ja ympäristöhoitoon. Ecolan Agra-lannoitteet ovat luomutuotantoon soveltuvia kierrätyslannoitteita, joiden perusraaka-aineena käytetään kotimaista lihaluujauhoa. HYKERRYYS 2-hankkeessa Ecolanin lannoitussuunnitelmassa on käytetty monipuolisesti eri pääravinnesuhteita sisältäviä Agra-lihaluujauholannoitteita. Lihaluujauhoa on täydennetty kalisuolalla (Ecolan Patenttikali) ja kasvukausilla testattiin myös bioetanolin tuotannosta syntyvää lietemäistä sivuvirtaa (Agra NS 3-0-0).

Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY on kuntayhtymä, joka tuottaa vesi- ja jätehuollon palveluja. HSY hyödyntää puhdistamolietteitä, kuitu- ja biolietteitä sekä biojätettä kompostoimalla. HSY:n lannoitussuunnitelmassa syysrukiin alle levitettiin neljää eri kompostivalmistetta. Muissa kierron vaiheissa lannoitteena on käytetty jätevesistä stripattua ammoniumsulfaattia.

Soilfood Oy jalostaa metsä-, energia-, bioenergia-, elintarvike-, kaivos-, kemian- ja ympäristöteollisuuden sivuvirtoja ja -tuotteita hyödynnettäväksi maatalouteen lannoitteiksi ja maanparannusaineiksi. Hankkeessa Soilfoodin viisivuotiseen lannoitussuunnitelmaan kuuluvat syysrukiin alle levitettävät maanparannuslannokset ja ravinnekuidut, viljojen kevätlannoituksissa käytetyt biokaasutuksessa syntyvät lietemäiset mädätejäännökset (kauppanimiltään Ravinneseos ja Väkevä ravinneseos) sekä elintarviketeollisuuden sivuvirroista jalostetut vinassit (Boost-tuotteet).

Jokaisella osallistujalla on hankkeen koekentällä omat 8 x 20 m pääruudut kaikissa kolmessa kasviloikossa, jotka on toistettu kokeessa neljä kertaa. Osallistujat ovat niin halutessaan voineet jakaa pääruutujaan pienempiin osaruutuihin ja näin testata useampaa kierrätyslannoitekäsitelyä yhden kasvukauden aikana. Soilfood Oy:llä on kokeessa kaksi osallistujapaikkaa yrityksen lunastaessa HYKERRYYS-hankkeesta vuonna 2018 poisjääneen Tuhala Bio Oy:n osallistujapaikan.

Hankkeen koekenttä sijaitsee Helsingin kaupungin Haltialan tilan Laamannintien varrella olevalla peltolohkolla. Agrimedia Oy oli hankkeen yhteistyökumppani viestinnässä. Laajalevikkiseen Maatalan Pellervo-lehteen on tehty artikkelisarjaa hankkeen kulusta syksystä 2016 lähtien. Hankkeen tuloksia on esitetty myös Luomuliiton julkaisemassa Luomulehdessä.



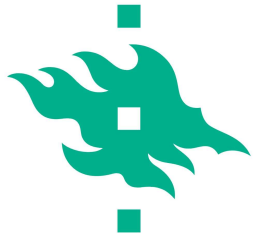
3.2 Menetelmät

Hankkeen koekenttä perustettiin HYKERRYYS-hankkeessa Helsingin kaupungin Haltialan tilan Laamannintien varrella sijaitsevalle peltolohkolle (60°26' N, 24°96' "E) syksyllä 2016. Koekenttä jaettiin neljään kolme kasvilohkoa sisältävään kerranteeseen eli toistoon (kuva 1). Jokaiseen kasvilohkoon perustettiin viisi pääruutua, joista neljällä testattiin osallistuvien yritysten kierrätyslannoituskonsepteja ja yhdellä pääruudulla toteutettiin yliopiston kontrollikäsittelyt (väkilannoitekontrolli, lannoittamaton kontrolli ja kolme typpitasoa), joihin kierrätyslannoitekäsittelyitä verrattiin.



Kuva 1. Ilmakuva HYKERRYYS-hankkeen koekentästä kesällä 2017. Kuva: Eetu Virtanen (2017)

Koekentällä on toteutettu viisivuotista viljelykiertoa (ruis – härkäpapu – kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurmi – ohra) siten, että kolme kierron vaihetta on ollut aina yhtäaikaaisesti edustettuna (kuva 2). Jokaisesta satokasvista tullaan saamaan näin ollen tulokset kolmelta eri kasvukaudelta.



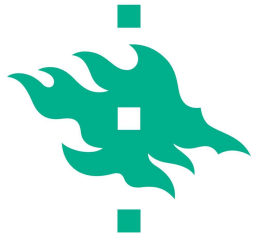
Viljelykierto jakautuu vuosille 2016–2021, joista kasvukaudet 2017 ja 2018 toteutettiin Manner-Suomen maaseudun kehittämisrahastosta myönnettyllä rahoituksella. Ympäristöministeriön RAKI-rahoituksesta toteutettiin kasvukaudet 2019 ja 2020. Viljelykierron viides, kierron sulkeva kasvukausi 2021 tullaan toteuttamaan Uudenmaan ELY-keskuksen myöntämällä kehittämistuella.

	2017	2018	2019	2020	2021
Kierto I	syysruis	härkäpapu	kaura + nurmialuskasvi	viherlannoitus- nurmi	ohra
Kierto II	härkäpapu	kaura + nurmialuskasvi	viherlannoitus- nurmi	ohra	syysruis (2021 kevätevehnä)
Kierto III	kaura + nurmialuskasvi	viherlannoitus- nurmi	ohra	syysruis	härkäpapu

Kuva 2. Peltokokeen viisivuotinen viljelykierto on aloitettu kolmesta kierron vaiheesta. HYKERRYYS 2-hankekaudella toteutettiin kierron vuodet 2019 ja 2020. Vuonna 2021 syysrukiin tilalle kylvetään kevätevehnä syksyn 2020 vaikeiden sääolosuhteiden estäessä syysrukiin kylvömuokkauksen.

Satokasvit ja lajikkeet sekä kasvinsuojelutoimenpiteet olivat kaikille osallistujille samat, mutta muuten yhteistyöyritykset suunnittelivat kierrätyslannoitteilleen ja maanparannusaineilleen omaan konseptiinsä sopivat lannoitus suunnitelmat, jotka toteutettiin jokaiselle yritykselle varatuilla ruuduilla. Helsingin yliopiston pääruudut toimivat kontrolliruutuina, joihin kierrätyslannoitekäsittelyitä verrattiin. Verrokkikäsittelyinä oli lannoittamaton kontrolliruutu, väkilannoitettu käsittely sekä kolmella erityyppitasolla lannoitetut kontrollit.

Yhteistyöyritykset saivat halutessaan jakaa pääruutunsa kahteen tai neljään osaruutuun, mikä on mahdollistanut useamman lannoituskäsittelyn testaamista kullakin kasvukaudella. Hankkeessa on lähtötilanteessa ja vuosittain mitattu maan ravinnepitoisuudet koeruuduittain, samoin on vuosittain seurattu maan fysikaalista (penetrometrinen vastus, lämpötila, kosteus) ja biologista (bakteerien ja sieniyhteisöjen luonnehdinta, kasvihuonekaasupäästöt) tilaa. Lisäksi on laskettu ravinnetaseet ja kierrätyskertoimet, arvioitu kuormituspotentiaali ilmaan ja vesiin, sekä mitattu sadon määrä ja laatu sekä taloudellinen tulos. Vuonna 2019 määritettiin myös kierrätyslannoitteiden vaikutukset pintaan vedenpidätyskykyyn sekä maamurujen kestävyys.



4. HANKKEEN TULOKSET

4.1 Hankkeen tavoitteiden ja suunniteltujen tulosten toteutuminen

Hankkeen välittöminä tavoitteina oli (1) demonstroida etenkin "Vilja-Suomen" mutta yleisimminkin kaikille viljelijöille kierrätyslannoituksen vaihtoehtoja, toteutustapoja ja toimivuutta (jätevesiliete-, mädäte-, ja kompostipohjaiset, eri tavoin tuotteistetut lannoitteet), (2) vertailla maaperä-, sato-, ravinne- ja ympäristötehokkuus- sekä maatilataloudellisilla mittareilla erilaisia kierrätyslannoituskonsepteja sekä (3) edelleen kehittää kierrätyslannoitteita ja -lannoitusta peltoviljelyyn.

- (1) Hankkeessa demonstroitiin peltokokeesta saatujen tulosten kautta viljelijöille ja muille sidosryhmien edustajille kolmen kierrätyslannoitetoimijan kierrätyslannoitekonseptien lannoitusvaihtoehtoja ja toteutustapoja Suomessa yleisesti viljelyssä olevien peltokasvien viljelyssä. Käytetyt kierrätyslannoitteet edustivat määriltään ja ravinnepitoisuuksiltaan merkittävimpiä Suomessa syntyviä kierrätysravinteiden raaka-aineita. Tuloksista viestitettiin sosiaalisessa mediassa, hankkeen blogin kautta, pellonpiennartilaisuudessa (kesä 2019), tilaisuuksissa ja seminaareissa sekä ammattilehtijulkaisuissa.
- (2) Hankkeen toteuttamassa peltokokeessa tulokset osoittavat, että (i) kierrätyslannoitteilla voidaan saavuttaa sadon määrän ja laadun suhteen väkilannoitteiden veroisia satoja. (ii) Kierrätyslannoitteet voivat olla myös lannoituskustannuksiltaan samaa suuruusluokkaa tai edullisempia kuin väkilannoitus. (iii) Kierrätyslannoitteiden valmistus on elinkaaristen ympäristövaikutuslaskelmien mukaan kasvihuonekaasupäästöjen ja energian käytön mittareilla mineraalilannoitteita vähäisempää. (iv) Viljelymaan kasvihuonekaasupäästöissä ja maan vedenpidätyskyvyn mittauksissa kierrätyslannoitteilla ei ole hankkeen tuloksissa merkittäviä eroja mineraalilannoitteisiin verrattuna. (v) Syksyllä 2016 levitetyt maanparannusaineet (kiinteä biokaasumädäte ja paperiteollisuuden jätevesien puhdistuksesta kerätty kompostoitu sekaliete) ovat vaikuttaneet ennako-oletusten mukaisesti positiivisesti maan hiilipitoisuuteen. Maan hiilipitoisuuden muutoksen tulokset ovat vielä alustavia. Tulokset täydentyvät kasvukauden 2021 jälkeen, kun tulokset (maan hiili, kasvibiomassan hiili, lannoituksessa levitetty hiili jne.) saadaan koottua yhteen koko viljelykierron ajalta.

Kierrätyslannoitteet tarjoavat viljelijöille vaihtoehdon väkilannoitteille. Hankkeen tulokset osoittavat, että kierrätyslannoitteilla voidaan korvata tai täydentää väkilannoitteita peltokas-



vien viljelyssä ja saavuttaa samansuuruisia satoja kuin väkilannoitteita käytettäessä. Viljelijälle kierrätyslannoitevalmisteet tarjoavat lannoitevaihtoehtoja, joiden valmistuksen hiilijalanjälki on pienempi kuin väkilannoitteiden ja joita käyttämällä voidaan vähentää maatalouden riippuvuutta tuontilannoitteista, edistää ravinteiden kierrättämistä sekä tukea alan yritystoimintaa. Orgaanista alkuperää olevat kierrätyslannoitteet sisältävät usein väkilannoitteista poiketen monipuolisesti hivenravinteita ja kierrätetyillä orgaanisilla biomassoilla voidaan myös pitkällä aikavälillä parantaa maan kasvukuntoa.

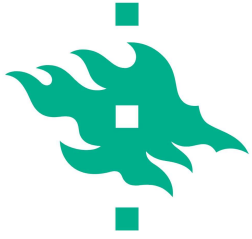
- (3) Osallistuneet yritykset testasivat peltokokeessa uusia lannoitetuotteitaan ja kehittivät omia lannoitussuosituksiaan hankkeen tulosten perusteella. Hankkeen peltokoe on tarjonnut osallistuneille yrityksille alustan lannoitus- ja lannoituskonseptikokeiluille, joita yrityksillä ei olisi muuten ollut mahdollista toteuttaa lannoitussuositusten kehittämiseen viljelijöiden tarpeisiin.

Hankkeen pitkän aikavälin tavoitteina oli (1) lisätä kierrätettyjen ravinteiden käyttöä maataloudessa kasvattamalla viljelijöiden osaamista ja tietotaitoa aihepiiristä sekä hälventämällä kierrätyslannoitteisiin liittyviä ennakkoluuloja, ja (2) nostaa viljelijöille tarjolla olevien kierrätyslannoitteiden laatua ja käytettävyyttä tuottamalla kierrätyslannoitetuottajille ja muille alan toimijoille (mm. orgaanisten jätteiden käsittelijät) oleellista tietoa erilaisten kierrätyslannoitteiden toiminnasta peltoviljelyssä.

- (1) Kierrätyslannoituksen vaihtoehtoja, toteuttamistapoja ja peltokokeen tuloksia on esitelty viljelijöille ja muille sidosryhmien edustajille ammattilehtiartikkeleissa, viljelijätilaisuuksissa, pellonpiennartilaisuudessa, seminaareissa ja erilaisilla verkkoalustoilla.
- (2) Hankkeen tulokset ovat hyödynnettävissä kierrätyslannoitealan toimijoille tuotteiden jatkojalostuksessa ja lannoitussuositusten (mm. levitysmäärät, -menetelmät ja -ajankohta) muodostamisessa.

Edellä listattujen tulosten lisäksi hanke on edistänyt kotimaista akateemista osaamista ravinteiden kierrätykseen liittyvässä tutkimuksessa. HYKERRYYS 2-hankkeen aineistosta on valmistunut kaksi maisteritutkielmaa ja viisi tutkielmaa on tekeillä. Tutkielmien lisäksi hanke on maisterivaiheen harjoitteluiden kautta tarjonnut tuleville maatalousalan osaajille mahdollisuuden osallistua ravinteiden kierrätykseen liittyvään tutkimustoimintaan.

Hankkeen tuloksia on esitelty tarkemmin tuloskoosteessa, liitteessä 1.



4.2 Poikkeamat verrattuna suunnitelmiin ja poikkeamien syyt

Hankkeen työsuunnitelman poikkeamat liittyivät peltokokeen viljelykierron toteuttamiseen. Alkuperäisessä viljelykierrossa viherlannoitusnurmen jälkeen viljelyvuorossa oli tarkoitus olla syysrapsi, mutta syksyisin peltolohkolla laiduntavat valkoposkihanhet laidunsivat syysrapsin taimet syksyllä 2018 ja 2019. Viljelykiertoa päätettiin syksyn 2019 tutkija- ja hankekokouksissa muuttaa niin, että syysrapsin sijaan kevästä 2019 lähtien kylvettiin ohra. Toinen viljelykiertoa koskeva muutos oli syksyllä 2020, kun elokuun ja syyskuun vaihteen rankkojen sateiden vuoksi syysruista ei pystytty kylvämään. Syysrukiin tilalle tullaan kylvämään keväällä 2021 vehnä. Viljelykierron muutokset eivät ole vaikuttaneet hankkeen toteutumiseen tai toteuttamistapoihin. Hankesuunnitelmaan ei ole ollut tarvetta tehdä muutoksia.

Hankkeen budjettiin liittyvät poikkeamat liittyvät muutoksiin suunniteltuihin henkilötyötunteihin. Kaikki harjoittelijat eivät ole pystyneet tekemään suunniteltuja määriä työtunteja sekä henkilökoh- taisten että vuoden 2020 aikana Covid-19 pandemiaan liittyvien rajoitteiden takia. Näin olleen hanke haki ja sai rahoittajalta jatkoaikaa 31.12.2020 asti saadakseen kaikki analyysit suunnitellusti päätökseen ja myös budjetti käytettyä. Alkuperäiseen suunnitelmaan poikkeavana muutoksena jat- ketiin myös hankkeen koordinaattorin työsopimusta 14.12.–31.12.2020 väliselle ajalle.

5. HANKKEEN VAIKUTTAVUUS/VAIKUTUKSET

5.1 Hankkeen positiivinen ja negatiivinen vaikuttavuus/vaikutukset ravinteiden kiertoon ja vesistökuormitukseen

Hankkeen tulokset osoittavat, että tutkitut kierrätyslannoitteet ovat soveltuvia peltokasvien viljelyyn ja ne soveltuvat Suomalaisille maataloille väkilannoitteiden korvaajiksi tai niiden täydennykseen. Kierrätyslannoitteilla voidaan saavuttaa mineraalilannoitteiden veroisia satoja määrältään ja laadultaan. Kustannusvertailussa kierrätyslannoitteet ovat mineraalilannoitteita edullisempia tai saman hintaisia. Hankkeen tuloksilla voidaan vaikuttaa viljelijöiden päätöksentekoon kierrätyslannoitukseen siirtymisessä tai kierrätyslannoitteiden mukaanotossa osana tilojen lannoitevalikoimaa.

Sen lisäksi, että kierrätyslannoitteiden mukana arvokkaat ravinteet kiertävät takaisin alkutuotantoon, kierrätyslannoittelilla voidaan myös vähentää lannoituksen ympäristövaikutuksia niiden valmistuksessa. Hankkeen aineistosta laskettujen elinkaarissa ympäristövaikutus-



laskelmissa on osoitettu, että kierrätyslannoitteilla on pienemmät kasvihuonekaasupäästöt kuin mineraalilannoitteilla, ja niiden valmistus on energian käytön suhteen edullisempaa kuin mineraalilannoitteilla (Kytä ym. 2020).

Hankkeen tuloksia on esitelty viljelijöille ja muille sidosryhmille ammattilehtiartikkeleissa, tilaisuuksissa ja seminaareissa sekä eri verkkoalustoilla ja sosiaalisen median alustoilla.

5.2 Muut vaikutukset

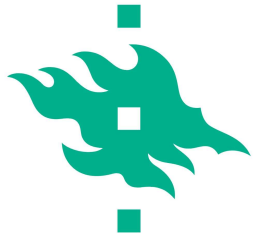
Hanke on edistänyt kierrätyslannoituksen yleistä tunnettavuutta ja kierrätyslannoituksen vaihtoehtojen tunnettavuutta sidosryhmien edustajille. Hanke on edistänyt akateemista osaamista kierrätyslannoituksesta. HYKERRYYS 2-hanke muodostui hyvin tunnetuksi kaikkien niiden sidosryhmien keskuudessa, jotka ovat kierrätyslannoituksen edistämisen kannalta olennaisia. Hankkeen vaikuttavuus ulottui valtakunnalliselle tasolle ravinteiden kierrätyksen ohjelman kautta, ja tulokset ovat myös kansainvälisesti kiinnostavia

6. VIESTINNÄN TOTEUTUMINEN JA TULOKSET

6.1 Viestinnän pääasiallinen sisältö, määrä, laatu, kohderyhmät

Hankkeen tuloksista on julkastu kaksi artikkelia Maatilan Pellervossa ja yksi Luomulehdessä (taulukko 1). Hankkeen blogissa ja sosiaalisen median kanavilla on myös tiedotettu hankkeen vaiheista ja tuloksista. Hanketta ja sen tuloksia on esitelty mahdollisimman laajasti eri tilaisuuksissa ja seminaareissa (taulukko 2). Vuonna 2020 moni alkuvuonna suunniteltu tilaisuus peruuntui Covid-19 pandemian vuoksi. HYKERRYYS-hankkeissa on perinteisesti pidetty joka kesä pellonpiennartilaisuus sidosryhmille, mutta vuonna 2020 tilaisuus päätettiin jättää Covid-19 pandemian vuoksi pitämättä. Pellonpiennartilaisuus korvattiin haastatteluvideoilla. Videoiden editoinnin valmistuttua ne julkaistaan hankkeen blogissa ja niiden julkaisemisesta tiedotetaan mahdollisimman laajasti.

Kesän 2019 pellonpiennartilaisuus pidettiin 1.8.2019. Pellonpiennarpäivässä yliopiston tutkijat kertoivat hankkeesta ja ravinteiden kierrätyksestä, ja yhteistyöyritykset kertoivat omista kierrätyslannoituskonsepteistaan ja hankkeessa käyttämistään lannoitus suunnitelmistaan. Viljelijän Avena Berner Oy:n edustajat esittelivät tilaisuudessa myös kasvustomittareita fosforin ja valkuaisen määrittämiseen. Pellonpiennarpäivän kutsu liitteessä 3. Kutsu laitettiin myös laajalevikkisen Maaseudun tulevaisuuden ilmoitusosioon.



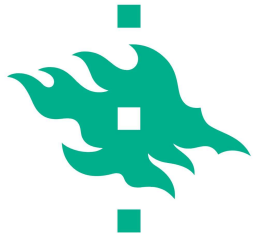
Hankkeen aineistosta on valmistunut kaksi maisterintutkielmaa joulukuuhun 2020 mennessä (taulukko 3). Viisi tutkielmaa on kirjoitusvaiheessa. Hankkeen aineistosta on julkaistu yksi vertaisarvioitu tieteellinen artikkeli (taulukko 4).

Taulukko 1. Hankkeesta julkaistut lehtiartikkelit, tulevat artikkelit ja hankeblogin ulkopuoliset blogikirjoitukset.

Julkaisu	Otsikko
Maatilan Pellervo 5/2019	Kierrätys- ja mineraalilannoitteet samalla viivalla
Maatilan Pellervo 12/2019	Ei satoeroja kierrätyslannoitteilla
Luomulehti 2/2020	Kierrätyslannoitteista hyviä tuloksia HYKERRYYS-hankkeessa
Soilfood Blogikirjoitus 2/2020	HYKERRYYS testaa kierrätyslannoitteita monipuolisesti
Tulevat:	Luomulehti 1/2021 Käytännön maamies 3/2021

Taulukko 2. Tilaisuudet ja seminaarit, joissa hanketta ja sen tuloksia on esitelty.

Tilaisuus	Ajankohta ja paikka	Hankeosallistujat	Aktiviteetti
Ravinteet kiertoon – vesistöt kuntoon: kärki-hankkeiden loppuseminaari (YM, MMM)	26.3.2019, Helsinki	HY: Juha Helenius, hanketoimijoista Soilfood & HSY	Esitelmä (Helenius)
Kierrätysravinteet luomuviljelyssä (Luomuliitto)	11.4.2019, Hyvinkää	HY: Mari Unnbom	Hankkeen ja sen tulosten esittely
Maataloustieteiden päivät	8.-9.1.2020, Helsinki	HY: Mari Unnbom	Posteriesitys
MATO-tutkimusohjelman vuosiseminaari	13.10.2020, Verkkoseminaari	HY: Mari Unnbom	Hankkeen ja sen tulosten esittely
Conference on 100th anniversary of Estonian Academic Agricultural Society	5.12.2020, Tartu	HY: Priit Tammeorg	Esitelmä
Pellonpiennarpäivä yhteistyössä Vilku-hankkeen kanssa	1.8.2019, Haltiala	Kaikki	Viestintä viljelijöille ja muille sidosryhmille



Taulukko 3. Hankkeen tuloksista valmistuneet maisterintutkielmat (vuosien 2018-2019 tutkielmat HYKERRYYS-hankkeessa kerätystä aineistosta, vuonna 2020 julkaistut HYKERRYYS 2-hankkeessa kerätystä aineistosta).

Tekijä	Vuosi	Otsikko	Pysyväisosoite
Qiuchen Huang	2018	NITROGEN USE EFFICIENCY OF RYE (<i>Secale cereale</i>) USING ORGANIC FERTILIZERS	http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201806122418
Ossi Kinnunen	2019	TYPEN AINEVIRRAT JA PELTOTASE KIERRÄTYSLANNOITETUNKAURAN (<i>Avena sativa</i> L.) VILJELYSSÄ	http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201903051420
Kai Granqvist	2019	KIERRÄTYSLANNOITTEIDEN VAIKUTUS HÄRKÄPAVUN (<i>Vicia faba</i> L.) SATOON JA SATOKOMPONENTTEIHIN UUDEL-LAMAALLA	http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201906122631
Venla Kyttä	2019	KIERRÄTYSLANNOITTEIDEN ELINKAARISET YMPÄRISTÖ-VAIKU-TUKSET KAURAN (<i>Avena sativa</i> L.) TUOTAN-NOSSA	http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201906122659
Mari Unnbom	2019	KAURAN (<i>Avena sativa</i> L. 'Obelix') SADON MUODOSTUS JA LAATUNELJÄLLÄ KIERRÄTYSLANNOITEKÄSITTELYLLÄ	http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201912194182
Sauli Kangas	2020	KAURAN (<i>Avena Sativa</i> L.) SATO JA TYPEN KÄYTTÖ KIERRÄTYSLANNOITTEILLA	http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-202005142112
Aki Laakso-nen	2020	Kierrätysravinteiden lannoitus-käyttö kauralla ja käytön kannat-tavuus Hykerryys- hankkeen kau-ran satokokeissa 2017–2019	http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-202006052600

Taulukko 4. Tieteelliset artikkelit, joissa hankkeen aineistoa on hyödynnetty

Tekijät	Otsikko	Linkki
Kyttä, V., Helenius, J., & Tuomisto, H. L. (2020).	Carbon footprint and energy use of recycled fertilizers in arable farming. <i>Journal of Cleaner Production</i> , Nov 11:125063.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620351076?dgcid=coauthor

6.2 Arvio viestinnän onnistumisesta, viestintäsuunnitelman toteutumisesta

Viestintäsuunnitelmassa (taulukko 5) ammattilehtiartikkeleita suunniteltiin Maatilan Pellervoon vuodelle 2019 kolme kappaletta, mutta näistä yksi jäi toteutumatta. Vuodelle 2020 ei saatu kyseiseen



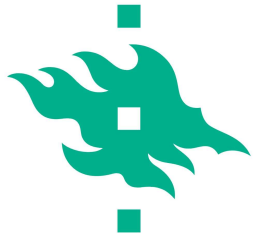
sarjaan yhtään artikkelia. Viestintäsuunnitelmassa julkaisuun suunniteltuja artikkeleita on korvattu muilla ammattilehtiartikkeleilla. Hankkeen tuloksia on esitelty Maatilan Pellervon sijasta Luomulehdessä. HYKERRYYS 2-hankkeen tuloksia tullaan esittelemään Luomulehden tammikuun 2021 numerossa ja Käytännön Maamiehen maaliskuun numerossa.

Hankkeen toiminnasta on viestitty blogissa sekä somekanavissa. Kesän 2019 pellonpiennartilaisuudesta viestittiin Facebookissa, Twitterissä, hankkeen blogissa, Uusimaaseutu.fi-verkkoalustan tapahtumakalenterissa sekä Maaseudun tulevaisuuden ilmoitusosiossa. Erityisesti Facebookin ilmoitus sai näkyvyyttä, kun ilmoitusta jaettiin muun muassa hankeyhteistyöyritysten sekä Vilkkuplus-hankkeen viestintäkanavien kautta. Vuoden 2020 pellonpiennarpäivän korvaaville hanketoimijoiden videohaastatteluille pyritään saavuttamaan mahdollisimman laaja näkyvyys myös Uudenmaan alueen ulkopuolella. Videoiden julkaisusta viestitään mm. Ilmastoviisaita ratkaisuja maatalouteen-hankkeen Facebook-sivuilla, yhteistyökumppaneiden sosiaalisen median alustoilla

Viestinnässä on onnistuttu esittelemään hankkeen toimintaa, kierrätyslannoituksen toteuttamistapoja ja soveltuvia tuotteita sekä peltokokeesta saatuja tuloksia. Erityisesti ammattilehtiartikkeleissa viestinnässä on pyritty popularisoimaan kokeesta saatuja tuloksia ja tuomaan esiin monipuolisesti kierrätyslannoitteita ja -lannoitusta.

Taulukko 5. Hankkeen viestintäsuunnitelma.

Mitä	Milloin	Kohderyhmä	Keinot ja kanavat	Kuka vastaa
Ammattilehtiartikkelit	toukokuu 2019, joulukuu 2019, tammikuu 2019, toukokuu 2020, elokuu 2020, joulukuu 2020	Viljelijät ja muut aiheesta kiinnostuneet	Maatilan Pellervo	Agrimedia Oy
Nettiaineisto	Hankkeen edistyessä	Kaikki aiheesta kiinnostuneet	Hankkeen blogisivusto AgriChar blogi ja somekanavat	Projektikoordinaattori (HY) Priit Tammeorg
Kiertotalouteen liittyvät tilaisuudet	Tilaisuuden tullen	Kohde- ja sidosryhmät	Ravinteiden kierrätyksen ohjelman tilaisuudet, muiden hankkeiden järjestämät seminaarit	Projektikoordinaattori (HY)
Pellonpiennarpäivät	Viiikko 31 vuosina 2019 ja 2020	Viljelijät, kierrätyslannoitealan toimijat, tutkijat	Tiedotus pellonpiennarpäivistä Maatilan Pellervossa sekä sidosryhmien kautta	Projektikoordinaattori (HY)
Maaseutuohjelma	Hankkeen edistyessä	Viljelijät, sidosryhmät	Uusimaaseutu.fi	Projektikoordinaattori (HY)



7. TULOSTEN KESTÄVYYS JA HYÖDYNTÄMINEN

7.1 Arvio tulosten kestävydestä ja konkreettisuudesta ja siihen liittyvistä riskeistä

Hankkeen tulokset ovat konkreettisia (esim. sadon määrä ja laatu kierrätyslannoitteilla verrattuna mineraalilannoitteisiin) ja sovellettavissa käytännön peltokasvien viljelyyn. Hankkeessa on ollut keskeisenä myös ympäristövaikutusten arviointi ja minimointi liittyen ravinteiden kierrättämiseen ja siltä osin tulokset tukevat kestävästä kierrätyslannoitteiden käyttöä.

- poliittinen tuki: ravinteiden kierrätys on otettu huomioon myös nykyisessä hallitusohjelmassa.
- institutionaalinen/lainsäädännöllinen tuki: hanke edistää kierrätyslannoitetoimijoiden tuotekehitystä ravinteiden kierrätyksen edistämiseksi. Vuonna 2015 ympäristösitoumuksen antanut viljelijä on voinut sitoumuskauden ajaksi valita korvauskelpoiselle alalle lohko-kohtaisia toimenpiteitä, joihin sisältyy ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen.
- taloudelliset ja rahoitukselliset mahdollisuudet: kierrätyslannoitetoimijat voivat hyödyntää hankkeen tuloksia omassa viestinnässään
- teknologian soveltuvuus:
- sidosryhmien kiinnostus ja sitoutuminen: lannoitus on viljelijöille kustannus ja maaperä elinkeinon harjoittamisen kulmakivi. Lannoitevalmisteet, joiden kustannukset ovat kohtuulliset ja vaikutukset maaperän ominaisuuksia parantavia ovat hankkeen kokemuksen perusteella sidosryhmille kiinnostavia.

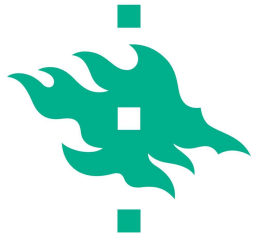
7.2 Ehdotukset hankkeen tulosten hyödyntämiseksi, ml. liiketaloudelliset ja lainsäädännölliset näkökohdat

Hankkeen tulokset ovat hyödynnettävissä maatalouspoliittiseen päätöksentekoon, kuten ympäristökorvauksen tukiehtopäätöksiin sekä kierrätyslannoitetoimijoiden tuotekehityksen tueksi.

8. TALOUSRAPORTTI

8.1 Budjetin ja rahoitussuunnitelman toteutuminen ja esiin nousseet ongelmat

01.12.2020 tietojen mukaan toteutuneita kustannuksia ilman arvonlisäveroa oli yhteensä 115 994 €, mikä on n. 10 169 € pienempi kuin budjetoitu määrä 126 163 €. Tämä johtuu suurimmalta osalta



pienistä henkilöstömuutoksista, kuten siitä, että kaikki harjoittelijat eivät pystyneet tekemään suunniteltuja määriä työtunteja, sekä henkilökohtaisten että v. 2020 aikana Covid-19 pandemiaan liittyvien rajoitteiden takia. Näin olleen hanke haki ja sai rahoittajalta jatkoaikaa 31.12.2020 asti saadakseen kaikki analyysit suunnitellusti päätökseen ja myös budjetin käytettyä.

31.12.20 tilanteen mukaan hankkeen kokonaiskustannukset (yhteensä 127 825,31 € ilman arvonlisäveroja) ylittivät 1 662,04 eurolla budjetoitun 126 163 € määrän, mikä johtui pääasiallisesti hieman suunniteltuja isoimmista tutkimusmateriaalikuluista vuonna 2020. Toisaltaan sekä matkustus- että henkilöstökulut olivat hieman budjetoitua pienemmät. Yllämainittu pieni budjetin ylitys jää katettavaksi Helsingin Yliopiston suunniteltua isommalla omarahoitusosuudella (yht. 11 825,31 €) niin että yrityksen (yht. 24 000€) sekä Ympäristöministeriön rahoitus jää sovitun 92 000€ + ALV suuruudeksi. Kustannuserittely toimitettu rahoittajalle erillisenä liitteenä.

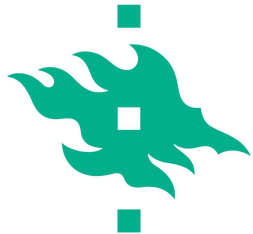
9. SUOSITUKSET TULEVIA HANKKEITA JA OHJELMIA VARTEN

9.1 Esiin nousseet jatkohankkeita koskevat ideat ja tarpeet

Kierrätyslannoitteet ovat tärkeä osa kestävästä alkutuotantoa ruuantuotannon kestävyysparantamiseksi. Kestävän alkutuotannon kokonaisuutta tarkasteltaessa lannoitus on kuitenkin vain pieni osa kokonaisuudesta. Viljelymaan tuottavuuden, rakenteen ja hiilensidonnallisuuden parantamiseksi jatkotutkimusehdotus koskee systeemitason tutkimusta, jossa yhdistyisi nykytiedon perusteella kestävät viljelymenetelmät lannoituksesta viljelykiertoon, kerääjäkasveihin ja regeneratiivisiin, hiilen sidontaa edistäviin menetelmiin.

Jo ensimmäisen HYKERRYYS-hankkeen loppuraportoinnissa esiin nostetut jatkokehitysehdotukset ovat edelleen ajankohtaisia; kierrätyslannoituksen laaja käyttöönotto kiertotalouden ja biotalouden edellyttämään mineraalilannoituksen korvaamiseen vaatii jatkokehitystä koskien (1) lannoitteiden tuotteistamista koskien niiden formulointia ja myös pää- ja hivenravinnesisäältöjen räätälöintejä mm. erilaisia orgaanisia tai epäorgaanisia kierrätystuotteita yhdistelemällä, (2) edelliseen liittyen levityskoneiden ja urakointikonseptien kehittämistä, (3) kierrätysajattelun ulottamista kaikkeen pelto- ja metsäbiomassapohjaiseen talouteen, erityisesti siis ruokajärjestelmään.

Kierrätettyjen ravinteiden maataloudessa hyödyntämisen edellytyksenä ovat viljelijöiden saatavilla olevat laadukkaat, toimivat ja turvalliset tuotteet, sekä viljelijöiden riittävä tietotaso, luottamus ja osaaminen kierrätyslannoitteiden käyttöön. Viljelijäyhteistyönä tehtävien tilakokeiden hyödyntämistä suositellaan, sillä kokemusperäinen tiedonvaihto on usein hedelmällistä ja viljelijöiden keskuudessa yleistä.



9.2 Mitä vastaavissa hankkeissa tulisi välttää, mitä suositellaan

HYKERRYYS 2-hankkeen peltokokeen tulokset perustuvat yhdeltä maalajilta (runsasmultainen hietasavi) ja viljelykierrolta kerättyihin tuloksiin. Tulevissa hankkeissa suositellaan otettavaksi mukaan eri maalajeja erilaisilla ravinnepitoisuuksilla, jotta kierrätyslannoituksen lannoitusvastetta voidaan tutkia tarkemmin. Käytännön mittakaavassa voidaan myös paremmin tutkia levitystekniikoita, sillä nykyinen koeruutukoko ei mahdollista koneellista levitystä kuivalantamaisten tai nestemäisten kierrätyslannoitteiden kohdalla.

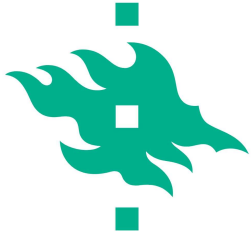
Kierrätyslannoitteet ovat tärkeä osa alkutuotannon kestävyuden parantamisessa, mutta laajemmassa tarkastelussa kierrätyslannoitus on vain osa akroekologisten viljelymenetelmien työkalupakista. HYKERRYYS-hankkeissa kierrätyslannoitteet on tuotu viljelysysteemiin, jossa käytetään tavanomaisen tuotannon menetelmiä, kuten kyntöä. Systeemitason tarkastelun mukaanottaminen yhdistämällä kierrätyslannoitukseen regeneratiiviset viljelymenetelmät voitaisiin tutkia yhdistettyjen menetelmien vaikutuksia muun muassa maan hiilivarastojen muodostumiseen, maan kasvukunnon kehitykseen, ravinnehuuhtoutumiin ja satotasoihin.

10. YHTEENVETO HANKKEESTA JA PÄÄTULOKSISTA

HYKERRYYS2-hankkeessa kehitettiin ja tutkittiin erilaisten kierrätyslannoituskonseptien ja -tuotteiden käyttöä peltoviljelyssä yhteistyössä kierrätyslannoitusalan toimijoiden kanssa, sekä tuotettiin viljelijöille tutkittua tietoa kierrätyslannoituksen toimivuudesta, suunnittelusta ja käytännöistä. Hankkeen toteuttaman peltokokeen kierrätyslannoitekäsittelyissä oli edustettuna määriltään ja ravinnepitoisuuksiltaan merkittävimmät Suomessa syntyvät kierrätysravinteiden raaka-aineet. Lannoitekäsittelyissä oli mukana monipuolisesti niin rakeistettuja kuin neste-, liete- ja kuivalantamaisia kierrätyslannoitevalmisteita erilaisilla pää- ja hivenravintesuhteilla.

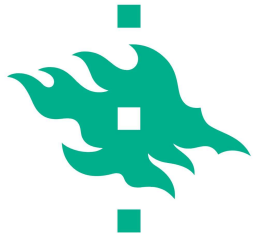
Tulosten viestinnässä hyödynnettiin ammattilehtijulkaisuja, alan tilaisuuksia ja seminaareja sekä sosiaalista mediaa. Kesän 2019 pellonpiennartilaisuudessa viljelijät ja muut sidosryhmien edustajat pääsivät itse tutustumaan koekenttään ja haastattelemaan tutkijoita sekä yhteistyöyritysten edustajia. Hankke muodostui hyvin tunnetuksi niiden sidosryhmien keskuudessa, jotka ovat ravinteiden kierrätyksen edistämisen kannalta olennaisia.

Hankkeen tavoitteet täyttyivät ja hankkeessa on saatu kerättyä arvokasta tietoa kierrätyslannoituksesta tutkimuksen, tuotekehityksen ja käytännön viljelyn tarpeisiin. Hankkeen



päätulokset osoittavat, että kierrätyslannoitteet soveltuvat mineraalilannoitteiden korvaajiksi tai täydennykseen. Kierrätyslannoitteilla on mahdollista saada sadon määrän ja laadun suhteen mineraalilannoitteiden veroisia satoja. Ravinteiden kierrättämiseen liittyvien positiivisten ympäristövaikutusten lisäksi kierrätyslannoitteiden elinkaariset ympäristövaikutukset ovat pienempiä kuin mineraalilannoitteilla ja lisäksi kierrätetyistä raaka-aineista jalostetut valmisteet ovat yhtä kustannustehokkaita tai -tehokkaampia kuin mineraaliset lannoitteet.

Hankkeen vaikuttavuus ulottui kansalliselle tasolle ravinteiden kierrätyksen ohjelman kautta ja tulokset ovat myös kansainvälisesti kiinnostavia. Viljelijälle kierrätyslannoitevalmisteet tarjoavat lannoitevaihtoehtoja, joiden valmistuksen hiilijalanjälki on väkilannoitteita pienempi ja joita käyttämällä voidaan saavuttaa hyviä satotasoja, edistää ravinteiden kierrättämistä sekä tukea alan yritystoimintaa. Kierrätyslannoituksella voidaan parantaa alkutuotannon kestävyyttä, vähentää riippuvuutta tuontilannoitteista ja niiden käytön yleistymiseen tähtääviä toimenpiteitä suositellaan.



LIITTEET

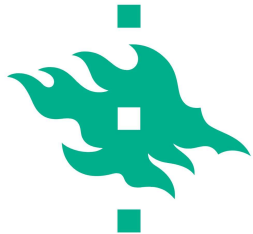
LIITE 1. Tuloskooste

1.1.1 Lannoitus

Kasvukauden 2019 lannoitus

Kauran lannoituksessa käytettiin Soilfood I-ruuduilla lietemäistä biokaasulaitoksen mädätejäänöstä (kauppanimi Ravinneseos II) ja Soilfood II-ruuduilla neljää erilaista bioenergiateollisuuden ja elintarviketeollisuuden sivuvirtana syntyvää vinassilannoitetta (Boost-tuotteet). Soilfood Oy:n ruuduille levitettiin myös mangaanilisänä mangaanisulfaattia (MnSO_4). HSY:n ruudut käsiteltiin ammoniumsulfaattiliuoksella ja niille levitettiin myös mangaanilisä samalla levitysmäärällä kuin Soilfood Oy:n ruuduille. Ecolan Oy:n ruuduilla käytettiin kahta lihaluujauholannoitetta, Agra 8-4-2:a ja Agra 13-0-0:a sellaisenaan sekä täydennettynä Patenttikalilla (Agra 13-0-0) tai tuotekehitysvaiheessa olevalla hivenlisällä (Agra 8-4-2). Typpiportaina oli tasot 44, 77 ja 110 kg N/ha. Väkilannoituskontrollin typpitaso oli 110 kg/ha. Suunniteltu kokonaistyppimäärä oli kaikilla muilla Soilfood Oy:n ja HSY:n kierrätyslannoituskäsittelyillä 100 kg N-tot./ha paitsi Boost NPKS-käsittelyllä, jolla lannoituksen typpimäärä laskettiin vastaamaan matalaa typpiporraskontrollia tuotteen korkean fosforipitoisuuden vuoksi. Ecolan Oy:n lihaluujauhokäsittelyillä tavoiteltiin 40 kilon kokonaistyppilannoitusta.

Mineraalilannoitteet ja lihaluujauhot levitettiin kylvölannoittimella kylvön yhteydessä. Nestemäinen ammoniumsulfaatti sekä vinassit levitettiin kastelukannulla letkulevitystä imitoiden ennen kylvöä, ja ne muokattiin maahan levityksen jälkeen. Biokaasumädäte (Ravinneseos II) levitettiin kastelukanuilla letkulevitystä imitoiden kauran oraille kolmilehtivaiheessa. Hankkeen lannoituksessa käytetään viiden vuoden fosforitasasta.



Taulukko 6. Kauran lannoitus, lannoituksen levitysmäärät (kg/ha) ja lannoituksen ravinnemäärät (kg/ha) kasvukaudella 2019. Lannoituksen ravinnemäärät on laskettu käytetyistä lannoitteista teetetyn lannoiteanalyysin perusteella. Tuloksissa on 20% virhemarginaali. PK= Patenttikali.

		Lannoituksen ravinnemäärä, kg/ha											
Ruutu	Lannoitus	Levitysmäärä, kg/ha	N-liuk.	N-tot.	P	K	Mg	Ca	Cu	Mn	Zn	Na	B
HSY	Ammoniumsulfaatti + MnSO ₄	1176	77	89	0	0	0	0	0	15	0	0	0
Ecolan	Agra 13-0-0	310	4	40	1	6	0	0	0	0	0	0	0
	Agra 13-0-0 + PK	460	4	40	1	47	9	0	0	0	0	0	0
	Agra 8-4-2	500	11	40	20	13	1	0	0	0	0	0	0
	Agra 8-4-2 + Hivenlisä	522	11	40	20	13	1	0	0	0	0	0	0
Soilfood I	Ravinneseos II + MnSO ₄	27067	70	92	11	30	2	0	0	15	0	0	0
Soilfood II	Boost NK + MnSO ₄	4545	81	108	1	95	0	0	0	15	0	0	0
	Boost NS + MnSO ₄	3175	63	82	4	8	2	0	0	15	0	0	0
	Boost NKS + MnSO ₄	2780	69	91	2	329	2	0	0	15	0	0	0
	Boost NPKS + MnSO ₄	3934	51	70	14	230	11	0	0	15	0	0	0
Helsingin yliopisto	Y 5 + PK + MnSO ₄	707	110	110	25	70	10	0	0	15	0	0	0
	Salpietari 44 kg N	164	44	44	0	2	2	0	0	0	0	0	0
	Salpietari 77 kg N	287	77	77	0	3	3	0	0	0	0	0	0
	Salpietari 110 kg N	410	110	110	0	4	4	0	0	0	0	0	0
	Lannoittamaton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

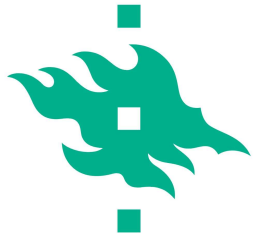
Ohran lannoituksessa käytettiin Soilfood Oy:n ja HSY:n ruuduilla samoja tuotteita kuin kauralla, mutta kokonaistyyppilannoituksen tavoitemäärä oli 120 kg N/ha kaikilla muilla käsittelyillä, paitsi Boost NPKS-ruuduilla, joilla lannoituksen typpimäärä laskettiin vastaamaan matalaa typpiporrasta (taulukko 7). Ecolan käytti ohralla neljällä osaruudullaan kahdella Agra 8-4-2 lihaluujauholannoitetta ja kahdella osaruudulla Agra 13-0-0 lihaluujauhoa, joista toinen käsittely täydennettiin Patenttikalilla. Lannoitteiden levitystekniikat vastasivat kauralla käytettyjä menetelmiä.



Taulukko 7. Ohran lannoitus, lannoituksen levitysmäärät (kg/ha) ja lannoituksen ravinnemäärät (kg/ha) kasvukaudella 2019. Lannoituksen ravinnemäärät on laskettu käytetyistä lannoitteista teetetyn lannoiteanalyysin perusteella. Tuloksissa on 20% virhemarginaali.

Osallistuja	Lannoitus	Levitysmäärä, kg/ha	Lannoituksen ravinnemäärä, kg/ha										
			N-liuk.	N-tot.	P	K	Mg	Ca	Cu	Mn	Zn	Na	B
HSY	Ammonium-sulfaatti + MnSO ₄	1404	93	106	0	0	0	0	0	15	0	0	0
Ecolan	Agra 13-0-0	310	4	40	1	6	0	0	0	0	0	0	0
	Agra 13 + PK	460	4	40	1	47	9	0	0	0	0	0	0
	Agra 8-4-2	500	11	40	20	13	1	0	0	0	0	0	0
	Agra 8-4-2	500	11	40	20	13	1	0	0	0	0	0	0
Soilfood I	Ravinneseos II + MnSO ₄	32472	84	110	14	36	3	0	0	15	0	0	0
Soilfood II	Boost NK + MnSO ₄	5445	97	130	2	114	1	0	0	15	0	0	0
	Boost NS + MnSO ₄	3802	75	98	5	9	2	0	0	16	0	0	0
	Boost NKS + MnSO ₄	3328	82	109	3	395	3	0	0	15	0	0	0
	Boost NPKS + MnSO ₄	4240	55	76	16	248	12	0	0	15	0	0	0
HY	Y5+salpietari+PK+ MnSO ₄	738	120	120	16	70	13	0	0	15	0	0	0
	Salpietari 48 kg N	179	48	48	0	2	2	0	0	0	0	0	0
	Salpietari 84 kg N	313	84	84	0	3	3	0	0	0	0	0	0
	Salpietari 120 kg N	448	120	120	0	4	4	0	0	0	0	0	0
	Lannoittamaton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ecolan Oy oli ainoa osallistuja, joka käytti viherlannoitusnurmelle keväällä 2019 lannoitusta (taulukko 8). Ecolan Oy:n ruuduille levitettiin Agra 13-0-0 lannoitetta kahdelle osaruudulle, yhdelle osaruudulle pelkkää Patenttikalia ja yhdelle ruudulle Agra 13-0-0 lihaluujauhollaan täydennettynä Patenttikalilla.



Taulukko 8. Viherlannoitusnurmen lannoitus, lannoituksen levitysmäärät (kg/ha) ja lannoituksen ravinnemäärät (kg/ha) kasvukaudella 2019. Lannoituksen ravinnemäärät on laskettu käytetyistä lannoitteista teetetyn lannoiteanalyysin perusteella. Tuloksissa on 20% virhemarginaali.

			Lannoituksen ravinnemäärät, kg/ha										
Osallistuja	Lannoitus	Levitysmäärä, kg/ha	Liuk. N	N-tot	P	K	Mg	Ca	Cu	Mn	Zn	Na	B
Ecolan	Agra 13-0-0	310	4	40	1	6	0	0	0	0	0	0	0
	Agra 13+ PK	460	4	40	1	47	9	0	0	0	0	0	0
	Agra 13-0-0	310	4	40	1	6	0	0	0	0	0	0	0
	Patenttikali	150	0	0	0	41	9	0	0	0	0	0	0

Kasvukauden 2020 lannoitus

Syysrukiin lannoituksessa syksyllä 2019 käytettiin Soilfood Oy:n ruuduilla bioenergiateollisuuden sivutuotteena syntyvää kiinteää mädätettä (kauppanimi Väkevä ravinnelannos) ja paperiteollisuuden jätevesien puhdistuksesta kerättyä kompostoitua sekalietettä (kauppanimi Ravinnekuitu I) (taulukko 9). HSY:n neljälle osaruudulle levitettiin erilaisia yhdyskuntajätepohjaisia komposteja; biojättekompotti, tuorekomposti, lietekomposti ja maanparannuskompotti. Soilfood Oy:n maanparannusaineet vastaavat vuonna 2016 syysrukiille käytettyjä tuotteita. HSY:n kompostikäsittelyistä vuonna 2016 käytetyt biokuitukompotti ja biohiilellä täydennetty biojättekompotti eivät ole enää tuotannossa, joten niiden tilalla käytettiin puhdistamolietepohjaisia komposteja; tuorekompostia ja lietekompostia. Myös maanparannuskompotti on puhdistamolietepohjainen. Kompostit eroavat toisistaan mm. kypsytyksajan suhteen.

Soilfood Oy:n molemmille pääruuduille (Soilfood I = alkuperäinen ruutu vuodesta 2016 alkaen, Soilfood II = entinen Tuhala Bio Oy:n ruutu, Soilfoodilla vuodesta 2019 alkaen) levitettiin ravinnekuitua. Soilfood I-ruutu jaettiin kahteen osaan, joista toiselle puolelle levitettiin maanparannuslannosta. Soilfood II-ruutu käsiteltiin kokonaan Ravinnekuidulla. Vuonna 2016 ravinnekuitu aiheutti ruisruuduilla oraille typenpuutosoireita, joten levitystekniikkaa ja -ajankohtaa muutettiin niin, että levityksen ja kylvön välille jätettiin pidempi aikaväli (14 vrk) ja muokkaussyvyyttä vähennettiin. Ravinnekuidusta oli kaksi erää, josta toista käytettiin Soilfood I-ruuduilla ja toista erää Soilfood II-ruuduilla. Teetetyn lannoiteanalyysin perusteella nämä kaksi erää poikkesivat jonkin verran toisistaan esimerkiksi typen suhteen.



Ecolan Oy käytti ruuduillaan yhtä pelkkää Patenttikalikäsittelyä sekä kolmea eri lihaluujauholaanointia, Agra 8-4-2:a, Agra 8-4-8:a ja Agra 13-0-0:a. Yliopiston typpiportaavat olivat syyslannoituksessa 16, 28 ja 40 kg N/ha. Väkilannoituksen typpitaso asetettiin 40 kg/ha. Kompostit ja maanparannusaineet punnittiin ja levitettiin ruuduille ennen kylvöä ja ne muokattiin maahan levityksen jälkeen. Rakeistetut lannoitevalmisteet levitettiin kylvölannoittimella kylvön yhteydessä.

Taulukko 9. Rukiin syyslannoitteet ja maanparannusaineet, levitysmäärät (kg/ha) ja lannoituksen ravinnemäärät (kg/ha). Lannoituksen ravinnemäärät on laskettu käytetyistä lannoitteista teetetyn lannoiteanalyysin perusteella. Tuloksissa on 20% virhemarginaali.

					Ravinteet, kg/ha									
Ruutu	Lannoitteen nimi	levitys- määrä, kg/ha	liuk- N	N- tot	P	K	Mg	Ca	Cu	Mn	Zn	Na	B	
HSY	Tuorekomposti	14981	52	165	132	6	14	0	1	1	2	0	0	
	Maanparannuskom- posti	17544	49	158	123	9	14	0	1	2	3	0	0	
	Biojätekomposti	18000	14	234	103	79	43	0	1	3	2	0	0	
	Lietekomposti	7395	7	89	104	18	10	0	1	1	2	0	0	
Ecolan	Agra 842	375	8	30	15	9	1	0	0	0	0	0	0	
	Agra 13	230	3	30	1	5	0	0	0	0	0	0	0	
	Agra 848	375	9	26	12	29	3	0	0	0	0	0	0	
	Patenttikali	200	0	0	0	54	12	0	0	0	0	0	0	
Soilfood I	Ravinnekuitu I	40000	44	288	38	12	40	1	0	4	14	0	0	
	Väkevä ravinnelan- nos	12000	50	216	52	20	11	0	0	1	1	0	0	
Soilfood II	Ravinnekuitu I	40000	24	144	27	12	31	1	0	3	10	0	0	
HY	Y5+K2SO4+MnSO4	388	44	44	10	50	9	0	0	15	0	0	0	
	Salpietari 16 kg N/ha	60	16	16	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	Salpietari 28 kg N/ha	104	28	28	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	Salpietari 40 kg N/ha	149	40	40	0	1	1	0	0	0	0	0	0	

Rukiin kevätlannoituksissa käytettiin HSY:n ruuduilla ammoniumsulfaattia mangaanilisällä 120 kilon typpilannoitusmäärällä. Soilfood I-ruuduilla käytettiin lietemäistä biokaasumädätettä (kauppanimi Väkevä ravinneseos) niin, että ravinnekuidulla syksyllä käsitellyille ruudulle typpilannoitus oli liukoisen tyypin mukaan laskettuna 120 kg/ha ja maanparannuslannoksella käsitellyille ruuduille levitysmäärä oli 90 kg liuk. N/ha. Soilfood II-ruuduilla käytettiin neljää erilaista vinassilannoitetta: Boost NK, Boost NKS Premium, Boost NPKS ja Boost NPKS Premium. Boost-tuotteilla lannoitusmäärä suhteutettiin liukoiseen tyyppiin, joka oli kaikilla muilla lannoitteilla 120 kg liuk. N/ha paitsi

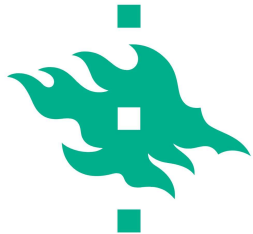


Boost NPKS:lla, jonka typpilannoitusmäärä suhteutettiin matalaan typpiportaaseen, 48 kg liuk. N/ha. Kaikille Soilfood Oy:n ruuduille käytettiin mangaanilisää. Typpiportaat olivat kevätlannoituksessa 48, 84 ja 120 kg N/ha. Väkilannoituksen typpilannoitus oli 120 kg N/ha.

Ecolan Oy:n ruuduille syksyllä Patenttikalilla käsitellyille ruuduille käytettiin Agra 13-0-0:a ja syksyllä Agra 13-0-0:lla käsitellyille ruuduille Agra 8-4-2:a. Syksyllä Agra 8-4-2:lla käsitellyille ruuduille käytettiin Ecolan Oy:lle uutta tuotetta, bioenergiateollisuuden sivuvirtana syntyvää puuvinassia, Agra NS 3-0-0. Kyseessä on sama sivuvirta, joka oli vuonna 2019 Soilfood Oy:n tuote, nimellä Boost NS. Vuoden 2020 syksystä lähtien tuote on palannut Soilfood Oy:n valikoimiin, mutta sivuvirtaa käytetään Ecolan oy:n lihaluujauhojen sidosaineena.

Vuonna 2020 lannoitteista teetettyihin analyysihin lisättiin myös rikin analyysi. Ammoniumsulfatikäsitelyssä, Väkevä ravinneeseos käsittelyssä Sekä Boost NKS ja NPKS Premium-käsittelyissä rikkilannoitus on huomattava ja ylittää kasvien rikin tarpeen moninkertaisesti. Määrät eivät kuitenkaan ole toksisia kasveille. Rikkilannoituksen määrään on hyvä kiinnittää kierrätyslannoitteita käytäessä huomiota.

24



Ecolan Oy oli ainoa osallistuja, joka käytti lannoitteita viherlannoitusnurmella (taulukko 12). Ecolanin ruuduilla käytettiin kahdella osaruudulla Patenttikalia ja kahdella osaruudulla Agra NS 3-0-0 vinassia täydennettynä Patenttikalilla.

Taulukko 12. Viherlannoitusnurmen lannoitus, levitysmäärät (kg/ha) ja lannoituksen ravinnemäärät (kg/ha) vuonna 2020. Lannoituksen ravinnemäärät on laskettu käytetyistä lannoitteista teetetyn lannoiteanalyysin perusteella. Tuloksissa on 20% virhemarginaali.

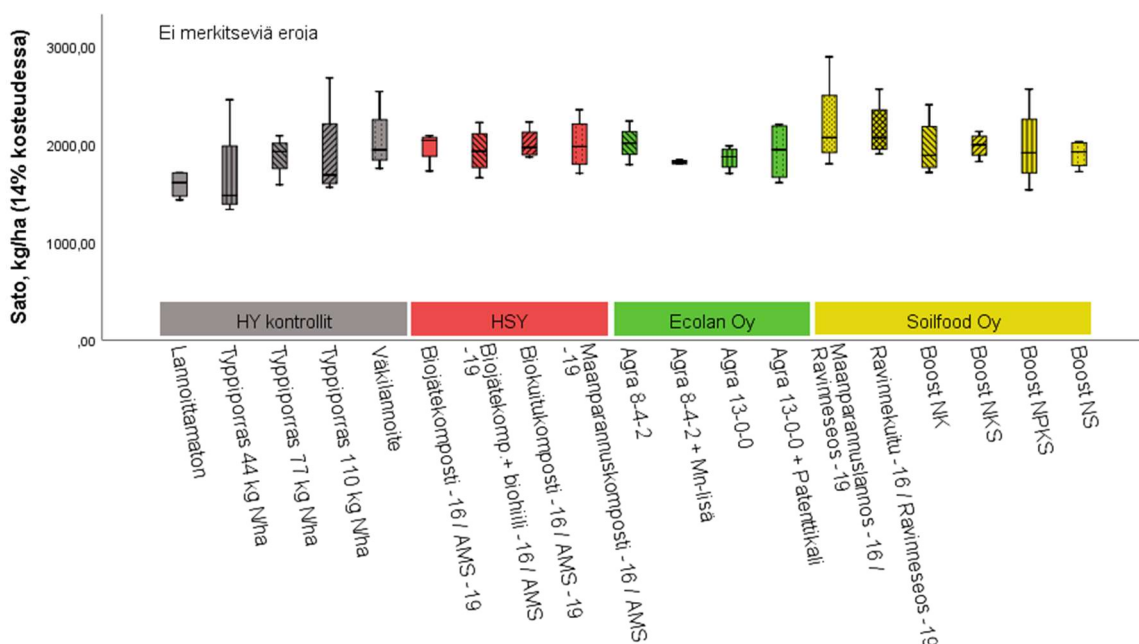
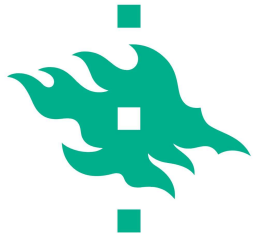
		Ravinteet, kg/ha												
Ruutu	Lannoitus	Levi- tys- määrä, kg/ha	Liuk- N	N- tot	P	K	Mg	Ca	Cu	Mn	Zn	Na	B	S
Ecolan	Patenttikali	250	0	0	0	68	15	0	0	0	0	0	0	43
	Agra NS 3-0-0 + Pa- tenttikali	2692 + 250	57	70	3	74	16	0	0	0	0	0	0	72
	Patenttikali	250	0	0	0	68	15	0	0	0	0	0	0	43
	Agra NS 3-0-0 + Pa- tenttikali	2692 + 250	57	70	3	74	16	0	0	0	0	0	0	72

1.1.2 Satotulokset

Kaura 2019

Vuoden 2019 kaurasato oli kolmas, eli viimeinen sato viisivuotissuunnitelmassa. Jokaiselta viljelykierron kasvilajilta saadaan peltokokeessa viiden vuoden aikana kolme satoa, kun kolme kierron vaihetta on aina yhtäaikaaisesti edustettuna. Vuonna 2017 kauralta saatiin sateisena ja viileänä kasvukautena hyvät ja suuret sadot, mutta kasvukauden 2018 kuivuus verotti satoja ja kaikki käsittelyt tuottivat vaatimattomat sadot.

Kauralajikkeena oli vuonna 2019 Meeri. Virallisten lajikekokeiden mukaan Meeri-lajikkeen sato on 5635 kg/ha, kasvuaika 91 vrk ja lämpösummavaatimus 925 °C. Kaura kylvettiin 13.5 ja puitiin 27.8 (kasvuaika 108 vrk). Lämpösummaa kertyi 1173 °C. Kasvukausi oli edellisvuoden tapaan kuiva ja lämmin. Kauran sadoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja vuonna 2019 (kuva 3). Kaikki käsittelyt tuottivat noin kahden tonnin hehtaarisatoja. Lannoitusvaikutusta ei siis saatu esille kauralla.

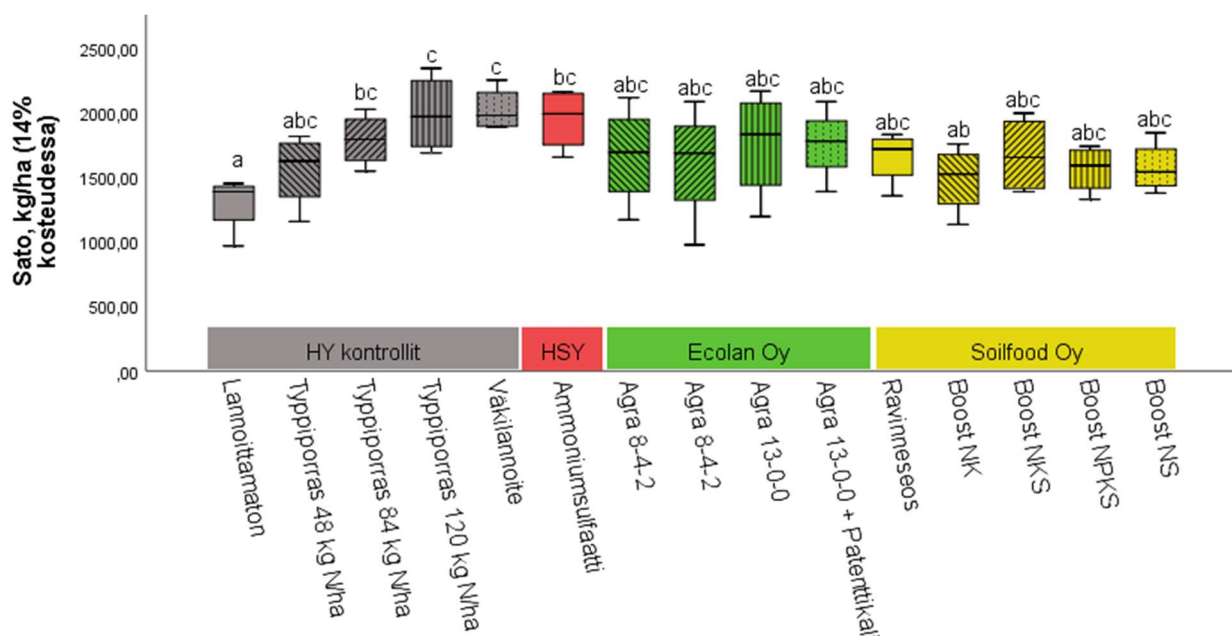
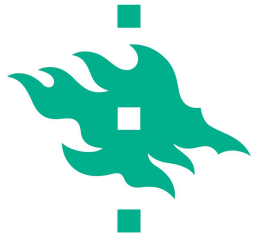


Kuva 3. Kauran satotulokset (kg/ha) vuonna 2019. Sadoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja lannoituskäsittelyiden välillä. Lohkon viljelykierto (alkaen syksystä 2016) syysruis – härkäpapu – kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurm – ohra. Lannoituskäsittelyiden nimissä ennen jakoviivaa syksyllä 2016 syysrukiille levitetyt maanparannusaineet ja kompostit, ja jakoviivan jälkeen kasvukauden 2019 lannoitus.

Ohra 2019 & 2020

Koekentän alkuperäisessä viljelykiertosuunnitelmassa syysrapsia seuraa syysruis. Rapsi kärsi kuitenkin niin pahoin syksyllä 2018 ja 2019 hanhien laidunnuksesta, että keväällä 2020 päätettiin korvata rapsi viljelykierrosta mahdollisimman aikaisella ohralajikkeella. Lajikkeeksi valittiin Wolmari, jonka virallisten lajikekokeiden mukainen sato 5774 kg/ha, kasvu-aika 84,5 vrk ja lämpösummavaatimus 855,5 °C. Ohra kylvettiin 15.5.2019 ja puitiin 15.8.2019 (kasvu-aika 90 vrk). Lämpösummaa ohralle kertyi 1024 °C.

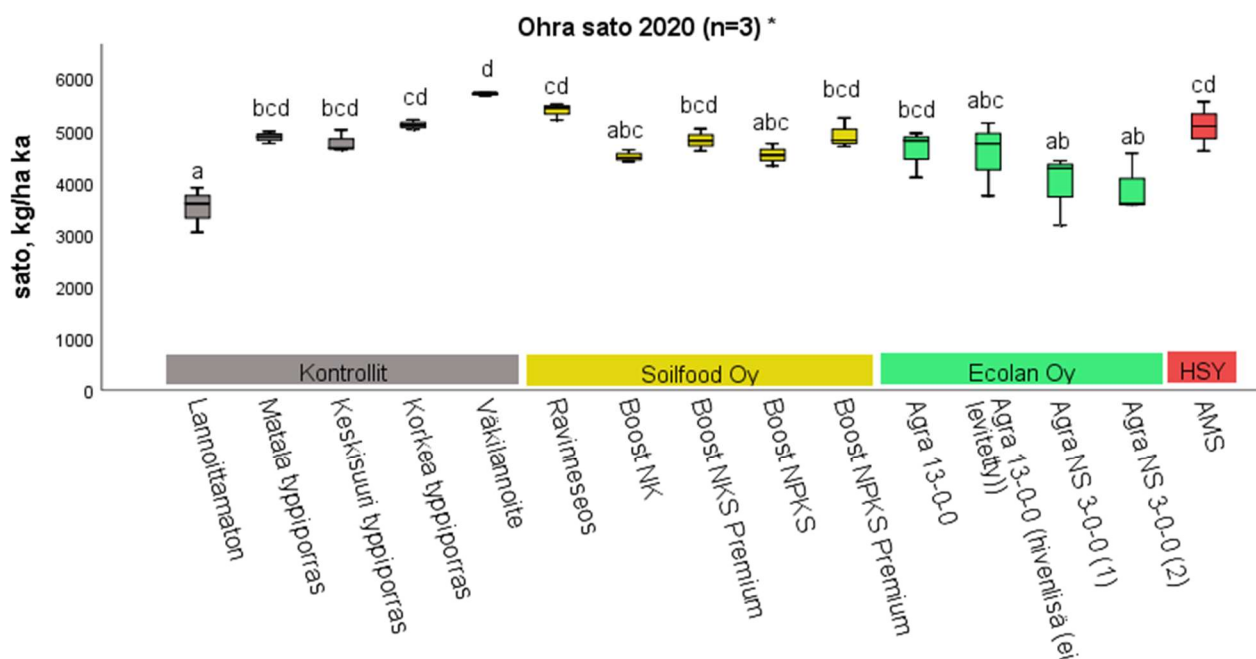
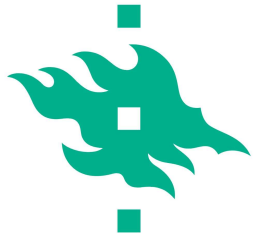
Vuonna 2019 ohralle ammoniumsulfaattikäsittelyn, väkilannoitekäsittelyn sekä keskisuuren ja suuren typpiporraskäsittelyn sadot olivat tilastollisesti merkitsevästi suurempia kuin lannoittamattoman käsittelyn (kuva 4). Boost NK-käsittelyn sato oli merkitsevästi pienempi kuin väkilannoitekäsittelyn ja suuren typpitasen käsittelyn sadot. Muiden käsittelyiden sadot eivät eronneet merkitsevästi väkilannoitekäsittelystä, suuresta typpiporraskäsittelystä tai lannoittamattomasta käsittelystä. Sadot jäivät vaatimattomiksi, noin kahteen tonniin hehtaarilta.



Kuva 4. Ohran satotulokset (kg/ha) vuonna 2019. Samalla kirjaimella merkittyjen käsittelyiden sadot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey HSD $p \leq 0,05$). Lohkon viljelykierto (alkaen vuodesta 2017) kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurmi – ohra – syysruis – härkäpapu.

Vuoden 2020 kasvukausi oli sääolosuhteiltaan melko tavanomainen. Ohran sadot olivat edellisvuoteen verrattuna huomattavasti suuremmat, neljästä viiteen tonnia hehtaarilta (kuva 5). Ohran satotuloksien varianssianalyysistä poissuljettu ensimmäisen replikaatin sadot. Syksyllä 2019 hanhet jättivät kyseisen kasviloikkaan laiduntamatta, ja keväällä kyseisellä loholla oli hyvinvoiva rapsikasvusto. Kasvusto murskattiin ja mullattiin maahan ennen ohran kylvöä. Ensimmäisen replikaatin ohrasadot olivat noin 1000 kg pienempiä kuin kolmessa muussa replikaatissa ja ero oli tilastollisesti merkitsevä.

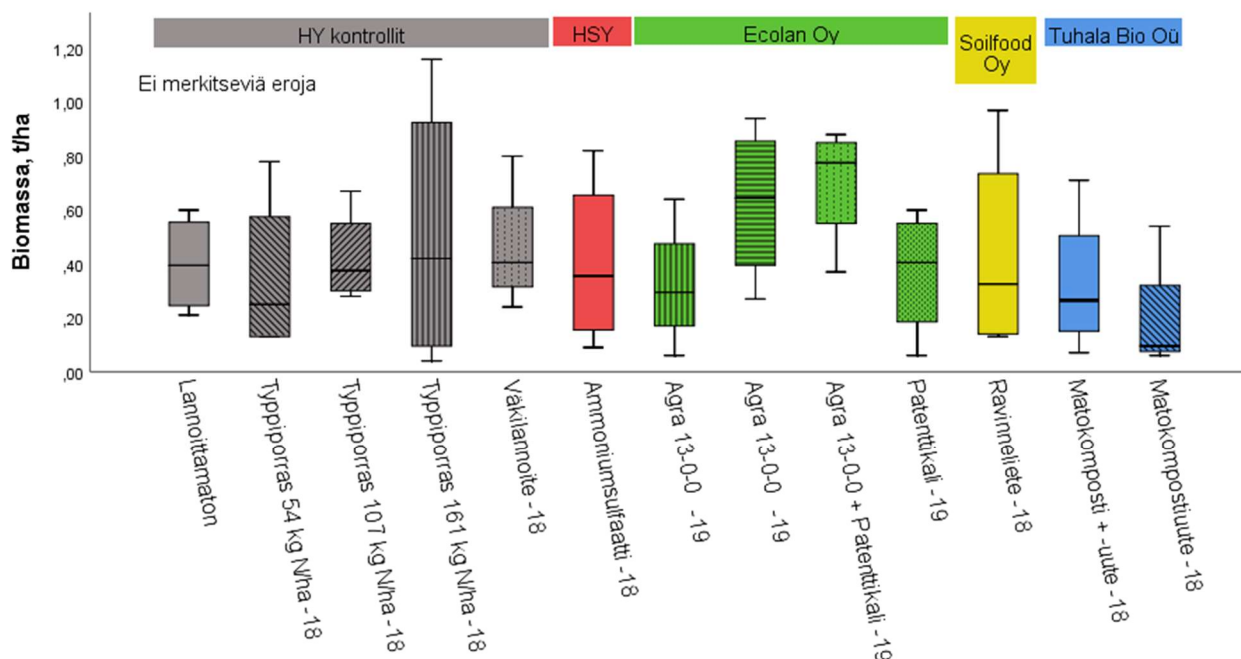
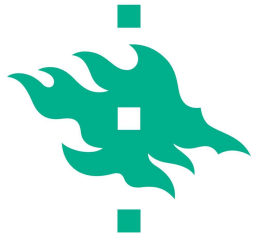
Tilastollisesti merkitsevästi suurempia satoja kuin lannoittamattomasta kontrollista saatiin seuraavilta käsittelyiltä: Väkevä ravinneseos, Boost NKS Premium, Boost NPKS Premium, Agra 13-0-0 (1), ammoniumsulfaatti sekä kaikki typiporraskäsittelyt ja väkilannoitekontrolli. Tilastollisesti väkilannoitekontrollin veroisia satoja saatiin ammoniumsulfaatti, Väkevä ravinneseos, Boost NKS Premium, Boost NPKS Premium ja Agra 13-0-0 (1) käsittelyillä.



Kuva 5. Ohran satotulokset (kg/ha) vuodelta 2020. Samalla kirjaimella merkittyjen käsittelyiden sadot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey HSD $p \leq 0,05$). Lohkon viljelykierto (al-
kaen vuodesta 2017) härkäpapu – kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurmi – ohra – syysruis.

Viherlannoitusnurmi 2019 & 2020

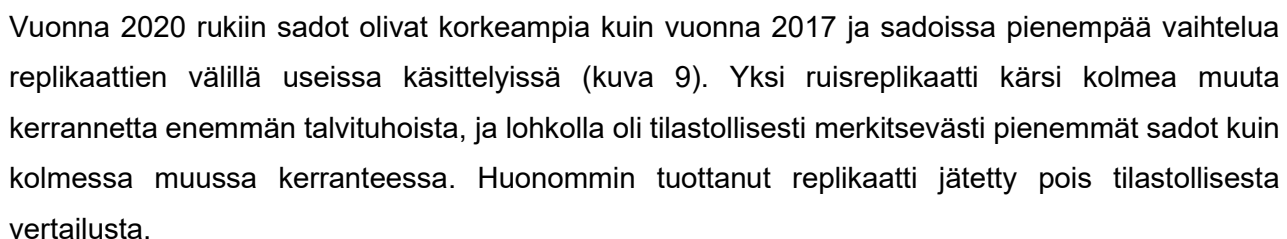
Keväällä 2018 kauran aluskasviksi kylvetty yksivuotinen viherlannoitusnurmi ei lähtenyt kuivuudesta kärsineillä lohkoilla keväällä kasvuun. Nurmille tehtiin täydennyskylvö keväällä 2019, mutta ne eivät ehtineet tuottaa juurikaan biomassaa ennen kuin rapsin kylvövalmistelut aloitettiin. Nurmibiomassat jäivät vaatimattomiksi ja kerranteiden välillä oli suurta vaihtelua (kuva 6). Nurmiruuduista ainoastaan Ecolanin osaruudut saivat lannoituksen keväällä 2019. Muita ruutuja ei lannoitettu keväällä 2019 ja käsittelyiden nimet viittaavat kauran lannoituksiin keväällä 2018.

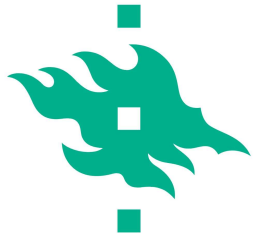


Kuva 6. Nurmibiomassa 2019. Tuhala Bio Oü jättäytyi pois hankkeesta vuonna 2018. Yrityksen ruuduilla on testattu kevästä 2019 lähtien Soilfood Oy:n kierrätyslannoitteita (Boost-tuotteet kauralla ja ohralla). Lohkon viljelykierto (alkaen vuodesta 2017) härkäpapu – kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurmi – ohra – syysruis.

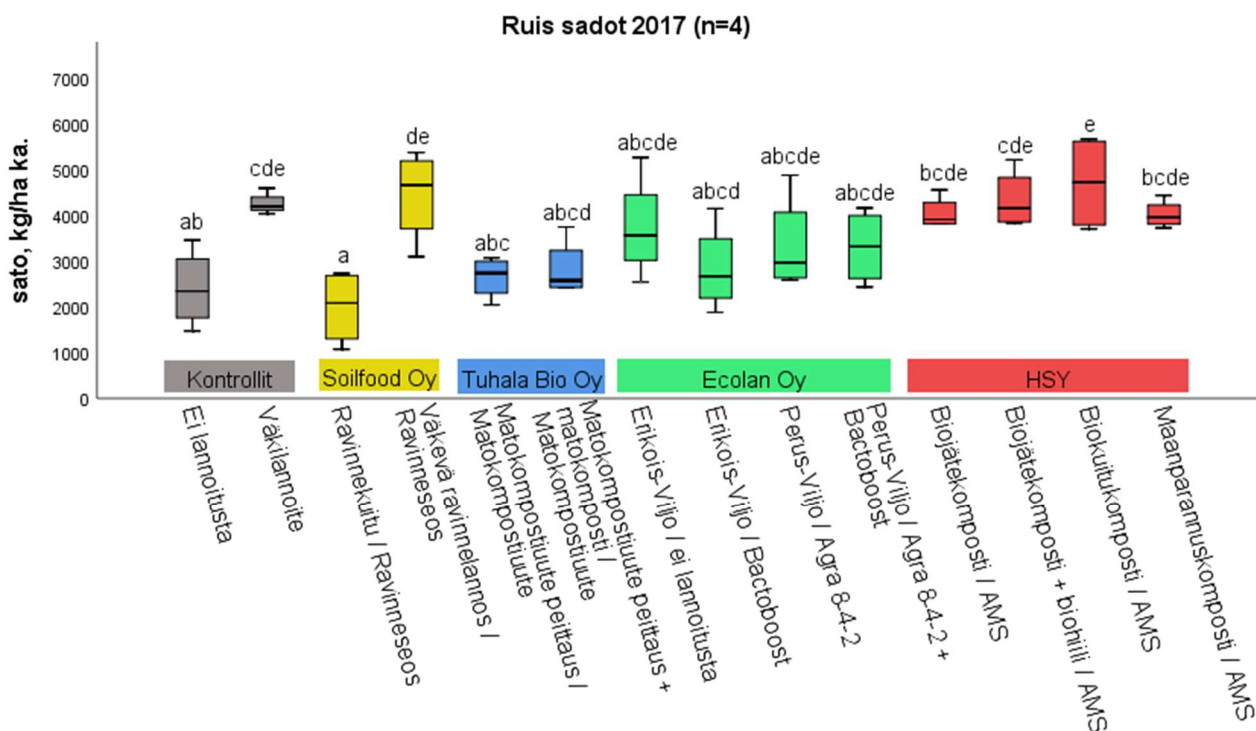
Viherlannoitusnurmien kasvustot olivat vuonna 2020 reheviä, mutta lajikoostumuksiltaan lähestulkoon täysin heinäkasveja. Apilat eivät lähteneet kasvuun vuonna 2019. Biomassat olivat kaksin- tai kolminkertaisia vuoden 2018 noin kolmen tonnin hehtaarisatoihin verrattuna, mutta sadoissa oli suurta vaihtelua kerranteiden välillä (kuva 7). Viherlannoitusnurmien sadoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja vuonna 2020.

Viherlannoitusnurmista on saatu kolmen vuoden tulokset. Viherlannoitusnurmien tarkoituksena on ollut toimia typen tuottajina seuraavalle kasvustolle ja maan rakenteen parantajina. Nurmien menestyminen on kuitenkin ollut hyvin vaihtelevaa. Vuoden 2018 nurmikasvustot olivat melko pienet, noin 3 tonnia, mutta kasvustoissa oli hyvä apilan ja heinäkasvien suhde. Vuoden 2019 nurmi epäonnistui uusintakylvöistä huolimatta todennäköisesti liian kuivuuden vuoksi. Nurmiseos kasvoi epätasaisesti ja lohkoilla oli suuria aukkopaikkoja. Vuoden 2020 nurmikasvustoilla ei ollut typpilannoitusvaikutusta apilakasvien puuttuessa lähes kokonaan kasvustoista, mutta runsaalla heinäkasvustolla voi olettaa olevan maan rakennetta parantavaa vaikutusta.



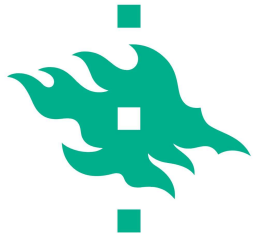


Lannoittamaton kontrolli tuotti jälleen vuonna 2020 korkeahkon, noin 3 tonnin hehtaarisadon. Käsittelyt, jotka eroavat tilastollisesti merkitsevästi lannoittamattomasta käsittelystä: korkea typpiporras, väkilannoitus, Väkevä ravinnelannos / Väkevä ravinneseos, Lietekomposti / AMS, Maanparannuskomposti / AMS, Tuorekomposti / AMS. Kaikki Ecolanin käsittelyt tuottivat tilastollisessa vertailussa väkilannoitekontrollin veroisia satoja, mutta ne eivät kuitenkaan eronneet tilastollisesti merkitsevästi lannoittamattomasta kontrollista. Samoin HSY:n Biojättekompasti / AMS-käsittely sekä Soilfood I-ruudun Ravinnekuitu / Väkevä Ravinneseos-käsittely eivät eronneet väkilannoitekontrollista eivätkä lannoittamattomasta kontrollista.

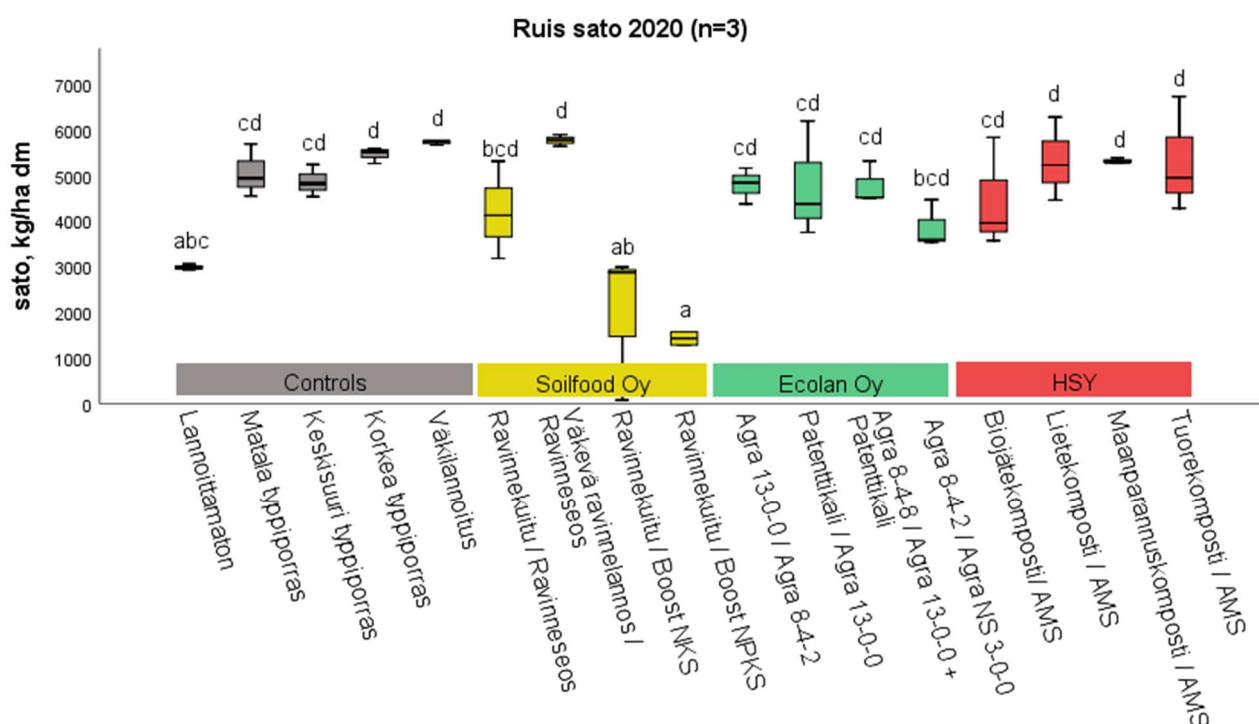


Kuva 8. Syysrukiin satotulokset vuodelta 2017. Samalla kirjaimella merkittyjen käsittelyiden sadot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey HSD $p \leq 0,05$). Lannoitusten nimissä ennen jakoviivaa syyslannoitus ja jakoviiva jälkeen kevätlannoitus. Lohkon viljelykierto syysruis – härkäpapu – kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurmi – ohra.

Ravinnekuitu aiheutti myös vuonna 2020 typenpuutosta ruiskasvustossa. Ravinnekuitudulla käsitellyillä ruuduilla oli aukkoiset ja harvat kasvustot eikä Soilfood II-ruuduilta saatu puitua kaikilta ruuduilta satoja. Puimatta jääneiden ruutujen satotulokset saadaan laskettua ennen puintia kerätyistä satokomponenttinäytteistä. Ravinnekuidun levitys on näiden kahden epäonnistuneen kokeilun jälkeen siirretty syksystä 2020 alkaen viherlannoitusnurmen lopettamisen yhteyteen. Molemmilla syysruiskylvöllä on ollut esikasvina ohra, joka on tehokas ravinteiden ottaja.



Todennäköisesti esikasvivaikutus, maan rakenneominaisuudet ja kyntö ennen Ravinnekuidun levitystä aiheuttavat typen immobilisaation. Soilfood on kehittänyt lannoitussuosituksiaan Ravinnekuidulle hankkeen tuloksien perusteella. Hankkeen peltokoe on mahdollistanut sellaisia kuidun levittämisen kokeiluja, joita ei yrityksen asiakkaiden pelloilla olisi voinut suorittaa.



Kuva 9. Syysrukiin satotulokset vuodelta 2020. Yksi replikaatti poissuljettu analyysistä tilastollisesti merkitsevästi pienempien satojen takia (talvituhot). Samalla kirjaimella merkittyjen käsittelyiden sادت eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey HSD $p \leq 0,05$). Lannoitusten nimissä ennen jakoviivaa syyslannoitus ja jakoviiva jälkeen kevtlannoitus. Lohkon viljelykierto (alkaen vuodesta 2017) kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurmi – ohra – syysruis – härkäpapu.

1.1.3 Maaperä

Ravinteiden otto

Hankkessa selvitetiin vuosittain myös lannoituskäsittelyiden vaikutuksia ravinteiden ottoon, keskeinä typen ja fosforin otto. Ohran osalta vuonna 2019 tuottivat tarkastetut kierrätyslannoitteet yhtä korkean biomassasaton ja ohra kasvusto pystyi ottamaan myös yhtä hyvin fosforia (Taulukko 13).



Taulukko 13. Ohran fosforipitoisuus biomassassa, biomassasato ja fosforin otto verrattuna väkilannoitteeseen.

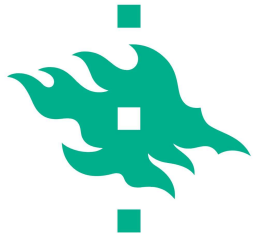
Lannoite	Fosfori, kg/t ka	Ohran bio- massa, t ka/ha	Fosforin otto, kg/ha
Väkilannoite	3,29	7,94	26,14
Agra 13	3,27	6,26	20,63
Ammoniumsulfaatti	3,19	7,20	22,40
Boost NKS	3,37	6,87	22,68
Ravinneseos	3,30	6,33	20,32
p-arvo	0,816	0,078	0,276

Nollakontrollilla vertailussa oli kierrätyslannoitteilla lannoitetun ohran fosforin pitoisuus biomassassa lannoittamatonta pienempi, mutta biomassa määrä taas isompi. Siitä johtuen fosforin otossa ei tullut tilastollisesti merkitseviä eroja (kaikissa käsittelyissä otettiin 16–22 kg P/vuodessa (Taulukko 14)).

Ohran fosfori biomassassa, biomassa ja fosforin otto, vertailussa nollakontrolli: nollakontrollilla fosforin pitoisuus biomassassa tilastollisesti merkitsevästi muita suurempi, mutta biomassan määrä muita pienempi. Fosforin otossa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 14. Ohran fosfori biomassassa, biomassa ja fosforin otto verrattuna nollakontrolliin.

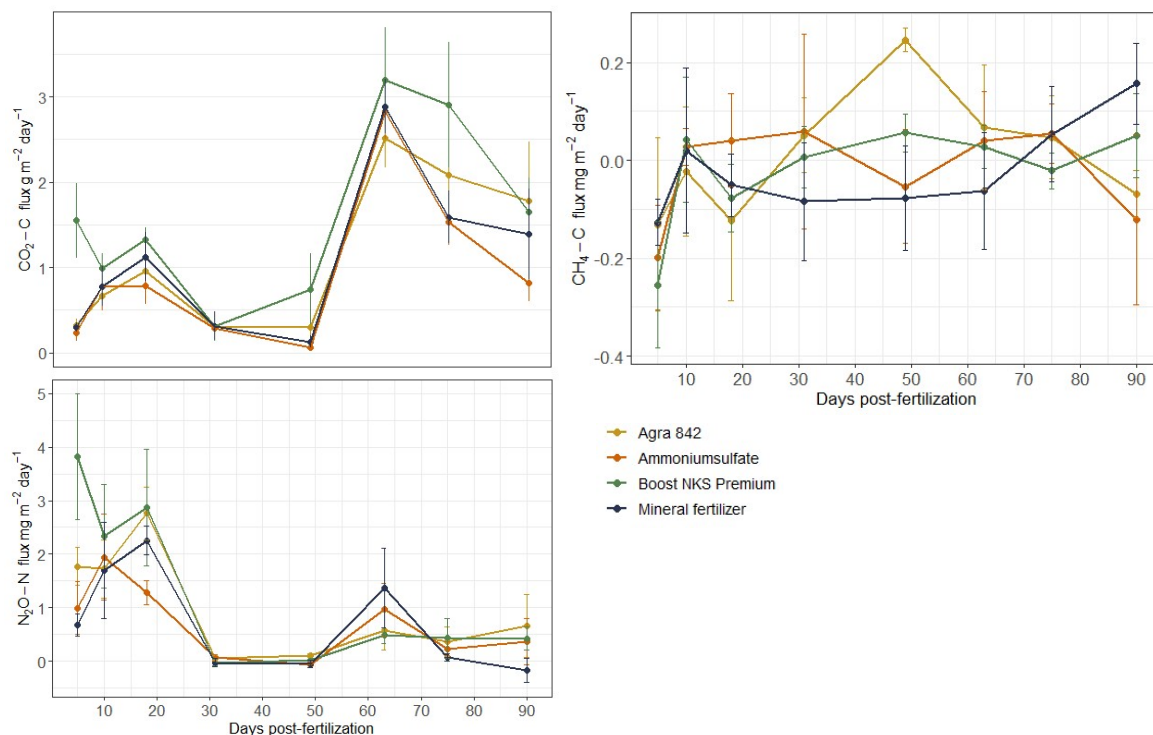
Lannoite	Fosfori, kg/t ka	Ohran bio- massa, t ka/ha	Fosforin otto, kg/ha
Nollakontrolli	3,81 a	4,39 b	16,72
Agra 13	3,27 b	6,26 a	20,63
Ammoniumsulfaatti	3,19 b	7,20 a	22,40
Boost NKS	3,37 b	6,87 a	22,68
Ravinneseos	3,30 b	6,33 a	20,32
p-arvo	0,003	0,002	0,114



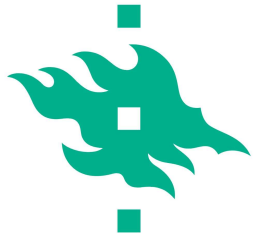
Kasvihuonekaasumittaukset ja typpihuuhtouma 2019

Kasvihuonekaasumittaukset suoritettiin kasvukausilla 2017- 2019. Vuosien 2017 ja 2018 mittaus-
tulokset on esitetty HYKERRYYS-hankkeen (2016 - 5/2019) loppuraportissa. Vuonna 2019 kas-
vihuonekaasumittauksia suoritettiin kammiomenetelmällä kauralta koko kasvukauden ajan (15.5-
8.8.2019) kahden viikon välein (yhteensä 8 kertaa) väkilannoitekontrollilta, ammoniumsulfaattikä-
sittelyltä (HSY), lihaluujauhokäsittelyltä (Ecolan Agra 8-4-2) sekä vinassikäsittelyltä (Soilfood Boost
NKS Premium). Kaasumittauksia ei voitu tehdä kaikilta lannoituskäsittelyiltä tutkimusvälineistön ra-
jallisen määrän vuoksi. Kaasuvirtaukset laskettiin Pihlatie ym. (2013) kuvatulla tavalla.

Kaasuvirtaukset olivat yleisesti samankaltaisia kaikilla käsittelyillä (kuva 10). Boost NKS Premium-
käsittelyllä oli viisi päivää lannoituksen jälkeen korkeimmat hiilidioksidin (CO_2) ja dityppioksidin
(N_2O) virtaukset, mutta tilanne tasaantui nopeasti muiden käsittelyiden tasolle. Agra 8-4-2 lihaluu-
jauhokäsittelyllä oli 50 päivää lannoituksen jälkeen merkittävästi korkeammat metaanipäästöt ver-
rattuna väkilannoitekontrolliin. Kuivan kesäkuun mittaustulokset jäivät alhaisiksi, sillä vesi rajoittaa
maan pieneliöstön toimintaa.



Kuva 10. Kasvukauden 2019 maan hiilidioksidin (CO_2), dityppioksidin (N_2O) ja metaanin (CH_4) vir-
taukset.



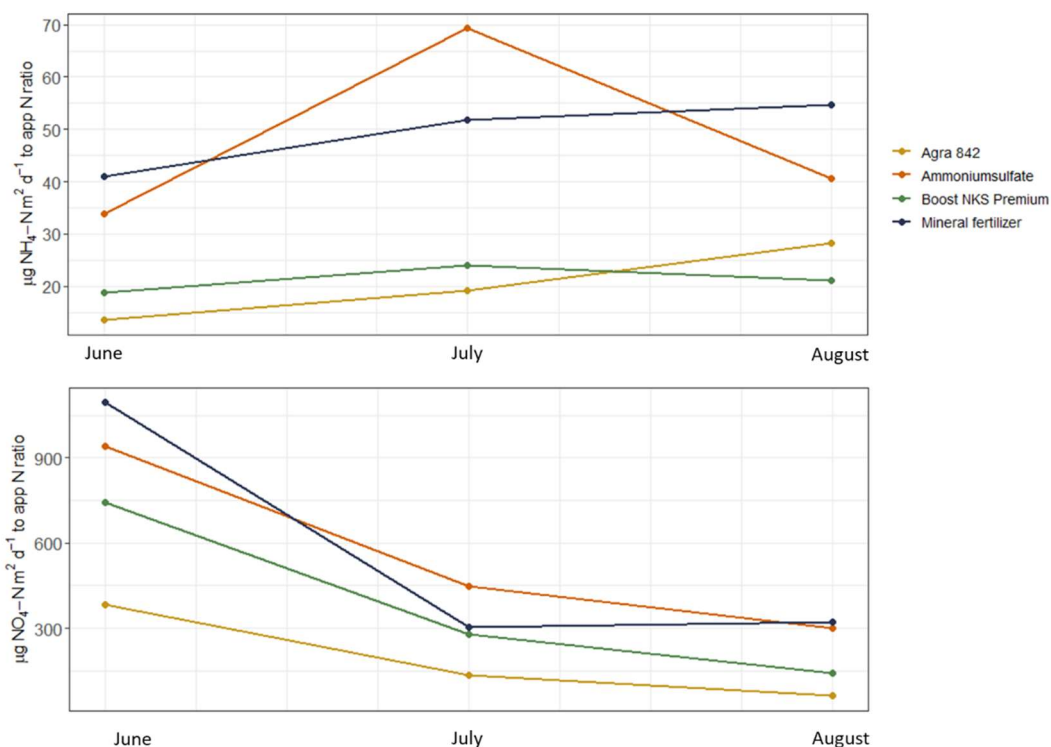
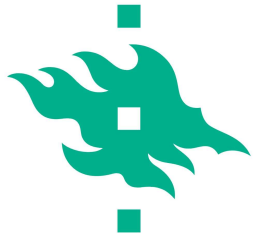
Typen huuhtoumaa tutkittiin vuonna 2019 asettamalla muokkauskerrokseen, 15-20cm syvyyteen asti ulottuvat maapatsasta ympäröivät muoviputket, joiden alle laitettiin ammonium- (NH_4) ja nitraattityppeä (NO_3) keräävät ionihartsipussit. Ionihartsipussit pidättivät maapatsaan läpi huuhtoutuneen typen, näin olleen saatiin alustavia tuloksia typen huuhtoutumispotentiaalista eri lannoitekäsittelyillä. Hartsipussit kerättiin analysoitavaksi kerran kuukaudessa, ja keräyksen yhteydessä tilalle vaihdettiin uudet pussit.

Orgaanisten käsittelyiden huuhtoumat ovat kaikkina tutkittuina ajankohtina olleet pienempiä kuin epäorgaanisilla käsittelyillä (taulukko 15, kuva 11). Alhaisimmat ammoniumtypen huuhtoumat olivat lihaluujauhokäsittelyllä (D_A) heinäkuussa 2019 ja nitraattitypellä elokuussa 2019. Ammoniumtypen osalta ero oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin ammoniumsulfaattikäsittelyllä (E_AS) ja nitraattitypen osalta tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin ammoniumsulfaatti- ja väkilannoitekäsittelyillä (B_VL). Typpilannoituksen määrään suhteutettuna erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä. Lihaluujauhokäsittelyssä kokonaistyyppiä levitettiin 40 kg N/ha. Muilla kierrätyslannoituskäsittelyillä (E_AS, C_NKS) typpilannoitus oli 100 kg N/ha ja väkilannoitekäsittelyllä 110 kg N-tot./ha (B_VL).

Taulukko 15. Tilastollinen vertailu ammoniumtypen (NH_4^+) ja nitraattitypen (NO_3^-) huuhtouma tutkituilta käsittelyiltä kolmen kuukauden vertailujaksolta vuonna 2019. D_A Ecolan Agra 8-4-2, E_AS HSY ammoniumsulfaatti, C_NKS Soilfood Boost NKS Premium, B_VL HY väkilannoitekontrolli. Kirjaimet keskiarvojen ($n=4$) perässä viittaavat tilastolliseen merkitsevyyteen. Samoilla kirjaimilla merkityt arvot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey HSD $p \leq 0,05$)

	ug $\text{NH}_4\text{-N}$ m ² päivässä				lannoituksen N-tot. (kg/ha)
	June	July	August		
D_A	28.35	19.15	b 13.58		40
E_AS	40.68	69.30	a 33.84		100
C_NKS	21.12	23.97	ab 18.85		100
B_VL	54.70	51.89	ab 40.95		110

	ug $\text{NO}_3\text{-N}$ m ² päivässä				lannoituksen N-tot. (kg/ha)
	June	July	August		
D_A	62.06	134.30	384.80	b	40
E_AS	301.15	447.29	939.67	a	100
C_NKS	134.11	279.36	741.68	ab	100
B_VL	321.47	304.63	1095.65	a	110



Kuva 11. Muokkauskerroksen ammoniumtyyppien (NH₄⁺) ja nitraattityyppien (NO₃⁻) huuhtouma kolmen kuukauden vertailujaksolla vuonna 2019.

Kaasujen mittauksessa sekä typpihuuhtoumien mittauksessa pyritään selvittämään mm. onko tyyppien vapautumisen ajankohdissa eroja orgaanisten kierrätyslannoitteiden ja epäorgaanista alkuperää olevien kierrätyslannoitteiden sekä mineraalilannoitteiden välillä.

Maan rakenne ja tiivistyminen (penetrometrinen vastus)

Lannoituskäsittelyjen vaikutuksia maaperän pintamaan (2,5–7,5 cm) vedenpidätyskykyyn, irtotiheyteen sekä huokoisuuteen määriteltiin syksyllä 2019 kauraruutuilta otetuista näytteistä ali- ja ylipainemenetelmillä vedenpidätyskäyrät kosteusalueella pF 1,5–4,2. Tilastollisesti merkitseviä eroja kierrätyslannoitteiden ja väkilannoitekontrollin välillä ei havaittu (Taulukko 16).



Taulukko 16. Maan vesipitoisuus eri imuissa (pF 1.5–4.2), irtotiheys, huokoisuus ja käyttökelpoisen veden määrä (hyötykapasiteetti) vuoden 2019 kauranruutuilta.

LANNOITUS	PF 1,5	PF 1,8	PF 2	PF 2,7	PF 3,4	PF 4,2	IRTO- TI- HEYS G/CM3	HUO- KOI- SUUS %	HYÖTY- KAPASI- TEETTI AWC
MINERLAN	40,6	39,0	38,9	34,5	31,1	25,1	1,0	63,4	14,5
RAVKUITU	42,0	40,3	40,4	35,7	32,5	26,8	0,9	65,1	13,5
SOILFOOD BOOST NPKS	39,0	37,3	37,2	33,4	30,3	23,7	0,9	66,2	14,5
AGRA	39,0	37,5	37,6	33,0	29,9	24,1	0,9	66,0	13,3
KOMPBH	39,9	37,9	37,8	33,1	30,1	24,7	0,9	65,3	13,2
P-ARVOT	0,360	0,417	0,381	0,443	0,346	0,790	0,541	0,535	0,875

Samalla määritettiin myös kestävien murujen osuus märkäseulonta-menetelmällä, mikä on oleellista tietoa liittyen käsittelyjen vaikutuksia eroosionkestävyydelle. Maamurujen kestävyys ja veden sameuteen ei eri kierrätyslannoitteet vaikuttaneet merkitsevästi kauralla v. 2019, mutta ohralla havaittiin ammoniumsulfaattilla nollakontrollia pienempi veden sameus eli turbiditeetti (Taulukko 17).

Taulukko 17. Ohran vedenkestävien maamurujen osuus ja turbiditeetti (sameus, veteen liuennut maa), a) vertailussa mineraalilannoitteen kanssa ja b) vertailu nollakontrollin kanssa.

a)

Lannoite	Vedenkestävät maamurut, %	Turbiditeetti (NTU/g ka)
Väkilannoite	80,0 %	11
Agra 842	81,7 %	11
Ammoniumsulfaatti	83,3 %	9
Boost NPKS	83,2 %	10
Ravinneseos	79,9 %	12
p-arvo	0,581	0,129



b)

Lannoite	Vedenkestävät maamurut, %	Turbiditeetti (NTU/g ka)
Nollakontrolli	77,7 %	13 a
Agra 842	81,7 %	11 ab
Ammoniumsulfaatti	83,3 %	9 b
Boost NPKS	83,2 %	10 ab
Ravinneseos	79,9 %	12 ab
p-arvo	0,297	0,026

Maan tiivistymistä (penetrometrinen vastus) mitattiin kaikilta ruuduilta joka vuosi sadonkorjuun jälkeen (taulukot 18 a-c vuoden 2020 tuloksilla). Mittaus tehtiin Eijkelkamp penetrologgerilla (06.15.SA, Eijkelkamp Soil & Water, Giesbeek, The Netherlands) 1 cm² kärjellä.

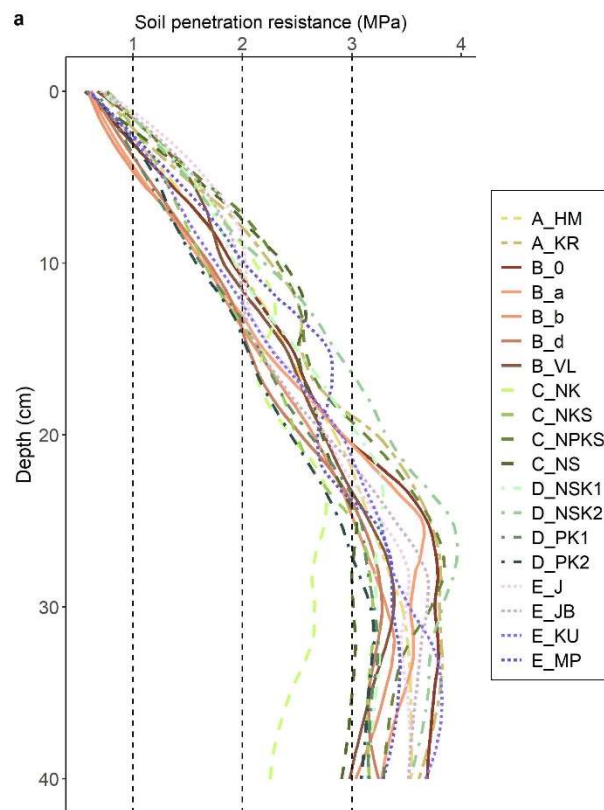
Yksikään lannoituskäsittely ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi lannoittamattomasta kontrollikäsittelystä viherlannoitusnurmella (taulukko 18 a) tai ohralla (taulukko 18 b), mutta rukiilla (taulukko 18 c) Soilfood Oy:n Boost NKS-ruuduilla penetrometrinen vastus oli suurempi verrattuna kontrolliruutuihin B_a (keskisuuri typpiporras), B_b (korkea typpiporras), B_d (matala typpiporras) sekä Ecolanin ruutuihin D_A13 (Agra 13-0-0), D_NSH (Agra NS 3-0-0) ja HSY:n ruudulla E_L (Lietekomposti/ ammoniumsulfaatti).

Taulukko 18 (a,b,c). Maan penetrometrinen vastus kasvilohkoittain vuonna 2020. Kirjaimet keskiarvojen (n=4) perässä viittaavat tilastolliseen merkitsevyyteen. Samoilla kirjaimilla merkityt arvot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey HSD $p \leq 0,05$).

a) Viherlannoitusnurmella	Maan penetrometrinen vastus (MPa)				
Käsittely	0-5 cm	6-10 cm	11-15cm	16-20cm	21-25 cm
A_HM	1.0	1.7	2.2	2.7	3.1
A_KR	1.0	2	2.5	2.8	3.6
B_0	0.9	1.7	2.2	2.7	3.4
B_a	0.8	1.4	2	2.6	3.3
B_b	0.8	1.4	1.9	2.4	2.9
B_d	0.9	1.5	1.9	2.3	2.9
B_VL	1.1	1.7	2.2	2.6	3
C_NK	1.2	1.9	2.3	2.3	2.7
C_NKS	1.0	1.5	1.9	2.4	2.8
C_NPKS	1.1	2.1	2.5	2.8	3.5
C_NS	1.0	2	2.6	2.6	2.9



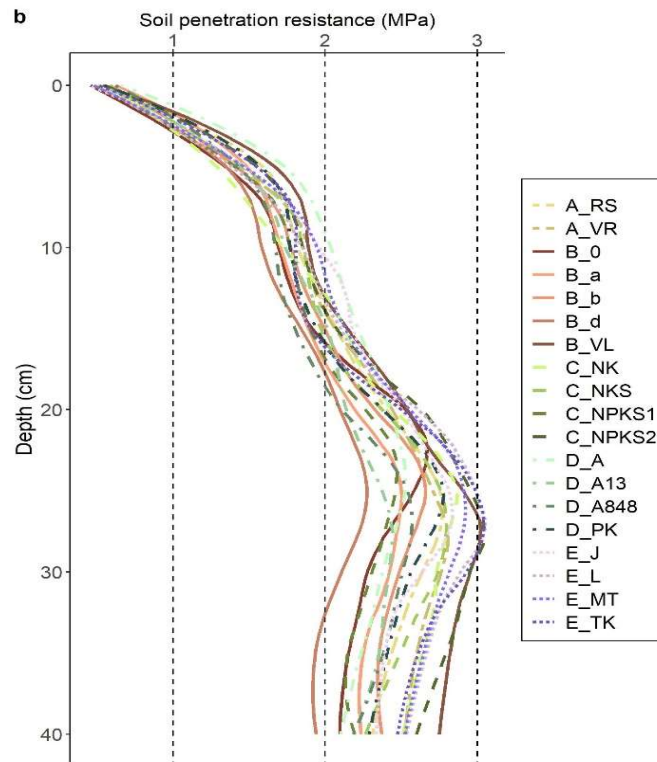
D_NSK1	1.1	1.8	2.2	2.9	3.2
D_NSK2	1.1	1.9	2.6	3.1	3.7
D_PK1	0.9	1.4	2	2.4	2.9
D_PK2	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
E_J	1.2	1.9	2.1	2.6	3
E_JB	1.2	1.8	2	2.5	3.2
E_KU	1.0	1.6	2.1	2.7	3.1
E_MP	1.0	1.8	2.5	2.8	2.9



18 a. Viherlannoitusnurmen penetrometrinen vastus 2020. Lannoituskäsittelyt viittaavat kauralle keväällä 2019 levitettyjä lannoitteita kaikilla muilla ruuduilla paitsi Ecolan Oy:n ruuduilla, joille levitettiin lannoitteita myös keväällä 2020. Käsittelyt: A_HM Soilfood Maanparannuslannos (levitysjankkohta syksy -16), A_KR Soilfood Ravinnekuitu (syksy -16), B_0 HY Lannoittamaton kontrolli, B_a HY keskisuuri typpiporras, B_b HY korkea typpiporras, B_d HY matala typpiporras, B_VL HY väkilannoite, C_NK Soilfood Boost NK, C_NKS Soilfood Boost NKS Premium, C_NPKS Soilfood Boost NPKS, C_NS Soilfood Boost NS, D_NSK1 & D_NSK2 Ecolan Agra NS + Patenttikali, D_PK1 & D_PK2 Ecolan Patenttikali, E_J HSY Biojätekomposti (syksy -16), E_JB HSY Biojätekomposti biohiilellä (syksy -16), E_KU HSY Biokuitukomposti (syksy -16), E_MP HSY maanparannuskomposti (syksy -16). HSY:n ruudut lannoitettu keväällä 2019 ammoniumsulfaatilla.



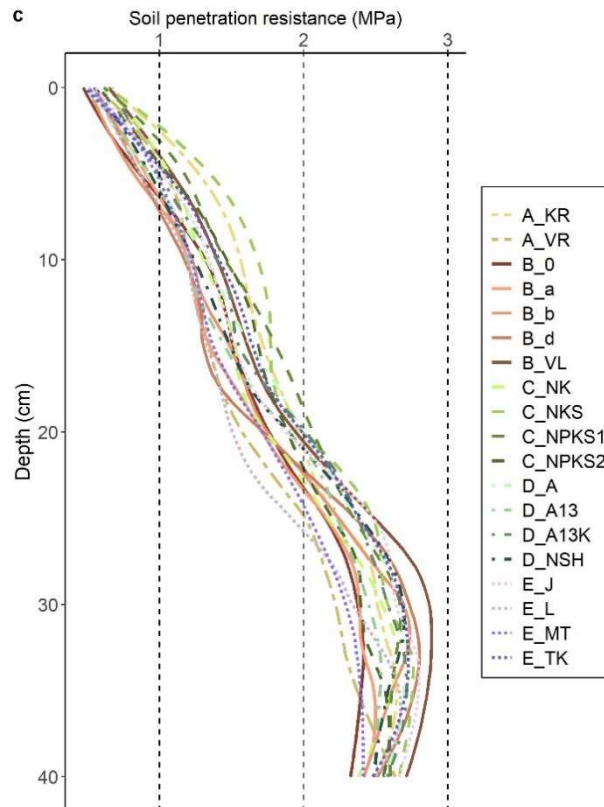
b) Ohra		Maan penetrometrinen vastus (MPa)				
Käsittely		0-5 cm	6-10 cm	11-15cm	16-20cm	21-25 cm
A_RS		1.1	1.8	2	2.3	2.5
B_0		0.9	1.6	1.8	2.3	2.6
B_a		1.1	1.6	1.8	2.1	2.3
B_b		1.0	1.7	1.9	2.2	2.4
B_d		1.0	1.5	1.7	2	2.2
B_VL		1.2	1.9	2	2.4	2.6
C_NK		0.9	1.6	2	2.3	2.5
C_NKS		1.0	1.8	1.9	2.2	2.5
C_NPKS1		1.1	1.7	1.9	2.3	2.7
C_NPKS2		0.9	1.7	1.9	2.2	2.4
D_A13(1)		1.3	1.9	2.1	2.3	2.5
D_A13(2)		1.0	1.7	1.9	2.1	2.2
D_NS1		1.1	1.6	1.7	2	2.2
D_NS2		1.1	1.7	1.9	2.2	2.5
E_AS		1.0	1.8	2.1	2.4	2.6



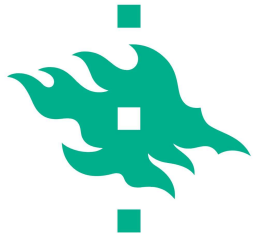
18 b. Ohraruutujen penetrometrinen vastus 2020. Arvot ovat neljän replikaatin keskiarvoja. Kirjaimet arvojen perässä viittaavat tilastolliseen merkittävyyteen. Samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Käsittelyt: A_RS Soilfood Väkevä ravinne seos, B_0 HY Lannoittamaton kontrolli, B_a HY keskisuuri typpiporras, B_b HY korkea typpiporras, B_d HY matala typpiporras, B_VL HY väkilannoite, C_NK Soilfood Boost NK, C_NKS Soilfood Boost NKS Premium, C_NPKS1 Soilfood Boost NPKS, C_NPKS2 Soilfood Boost NPKS Premium, D_A13 Ecolan Agra 13-0-0, D_NS Ecolan Agra NS 3-0-0, E_AS HSY ammoniumsulfaatti.



c) Ruis	Maan penetrometrinen vastus (MPa)					
Käsittely	0-5 cm	6-10 cm	11-15cm	16-20cm	21-25 cm	
A_KR	1.0	1.5 ab	1.6	1.9	2.1	
A_VR	0.8	1.2 ab	1.3	1.5	1.8	
B_0	0.6	1.2 ab	1.5	1.7	2	
B_a	0.7	1.1 a	1.3	1.6	2	
B_b	0.7	1.1 a	1.4	1.6	2.1	
B_d	0.7	1 a	1.3	1.5	2.1	
B_VL	0.9	1.3 ab	1.5	1.8	2.3	
C_NK	0.9	1.2 ab	1.4	1.6	2	
C_NKS	1.0	1.6 b	1.8	1.8	2.3	
C_NPKS1	0.9	1.3 ab	1.7	2	2.2	
C_NPKS2	0.8	1.3 ab	1.6	1.8	2.1	
D_A	0.7	1.2 ab	1.5	1.9	2.2	
D_A13	0.7	1.1 a	1.3	1.7	2.1	
D_A13K	0.8	1.2 ab	1.5	1.8	2.2	
D_NSH	0.8	1.1 a	1.4	1.7	2.2	
E_J	0.8	1.2 ab	1.5	1.7	2.2	
E_L	0.7	1.1 a	1.3	1.4	1.7	
E_MP	0.8	1.1 ab	1.3	1.6	1.9	
E_TK	0.8	1.3 ab	1.6	1.8	2.2	



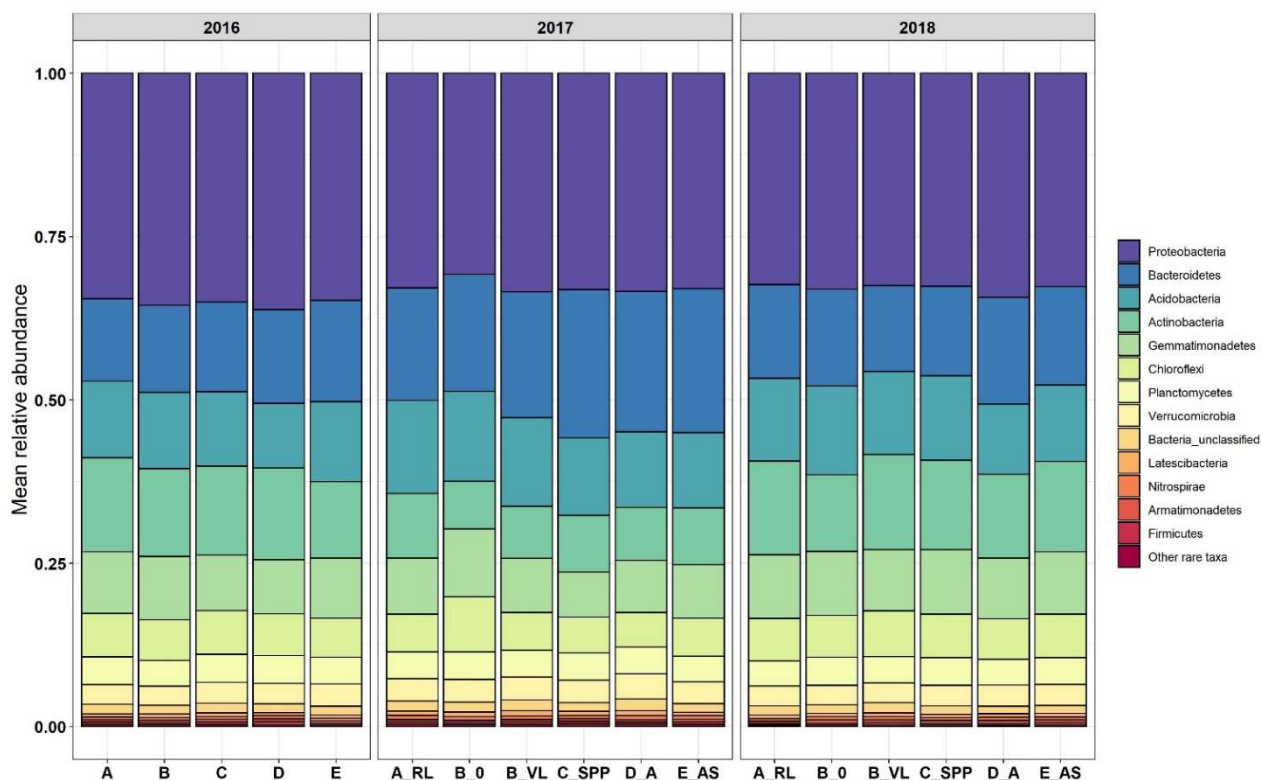
18 c. Ruisruutujen penetrometrinen vastus 2020. Arvot ovat neljän replikaatin keskiarvoja. Kirjaimet arvojen perässä viittaavat tilastolliseen merkittävyyteen. Samalla kirjaimella merkityt arvot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Käsittelyt: A_HM Soilfood Maanparannuslannos, A_KR Soilfood Ravinnekuitu, B_0 HY Lannoittamaton kontrolli, B_a HY keskisuuri typpiporras, B_b HY



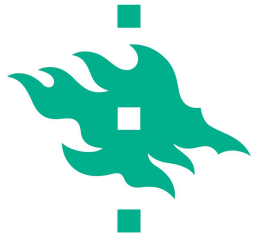
korkea typpiporras, B_d HY matala typpiporras, B_VL HY väkilannoite, C_NK Soilfood Boost NK, C_NKS Soilfood Boost NKS Premium, C_NPKS Soilfood Boost NPKS, C_NS Soilfood Boost NS, D_A Ecolan Agra 8-4-2, D_A13 Evolan Agra 13-0-0, D_A13K Ecolan Agra 13-0-0 + Patenttikali, D_NSH Ecolan Agra NS 3-0-0, E_J HSY Biojätekomposti (syksy -19), E_L HSY Lietekomposti (syksy -19), E_MP HSY maanparannuskomposti (syksy -19), E_TK HSY tuorekomposti (syksy -19). HSY:n ruuduilla rukiin kevtlannoitukseen käytetty ammoniumsulfaattia.

Maan sienien ja bakteerien taksonomia ja diversiteetti

Hankkeessa analysoitiin vuosittain kerätyistä maanäytteistä bakteerien ja sienien lajiston monimuotoisuutta ja lajiston taksonomiaa. Tulokset ovat valmistuneet vuosilta 2016-2018 kerätyistä näytteistä, joista sekvensoitiin sienien ja bakteerien DNA. Tuloksia tullaan tarkastelemaan tarkemmin tohtorikoulutettava Jure Zrimin väitöskirjassa. Runsaimmat bakteeripääjaksot maaperässä olivat Proteobakteerit (32%), Bacteroidetes (16%), Acidobakteerit (14%) ja Gemmatimonadetes (10%) (kuva 12). Vuonna 2018 Actinobakteerien pääjaksen lajit olivat tilastollisesti merkitsevästi runsaammat väkilannoitekontrollilla kuin lannoittamattomalla kontrollilla. Ammoniumsulfaattiruuduilla Firmicutes-pääjaksen bakteeristo oli tilastollisesti merkitsevästi runsaampi kuin lannoittamattomalla kontrollilla.

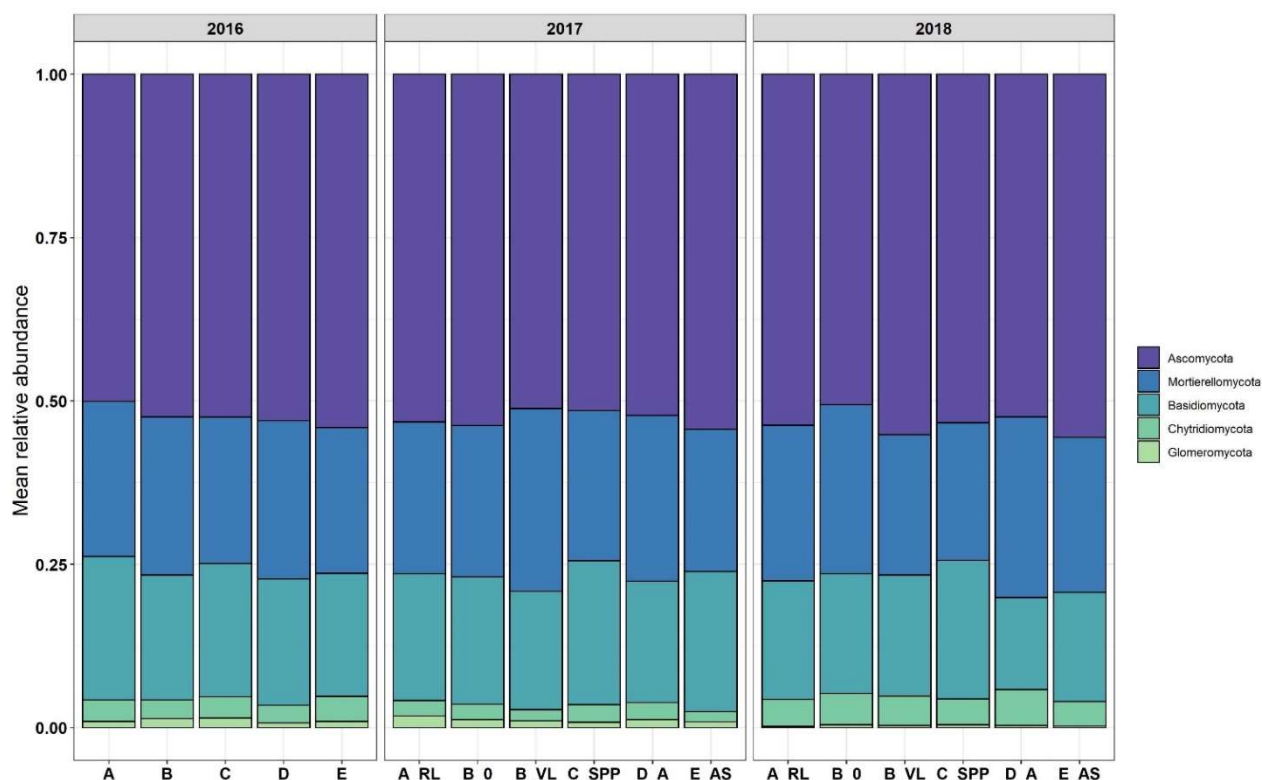


Kuva 12. Bakteerilajisto pääjaksoittain kolmen vuoden tutkimusajavälillä (2016-2018). A_RL Soilfood Ravinliete (lietemäinen biokaasumädätejäännös), B_0 lannoittamaton kontrolli, B_VL



väkilannoitekontrolli, C_SPP Tuhala Bio Oy matokomposti (Tuhala bio Oy:n ruudut vuodesta 2019 lähtien Soilfood II-ruutuja), D_A Ecolan Agra 8-4-2, E_AS HSY ammoniumsulfaatti.

Runsaimmat sienilajien määrät olivat väkilannoiteruuduilla sekä matokompostiruuduilla (kuva 13). Kolme runsainta sienten pääjaksoa olivat Ascomycota (51%), Basidiomycota (30%) ja Mortierellomycota (12%). Sienien pääjaksojen runsaudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyiden välillä.

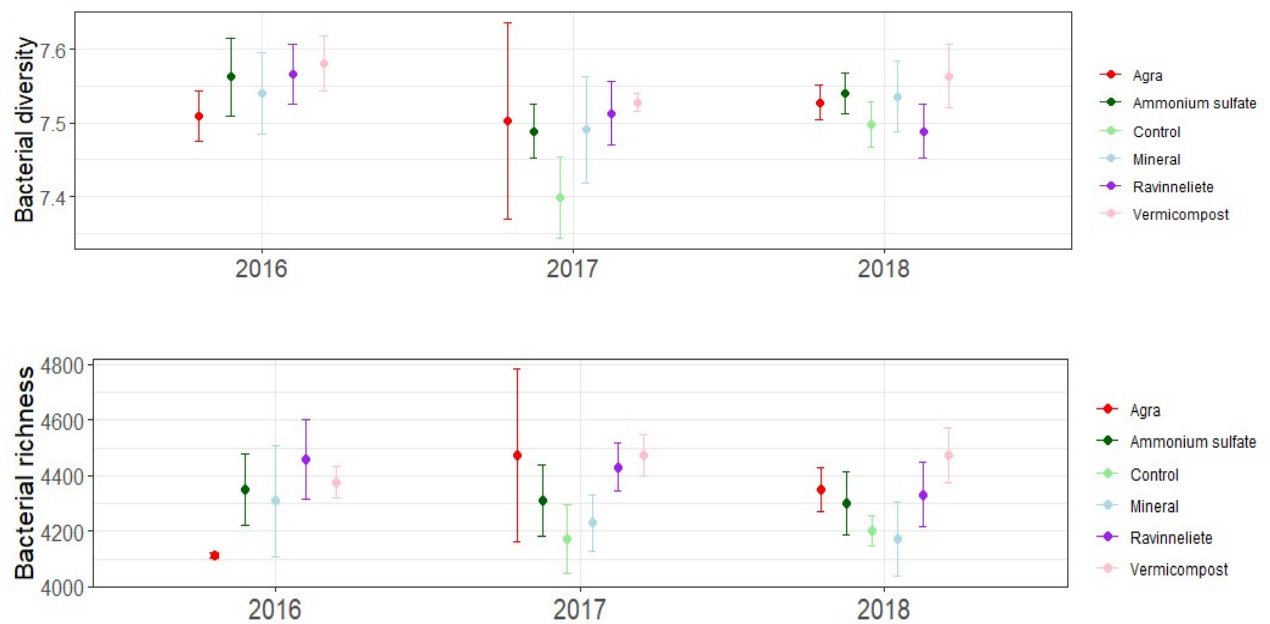


Kuva 13. Sienilajisto pääjaksoittain kolmen vuoden tutkimusaikavälillä (2016-2018). A_RL Soilfood Ravinnetiete (lietemäinen biokaasumädätejäännös), B_0 lannoittamaton kontrolli, B_VL väkilannoitekontrolli, C_SPP Tuhala Bio Oy matokomposti (ruutu vuodesta 2019 Soilfood II), D_A Ecolan Agra 8-4-2, E_AS HSY ammoniumsulfaatti.

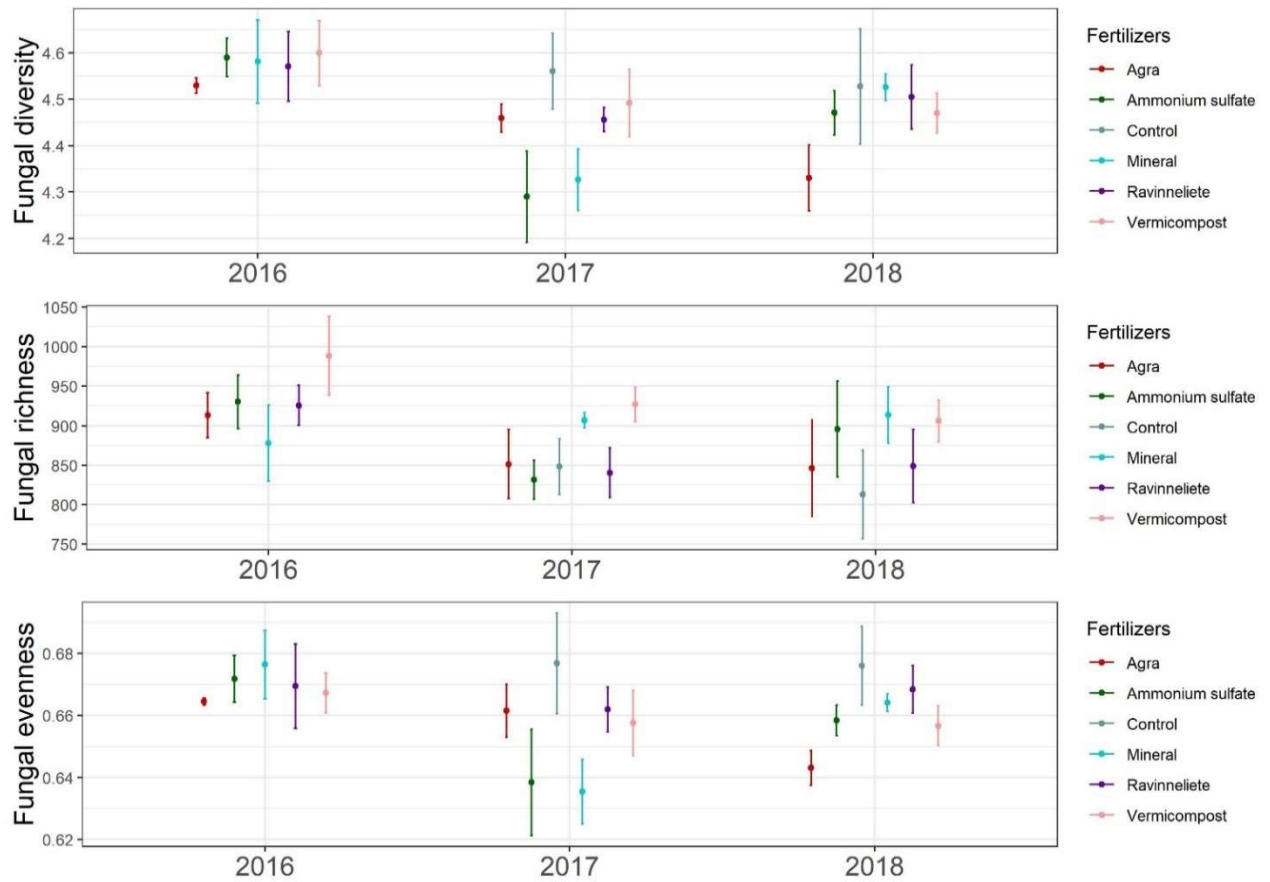
Lajiston monimuotoisuus (diversity) määrittää elinympäristön monimuotoisuutta. Se ottaa huomioon lajien määrän ja yksittäisen lajin runsauden. Lajirikkaus (richness) kuvaa lajien lukumäärää näytteessä ja tasaisuus (evenness) mittaa lajien relatiivista runsautta alueella (kuvat 14 ja 15). Bakteerilajiston monimuotoisuudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja lannoituskäsittelyiden välillä tutkitulla ajanjaksolla (kuva 14). Sienilajisto oli monimuotoisinta lannoittamattomassa kontrollissa, matokompostikäsittelyllä sekä lietemäisellä biokaasumädätteellä (Ravinnetiete) (kuva 15). Monimuotoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempaa ammoniumsulfaattikäsittelyllä, väkilannoitekäsittelyllä ja lihaluujauhokäsittelyllä (Agra 8-4-2) vuonna 2017, mutta erot tasaantuivat vuonna 2018 muilla käsittelyillä paitsi lihaluujauhokäsittelyllä,



jolla sienilajiston monimuotoisuus aleni vuoden 2017 tasosta. Sienilajistoltaan lajirikkaimmat käsittelyt olivat väkilannoitekontrolli ja matokompostikäsitteily.



Kuva 14. Bakteerilajiston alfa-diversiteetti käsittelyiden välillä 2016-2018. Janat keskiarvojen molemmiin puolin esittävät keskivirheen. Vuoden 2016 näytteet otettu ennen kokeen aloittamista.

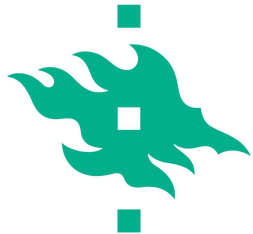


Kuva 15. Sienilajiston monimuotoisuus, lajirikkaus ja lajiston tasaisuus aikavälillä 2016-2018. Janat keskiarvojen molemmin puolin esittävät keskivirheen. Vuoden 2016 näytteet otettu ennen kokeen aloittamista

Maan hiilipitoisuuden (%) muutos kasvilohkoittain

Maan hiilipitoisuus on analysoitu vuosittain sadonkorjuun jälkeen kerätyistä maanäytteistä. Vuosina 2016-2018 näytteiden hiilipitoisuus analysoitiin VarioMax CN analysaattorilla (Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Saksa) ja vuosina 2019-2020 LECO 828 CN analysaattorilla (Leco Corporations, Michigan, Yhdysvallat). Mahdollisten laitteiden välisten erojen vuoksi taulukoissa 19-21 hiilipitoisuuden muutoksia on verrattu vuosien 2016-2018 ja 2019-2020 välillä koko aineisto välisten (2016-2020) vertailuiden lisäksi.

Soilfood Oy:n ja HSY:n lannoitus suunnitelmissa syysrukiin alle levitetään komposteja (yhdyskuntajätepohjaiset kompostit, neljä eri käsittelyä) ja maanparannusaineita. Näiden tuotteiden mukana viljelykierrossa annetaan suurimmat kertaluontoiset hiililisäykset. Kasvilohkoilla, joilla viljelykierto aloitettiin syksyllä 2016 syysrukiilla oli suurimmat hiilipitoisuuden kasvut ruuduilla, joille lisättiin syksyllä 2016 bioenergiateollisuuden sivutuotteena syntyvää kiinteää mädätettä



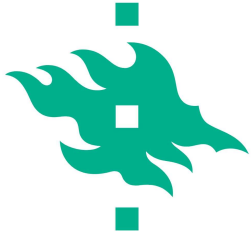
(kauppanimi Hämeenlinnan maanparannusaine, (Soilfood Oy)) ja ruuduilla, joille lisättiin paperiteollisuuden jätevesien puhdistuksesta kerättyä kompostoitua sekalietettä (kauppanimi Kotkan ravinnekuitu, (Soilfood Oy)). Kyseisillä ruuduilla on rukiin kevätlannoituksessa ja muiden viljelykierron lannoituksissa käytetty lietemäistä biokaasumädätettä (kauppanimet Ravinneliete, Ravinneseos, Väkevä ravinneseos, (Soilfood Oy)).

Ravinnekuidulla käsitellyillä ruuduilla (n=4) sekä Hämeenlinnan maanparannuslannoksella syksyllä 2016 käsitellyillä ruuduilla hiilipitoisuus (%) oli vuonna 2018 tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin lannoittamattomalla kontrollilla ja kaikilla typpiporraskontrolleilla (taulukko 19). Vuonna 2020 ravinnekuituruuduilla oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi hiilipitoisuus kuin lannoittamattomalla kontrollilla ja suurella typpiporraskontrollilla. Hämeenlinnan maanparannuslannoksella käsitellyillä ruuduilla oli vuonna 2020 tilastollisesti merkitsevästi suurempi hiilipitoisuus kuin lannoittamattomalla käsittelyllä, keskisuurella typpiporraskäsittelyllä sekä suurella typpiporraskäsittelyllä. Muiden kierrätyslannoitekäsittelyiden hiilipitoisuudet eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan tai kontrollikäsittelyistä.

Hiilipitoisuuden muutos ravinnekuitukäsittelyllä ja Hämeenlinnan maanparannuslannoksella oli tilastollisesti merkitsevä verrattuna lannoittamattomaan kontrolliin ja kaikkiin typpiporraskontrolleihin vertailukaudella 2016-2018. Vuosien 2016-2020 välisessä vertailussa ravinnekuitukäsittelyn muutos oli tilastollisesti merkitsevä verrattuna lannoittamattomaan kontrolliin ja korkeaan typpiporraskontrolliin verrattuna. Hämeenlinnan maanparannuslannoskäsittelyn muutos oli tilastollisesti merkitsevä verrattuna lannoittamattomaan kontrolliin, keskisuureen ja suureen typpiporraskontrolliin sekä väkilannoitekontrolliin verrattuna.

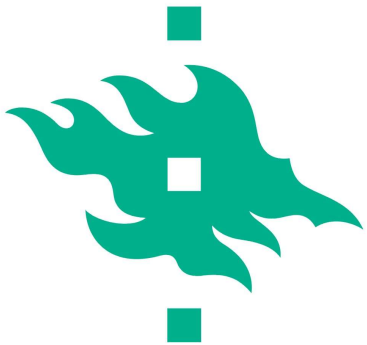
Kasvilohkoilla, joilla viljelykierto aloitettiin keväällä 2017 härkäpavulla, ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja vuosittaisissa käsittelyiden välisissä pareittaisvertailuissa tai hiilipitoisuuden muutoksissa tutkittuina ajankohtina (taulukko 20). Kyseisille kasvilohkoille ei ole levitetty vielä vuoteen 2020 mennessä merkittäviä kerta-annoksia hiilipitoisia komposteja tai maanparannusaineita.

Kauralla keväällä 2017 aloitetuilla kasvilohkoilla oli ennen kokeen aloittamista otetuissa näytteissä tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta myöhemmin ajankohtina otetuissa näytteissä erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 21). Kasvilohkolle levitettiin syksyllä 2019 bioenergiateollisuuden sivutuotteena syntyvää kiinteää mädätettä (kauppanimi Väkevä ravinnelannos (Soilfood Oy)) ja paperiteollisuuden jätevesien puhdistuksesta kerättyä kompostoitua sekalietettä (kauppanimi Ravinnekuitu I (Soilfood Oy)) sekä neljää erilaista yhdyskuntajätepohjaista, eri tavoin käsiteltyä kompostia (Biojätekomposti, Lietekomposti, maanparannuskomposti ja tuorekomposti (HSY)). Maanparannusainekäsittelyt vastaavat vuoden



2016 käsittelyjä. Kompostikäsittelyissä maanparannuskomposti ja biojätekomposti ovat samoja käsittelyitä kuin vuonna 2016 levitetyt kompostit, mutta biokuitukompostin ja biohiilellä ympätyn biojätekompostin tilalla oli vuonna 2019 puhdistamolietepohjaiset tuorekomposti- ja lietekompostikäsittelyt. Maanparannusaine- ja kompostikäsittelyt ovat nostaneet maan hiilipitoisuutta lähes kaikilla käsittelyillä, mutta erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Vuonna 2016 syysrukiilla aloitetuilla kasvilohkoilla oli myös nähtävissä, että vuoden mittaisella tutkimusvälillä muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Maan hiilipitoisuuden muutoksiin vaikuttaa lannoituksen mukana lisätyn hiilen lisäksi kasvi- ja juuristobiomassan määrä ja maanmuokkausmenetelmät. Esimerkiksi kasvitähteistä ja juuriston biomassasta muodostuu vähitellen maaperän orgaanista ainesta, joten viljelykasvi ja satomäärät vaikuttavat merkittävästi hiilipitoisuuden muutoksiin. Tulokset maan hiilipitoisuuden muutoksista täydentyvät viisivuotisen viljelykierron sulkevan kasvukauden 2021 jälkeen HYKERRYYS 3-hankkeessa.



Taulukko 19. Maan hiilipitoisuus (%) ja pitoisuuden muutos (+/-) kasvilohkoilla, joilla viljelykierto aloitettiin syksyllä 2016 syysrukiilla. Soilfood II-ruutu oli vuosina 2016-2018 hankkeesta jättäytyneen Tuhala Bio Oy:n pääruutu matokompostilannoituksineen. Kirjaimet keskiarvojen (n=4) perässä viittaavat tilastolliseen merkitsevyyteen. Samoilla kirjaimilla merkityt arvot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey HSD $p \leq 0,05$). Vln = viherlannoitusnurmi, PK = Patenttikali.

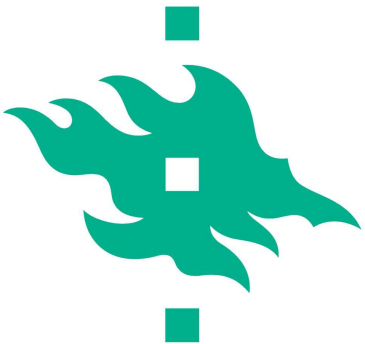
Kasvilohkon viljelykierto: syysruis - härkäpapu - kaura - vln - ohra													
Osallistuja	Lannoitus					Hiili (C), %					Muutos		
	Ruis 2016	Ruis kevät 2017	Härkäpapu 2018	Kaura 2019	Vln 2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016-2018	2019-2020	2016-2020
HY	Lannoittamaton				-	3,68	3,57	3,56 a	3,25 ab	3,25 a	-0,12 a	0,00	-0,43 a
	Väkilannoite				-	3,68	3,56	3,63 ab	3,21 ab	3,33 abc	-0,05 ab	0,12	-0,35 ab
	Matala typpiporras				-	3,68	3,57	3,58 a	3,16 a	3,35 abc	-0,10 a	0,19	-0,33 abc
	Keskisuuri typpiporras				-	3,68	3,57	3,45 a	3,25 ab	3,30 ab	-0,23 a	0,04	-0,39 ab
	Korkea typpiporras				-	3,68	3,57	3,59 a	3,11 a	3,22 a	-0,09 a	0,11	-0,46 a
Soilfood I	Kotkan ravinnekuitu	Ravinneliete	Ravinneliete	Ravinneseos	-	3,65	3,93	4,11 b	3,46 ab	3,89 bc	0,46 b	0,44	0,24 bc



	Hämeenlinnan maanparannuslannos	Ravinneliete	Ravinne- liete	Ravin- neseos	-	3,65	4,23	4,11 b	3,76 b	3,95 c	0,46 b	0,20	0,3 c
Soilfood II	Matokom- posti	Matokom- posti	Matokom- posti	Boost NK	-	3,69	3,78	3,89 ab	3,41 ab	3,50 abc	0,20 ab	0,10	-0,19 abc
	Matokom- posti	Matokom- posti	Matokom- posti	Boost NKS Pre- mium	-	3,69	3,88	3,83 ab	3,41 ab	3,64 abc	0,14 ab	0,21	-0,05 abc
	Matokom- posti	Matokom- posti	Matokom- posti	Boost NPKS	-	3,69	3,78	3,89 ab	3,42 ab	3,55 abc	0,20 ab	0,13	-0,15 abc
	Matokom- posti	Matokom- posti	Matokom- posti	Boost NS	-	3,69	3,88	3,83 ab	3,38 ab	3,51 abc	0,14 ab	0,13	-0,18 abc
Ecolan	Erikois-Viljo	Ei lannoi- tusta	Patenttikali	Agra 13- 0-0	Patentti- kali (1)	3,81	3,76	3,82 ab	3,46 ab	3,51 abc	0,02 ab	0,05	-0,29 abc
	Erikois-Viljo	Mikrobival- miste	Se-Agra 7,6-4-6 + Mikrobival.	Agra 13- 0-0 + PK	Agra NS 3- 0-0 + PK (2)	3,81	3,92	3,95 ab	3,35 ab	3,69 abc	0,15 ab	0,34	-0,12 abc
	Perus-Viljo	Agra 8-4-2	Agra 8-4-2	Agra 8-4-2 + Mn-lisä	Agra NS 3- 0-0 + PK (1)	3,81	4,01	3,85 ab	3,54 ab	3,52 abc	0,05 ab	-0,03	-0,29 abc
	Perus-Viljo	Agra 8-4-2 + mikrobival.	Seleeni- Agra 7,6-4- 6	Agra 8- 4-2	Patentti- kali (2)	3,81	3,85	3,95 ab	3,29 ab	3,61 abc	0,14 ab	0,32	-0,20 abc
HSY	Biojätekom- posti	Ammoniumsulfaatti			-	3,89	3,97	3,89 ab	3,50 ab	3,65 abc	0,00 ab	0,16	-0,24 abc



	Biojätekom- posti biohii- lellä	Ammoniumsulfaatti	-	3,89	3,82	3,89 ab	3,34 ab	3,47 abc	0,00 ab	0,13	-0,42 a
	Biokuitukom- posti	Ammoniumsulfaatti	-	3,89	3,86	3,89 ab	3,41 ab	3,53 abc	0,00 ab	0,12	-0,36 ab
	Maanparan- nuskomposti	Ammoniumsulfaatti	-	3,89	3,90	3,89 ab	3,48 ab	3,74 abc	0,00 ab	0,27	-0,15 abc



Taulukko 20. Maan hiilipitoisuus (%) ja hiilipitoisuuden muutos kasvilohkoilla (n=4), joilla viljelykierto aloitettiin keväällä 2017 härkäpavulla. Vln = viherlannoitusnurmi, PK = Patenttikali.

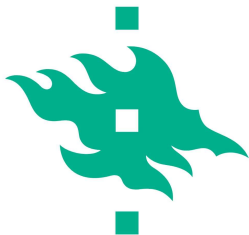
Kasvilohkon viljelykierto: härkäpapu - kaura - vln - ohra - syysruis												
Ruutu	Lannoitus				Hiili (C), %					Muutos		
	Härkäpapu 2017	Kaura 2018	Vln 2019	Ohra 2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016-1018	2019-2020	2016-2020
HY	Lannoittamaton		-	Lannoittamaton	3,63	3,52	3,52	3,15	3,27	-0,11	0,12	-0,36
	Väkilannoite		-	Väkilannoite	3,63	3,59	3,53	3,10	3,27	-0,11	0,17	-0,36
	Matala typpiporras		-	Matala typpiporras	3,63	3,44	3,42	3,16	3,23	-0,21	-0,09	-0,45
	Keskisuuri typpiporras		-	Keskisuuri typpiporras	3,63	3,69	3,60	3,21	3,26	-0,03	0,05	-0,37
	Korkea typpiporras		-	Korkea typpiporras	3,63	3,62	3,52	3,33	3,18	-0,12	0,02	-0,40
Soilfood I	Ravinneliete	Ravinneliete	-	Väkevä ravinneseos	3,67	3,77	3,74	3,34	3,42	0,07	0,09	-0,26
Soilfood II	Matokomposti	Matokomposti	-	Boost NK	3,50	3,64	3,65	3,24	3,39	0,15	0,15	-0,11
	Matokomposti	Matokomposti	-	Boost NKS Premium	3,50	3,54	3,63	3,16	3,25	0,12	0,10	-0,25
	Matokomposti	Matokomposti	-	Boost NPKS	3,50	3,64	3,16	3,16	3,33	0,15	0,17	-0,17
	Matokomposti	Matokomposti	-	Boost NPKS Premium	3,50	3,54	3,18	3,18	3,57	0,12	0,40	0,07
Ecolan	Patenttikali	Mikrobivalmiste	Agra 13-0-0 + PK	Agra 13-0-0 (1)	3,65	3,49	3,41	3,19	3,24	-0,41	0,18	-0,41



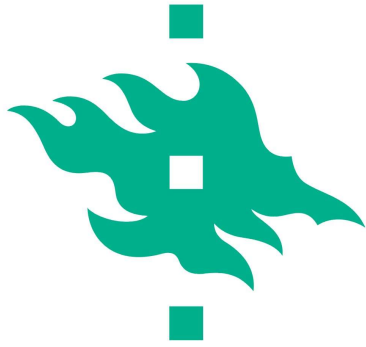
	Se-Agra + Mik-robival.	Se-Agra + Mik-robival.	Patenttikali	Agra NS 3-0-0 (1)	3,65	3,54	3,57	3,21	3,23	-0,08	0,02	-0,41
	Agra 8-4-2	Agra 8-4-2	Agra 13-0-0	Agra 13-0-0 (2)	3,65	3,43	3,57	3,27	3,27	-0,09	-0,01	-0,39
	Se-Agra 7,6-4-6	Se-Agra 7,6-4-6	Agra 13-0-0	Agra NS 3-0-0 (2)	3,65	3,53	3,47	3,07	3,24	-0,18	0,17	-0,42
HSY	Ammoniumsulfaatti		-	Ammoniumsulfaatti	3,71	3,85	3,85	3,37	3,51	0,14	0,14	-0,14

Taulukko 21. Maan hiilipitoisuus (%) ja hiilipitoisuuden muutos kasviloikoilla (n=4), joilla viljelykierto aloitettiin keväällä 2017 härkäpavulla. Vln = viherlannoitusnurmi, PK = Patenttikali. Vuoden 2018 viherlannoitusnurmien data puuttuu. Kirjaimet keskiarvojen (n=4) perässä viittaavat tilastolliseen merkitsevyyteen. Samoilla kirjaimilla merkityt arvot eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukey HSD $p \leq 0,05$).

Kasviloikon viljelykierto: kaura - vln - ohra- syysruis - härkäpapu													
Ruutu	Lannoitus			Hiili (C), %							Muutos		
	Kaura 2017	vln 2018	Ohra 2019	Ruis syksy 2019	Ruis kevät 2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016-1018	2019-2020	2016-2020
HY	Lannoittamaton	-	Lannoittamaton			3,50 ab	3,63	-	3,31	3,21	-	-0,10	-0,30
	Väkilannoite	-	Väkilannoite			3,50 ab	3,71	-	3,36	3,29	-	-0,07	-0,21
	Matala typpiporras	-	Matala typpiporras			3,50 ab	3,50	-	2,41	3,38	-	0,98	-0,12
	Keskisuuri typpiporras	-	Keskisuuri typpiporras			3,50 ab	3,80	-	3,39	3,55	-	0,17	0,05
	Korkea typpiporras	-	Korkea typpiporras			3,50 ab	3,73	-	3,27	3,19	-	-0,08	-0,31
Soilfood I	Ravinneliete	-	Ravinneseos	Ravinnekuitu I	Väkevä ravinneseos	3,61 b	3,51	-	3,01	3,50	-	0,42	-0,11
	Ravinneliete	-	Ravinneseos	Väkevä ravinnelannos	Väkevä ravinneseos	3,61 b	3,51	-	3,08	3,32	-	0,31	-0,30



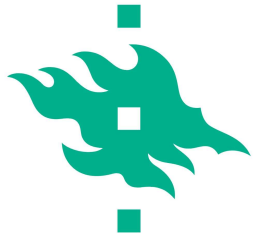
Soilfood II	Matokomposti	-	Boost NK	Ravinnekuitu I	Boost NK	3,25 a	3,78	-	3,20	3,46	-	0,25	0,19
	Matokomposti	-	Boost NKS Premium	Ravinnekuitu I	Boost NKS Premium	3,25 a	3,61	-	3,19	3,59	-	0,40	0,33
	Matokomposti	-	Boost NPKS	Ravinnekuitu I	Boost NPKS	3,25 a	3,78	-	3,20	3,46	-	0,27	0,19
	Matokomposti	-	Boost NS	Ravinnekuitu I	Boost NPKS Premium	3,25 a	3,61	-	3,32	3,45	-	-0,74	-0,68
Ecolan	Mikrobiliuos	Mikrobiliuos	Agra 8-4-2	Agra 13-0-0	Agra 8-4-2	3,68 b	3,68	-	2,46	3,36	-	0,90	-0,32
	Se-Agra + Mikrobi-val.	Mikrobiliuos	Agra 8-4-2 + Mn-lisä	Agra 8-4-2	Agra NS 3-0-0	3,68 b	3,73	-	2,52	3,46	-	0,94	-0,22
	Agra 8-4-2	Agra 13-0-0	Agra 13-0-0 + PK	Agra 8-4-8	Agra 13-0-0 + PK	3,68 b	3,75	-	2,37	3,47	-	1,10	-0,21
	Seleeni-Agra 7,6-4-6	-	Agra 13-0-0	Patenttikali	Agra 13-0-0	3,68 b	3,67	-	2,42	3,37	-	0,95	-0,31
HSY	Ammoniumsulfaatti	-	Ammoniumsulfaatti	Biojättekompости	Ammoniumsulfaatti	3,56 b	3,64	-	3,23	2,57	-	-0,67	-1,01
	Ammoniumsulfaatti	-	Ammoniumsulfaatti	Lietekompости	Ammoniumsulfaatti	3,56 b	3,64	-	3,42	3,40	-	-0,03	-0,18
	Ammoniumsulfaatti	-	Ammoniumsulfaatti	Maanparannuskompости	Ammoniumsulfaatti	3,56 b	3,64	-	3,38	3,37	-	-0,01	-0,21
	Ammoniumsulfaatti	-	Ammoniumsulfaatti	Tuorekompости	Ammoniumsulfaatti	3,56 b	3,64	-	3,14	3,44	-	0,30	-0,14



1.1.4 Kannattavuuslaskelmia

HYKERRYYS-hankkeessa lasketut taloudellisen kannattavuuden tunnusluvut on laskettu vuoden 2017 rukiin, kauran ja härkäpavun sadoille. Vuoden 2017 parhaimmat katteet tuottivat rukiin HSY:n yhdyskuntajätepohjaiset kompostit keväällä ammoniumsulfaatilla täydennettynä, sekä Soilfood Oy:n maanparannuslannoksella ja keväällä biokaasumädätteellä (Ravinneliete) täydennettynä.

Kierrätyslannoituksessa erityisesti lannoitekustannuksissa on mahdollisuus säästää. Hinnat kulkevat käsi kädessä ravinnekonsentraation ja prosessointiasteen kanssa (taulukko 22). Runsaasti vettä sisältäviä lannoitevalmisteita ei ole taloudellisesti kannattavaa kuljettaa pitkiä matkoja, joten laimeat nesteet ja suuret massat kannattaa hyödyntää mahdollisimman lähellä valmisteen syntypaikkaa. Väkevämpää tavaraa on jo järkevämpää kuljettaa pidemmällekin. Suursäkeissä myytävien kuivien ja rakeistettujen kierrätyslannoitevalmisteiden kuljetuskustannukset vertautuvat mineraalilannoitteisiin. HYKERRYYS-hankkeiden laskelmissa lannoitevalmisteiden kuljetusetäisyydeksi on vakioitu 50 km.

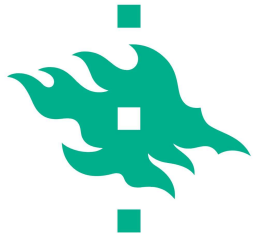


Taulukko 22. Vuonna 2017 kokeessa käytettyjen tuotteiden lannoite-, levitys ja kuljetuskustannukset.

Lannoite	Lannoitekustannus		Kuljetuskustannus 50 km		Levityskustannus	
Ecolan Agra 8-4-2	263	€/t alv 0%			60	€/ha
Ecolan Patenttikali	640	€/t alv 0%			60	€/ha
Ammoniumsulfaatti	70	€/t	8	€/t	~20	€/m3
Ravinneliete (mädätejäännös)	10	€/t	Sis. lannoitekustannukseen		3	€/t 20m3/ha
Soilfood Ravinnekuitu	1	€/t	Sis. lannoitekustannukseen		4	€/t
Soilfood Maanparannuslannos	6	€/t	Sis. lannoitekustannukseen		5	€/t
HSY Tuorekomposti	2,2	€/m3	47	€/m3	2,5	€/t
HSY Maanparannuskomposti	3,2	€/m3	47	€/m3	2,5	€/t
Yara Mila Y6	340	€/t alv 0%			60	€/ha
Yara hiven 20-3-8	350	€/t alv 0%			60	€/ha

Kierrätyslannoitteen valintaan vaikuttaa tiloilla käytettävissä oleva kalusto ja/tai urakointipalvelun saatavuus ja kustannukset. Laskelmissa on käytetty levityskustannusten arvioimiseksi [Työtehoseuran Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat](#)-julkaisua. Konetyön kustannuksissa on ollut tasaista kasvua vuosien myötä. Hintojen nousuun on vaikuttanut muun muassa öljyn sekä traktorien ja työkonien hintojen nousu (Palva 2019) (taulukko 23).

Kylvölannoituksella säästetään aikaa ja ajokertoja, kun siemen ja lannoite saadaan maahan samalla kertaa. HYKERRYYS-hankkeessa mukana olevista kierrätyslannoitteista Ecolanin Agra-lihaluujauholannoitteet ovat rakeistettuja, ja niiden levityksessä on käytetty sijoituslannoitusta kylvölannoittimella. Kiteinen ammoniumsulfaatti levitettiin veteen liotettuna, mutta tuotteen levityksessä voidaan käyttää myös sijoituslannoitusta. Väkevien nestemäisten lannoitteiden levitysmäärät voivat olla lietteenlevityskalustolle liian pieniä. Näillä lannoitteilla voidaan esimerkiksi [väkevöittää lantaa](#) ja saavuttaa sadonlisää ravinnesuhteiden optimoinnin kautta. Levityksessä voi säästää ajokertoja työkoneyhdistelmillä, kuten esimerkiksi Circwaste-hankkeessa demonstroidulla [ISOBUS-tekniikalla](#).



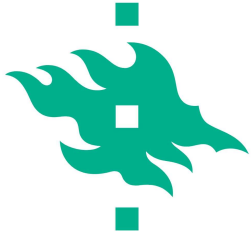
Taulukko 23. Konetyön kustannukset (€). Laskelmissa on käytetty vuoden 2017 hintatietoja.

Konetyön kustannukset, €	Yksikkö	2017	2019
Kylvölannoitus	€/ha	60	62,1
Ruiskutus	€/ha	18	18,5
Kuivalannan levitys	€/t	2,5	2,45
Lietteen levitys, multa	€/t	2,7	2,83
Lannoitteen pintalevitys	€/ha	16	16,9
Kuivatuskustannus	€/kg	0,05	0,05

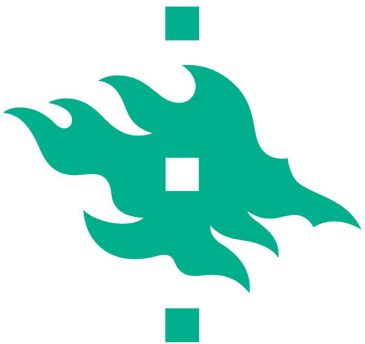
HYKERRYYS-hankkeessa toteutetaan viisivuotista viljelykiertoa (syysruis – härkäpapu – kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurmi – ohra), jossa kolme kierron vaihetta on aina edustettuna samanaikaisesti koekentällä. HSY:n ja Soilfoodin lannoitussuunnitelmissa maanparannusaineina käytettävät yhdyskuntajätekompostit ja metsä- ja bioenergiateollisuuden sivuvirrat levitetään kerran kierron aikana ennen syysrukiin kylvöä. Maanparannusaineiden hyödyt, kuten orgaanisen typen vapautuminen, maan rakenteen parantuminen sekä jälkilannoitusvaikutukset jakaantuvat kaikille viljelykierron satokasveille, joten näiden tuotteiden lannoituskustannukset voidaan jakaa neljälle vuodelle (taulukko 24).

Parhaat sadot ja hehtaarituo-
tot saatiin 2017 puidulla syysrukiilla HSY:n biokuitukomposteilla, joiden kevätlannoituksena käytettiin kiteistä ammoniumsulfaattia 10% vesiliuoksena levitettynä, sekä Soilfoodin maanparannuslannoksella, keväällä lietemäisellä mädätejäännöksellä (Ravinneliete) täydennettynä. Biokuitukompostin hehtaari-
kohtainen tuotto oli 11% suurempi kuin väkilannoite-
käsittelyllä, ja 97% suurempi kuin lannoittamattomalla käsittelyllä. Maanparannuslannoskäsittely tuotti 5% suuremman hehtaarituo-
ton kuin väkilannoite, ja 85% suuremman tuoton lannoittamattomaan käsit-
telyyn verrattuna.

Soilfoodin ravinne-
kuitukäsittely tuotti 2017 odotettua pienemmän sadon. Ravinnekuitu levitettiin syksyllä 2016 liian tuoreena ja levityksen ja kylvön välille jäi liian lyhyt väli. Maanparannusaineen suuri hiili-typ-
pisuhde aiheutti maassa typen immobilisoitumisen maaperämikrobiston käyttäessä

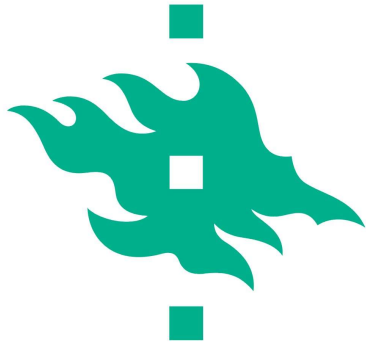


maanesteen typpeä orgaanisen aineksen hajotustoimintaan ja omaan kasvuunsa. Seuraavien vuosien sadoissa ravinnekuutukäsittelyllä ei ole ollut havaittavissa satoa alentavaa vaikutusta. Syksyllä 2019 ravinnekuitu levitettiin kaksi viikkoa ennen rukiin kylvöä ja muokkaussyvyyttä vähennettiin, mutta oraissa oli jälleen havaittavissa typen puutteen oireita. Esikasvina rukiille on ollut ohra sekä vuonna 2016 että 2019 ja ohraryudut on kynnetty ennen syysrukiin lannoitusta. Syksyllä 2019 muokkauskerroksesta otettujen nitraattinäytteiden perusteella todettiin jälleen typen immobilisoituminen. Näiden kahden kokemuksen perusteella todettiin, että ravinnekuidun levittämisaikajankohda siirretään rukiilta viherlannoitusnurmen päättämisen yhteyteen. Syksyllä 2020 kitu levitettiin viherlannoitusnurmelle nurmen lopetuksen yhteydessä, ja muokattiin kevyesti 10 cm syvyyteen.



Taulukko 24. Rukiin lannoituksen kustannukset, tuotot ja katteet satovuoden 2017 sadoilla ja lannoitusmäärillä.

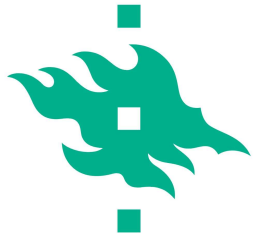
Ruis 2017		Ecolan	HSY				Soilfood		HY	
Lannoitus syksy 2016		Perus-Viljo	Biokuitukomposti	Biojätekomposti	Biojätekomposti biohiilellä	Maanparannuskomposti	Hämeenlinnan maanparannuslannos	Kotkan ravinnekuitu	Yara Mila 6	Ei lannoitusta
Levitysmäärä	kg/ha	375	18000	18000	18000	18000	14000	50000	176	0
Kokonaistyyppi	kg/ha	30	101	240	205	104	244	191	30	0
Lannoitekustannus	€/ha	99	58	40	58	58	84	50	60	0
Konetyön kustannukset	€/ha	60	100	100	100	100	70	200	60	60
Lannoitus kevät 2017		Agra 8-4-2	Ammoniumsulfaatti, kide (levitetty nestemäisenä)				Ravinneliete		Kevätviljan hiven Y 20-3-8 + Patenttikali	Ei lannoitusta
Levitysmäärä	kg/ha	600	380				6560	14750	600 + 8	0
Kokonaistyyppi	kg/ha	45	80				100	40	120	0
Lannoitekustannus	€/ha	158	30				74	156	215	0
Konetyön kustannukset	€/ha	16	16				16	16	16	60
Lannoituskustannukset yhteensä	€/ha	332	203	140	158	158	244	422	351	120
Sato 2017	kg/ha	3561	5009	4304	4619	4271	4716	2110	4513	2548
Kuivatuskustannus	€/ha	172	242	208	223	206	228	102	218	123
Tuotto	€/ha	588	826	710	762	705	778	348	745	420
Tuotto+hehtaarituki, AB-alue	€/ha	1117	1355	1239	1291	1234	1307	877	1274	949
Kate lannoitus- ja kuivatuskustannuksen vähentämisen jälkeen ilman tukea . Lannoituskustannus kohdennettu yhdele vuodelle .	€/ha	83	376	312	331	290	253	-73	176	221
Kate lannoitus- ja kuivatuskustannuksen vähentämisen jälkeen ilman tukea . Maanparannusaineiden kustannukset kohdennettu neljälle vuodelle .	€/ha		453	375	408	367	399	154		
Kate lannoitus- ja kuivatuskustannuksen vähentämisen jälkeen sisältäen hehtaarituen . Lannoituskustannus kohdennettu yhdele vuodelle .	€/ha	612	905	841	860	819	782	456	705	750
Kate lannoitus- ja kuivatuskustannuksen vähentämisen jälkeen sisältäen hehtaarituen . Maanparannusaineiden kustannukset kohdennettu neljälle vuodelle .	€/ha		982	904	937	896	928	683		



Kaura tuotti kasvukaudella 2017 hyvän sadon kaikilla käsittelyillä. Ravinteikkaalla koelohkolla lannoittamatonkin käsittely tuotti lähes neljän tonnin hehtaarisadon, jolloin lannoite- ja levityskustannuksien vähentämisen jälkeen lannoittamattoman käsittelyn kate on väkilannoitekäsittelyn veroinen (taulukko 25). Kierrätyslannoitteista ammoniumsulfaatin kate on edullisen lannoitekustannuksen ja suuren sadon vuoksi kaikista käsittelyistä suurin. Soilfood Oy:n Ravinnelietteellä tuotto oli suuren sadon johdosta kierrätyslannoitekäsittelyistä suurin, mutta lannoitus- ja kuivatuskustannuksien vähentämisen jälkeen kate jää hieman ammoniumsulfaattikäsittelyä ja väkilannoitekäsittelyä pienemmäksi.

Taulukko 25. Kauran lannoituksen kustannukset, tuotot ja katteet vuonna 2017.

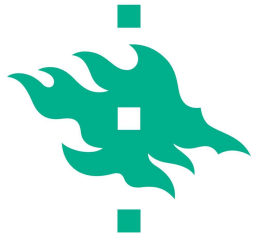
Kaura 2017		Ecolan	HSY	Soilfood	HY	
Lannoitus kevät 2017		Agra 8-4-2	Ammoniumsulfaatti, kide (levitetty nestemäisenä)	Ravinneliete + Combooster	Yara Mila Y5 + Patenttikali	Ei lannoitusta
Levitysmäärä	kg/ha	900	571	19750+430	545+91	0
Kokonaistyyppi	kg/ha	72	120	130	120	0
Lannoitekustannus	€/ha	237	45	202	249	0
Konetyön kustannukset	€/ha	60	78	121	60	60
sato 2017	kg/ha	5550	5628	6055	6549	3886
Kuivatuskustannukset	€/ha	268	272	292	316	188
Tuotto	€/ha	749	760	817	884	525
Tuotto+hehtaarituki, AB-alue	€/ha	1232	1243	1300	1367	1008
Kate lannoitus- ja kuivatuskustannuksen vähentämisen jälkeen ilman tukea.	€/ha	667	848	686	742	760
Kate lannoitus- ja kuivatuskustannuksen vähentämisen jälkeen sisäl-täen hehtaarituen.	€/ha	1150	1331	1169	1225	1243



Vuoden 2017 sateinen ja viileä kasvukausi suosi härkäpapua (lajikkeena Borealin Louhi), joka tuotti kaikilla käsittelyillä valtavat, lähes 6000 kilon hehtaarisadot (taulukko 26). Sadoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Lannoittamattomallakin kontrollikäsittelyllä sato oli noin 5600 kiloa hehtaarilta. Ammoniumsulfaatti oli härkäpavulla taloudellisesti kannattavin lannoitus edullisten lannoite- ja levityskustannusten siivittämänä, mutta ero lannoittamattomaan käsittelyyn on vain muutamia euroja. Jos työn osuus otetaan vielä huomioon, lannoittamatta jättäminen olisi kyseisenä kasvukautena ollut kannattavin vaihtoehto. Mutta keväisin on mahdotonta tietää tulevan kasvukauden sääolosuhteista, joten tuotantopanoksien suunnittelu on tehtävä hyvää sadontuottoa ajatellen. Härkäpavun tuloksissa huomattavaa on myös se, että Ecolanin lihaluujauhokäsittelyssä kokonaistyyppiä annettiin sekä kauralla että härkäpavulla vain hieman yli puolet muiden käsittelyiden typpimäärästä, mutta se tuotti samansuuruisen sadon, tuoton ja katteen muihin käsittelyihin verrattuna.

Taulukko 26. Härkäpavun lannoituksen kustannukset, tuotot ja katteet vuonna 2017.

Härkäpapu 2017		Ecolan	HSY	Soilfood	HY	
Lannoitus kevät 2017		Agra 8-4-2	Ammoniumsulfaatti, kide (levitetty nestemäisenä)	Ravinneliete	Yara Mila HeVi 3	Ei lannoitusta
Levitysmäärä	kg/ha	300	190	6560	364	0
Kokonaistyyppi	kg/ha	24	40	40	40	0
Lannoitekustannus	€/ha	79	15	66	133	0
Konetyön kustannukset	€/ha	60	78	93	60	60
sato 2017	kg/ha	5769	5888	5904	6060	5629
Kuivatuskustannukset	€/ha	279	284	285	293	272
Tuotto	€/ha	1154	1178	1181	1212	1126
Tuotto+hehtaarituki, AB-alue	€/ha	1698	1722	1725	1756	1670
Kate lannoitus- ja kuivatus-kustannusten vähentämisen jälkeen ilman tukea.	€/ha	1216	1344	1281	1270	1338
Kate lannoitus- ja kuivatus-kustannusten vähentämisen jälkeen sisältäen hehtaarituen.	€/ha	1760	1888	1825	1814	1882



Liite 3. Pellonpiennarpäivän 2019 kutsu



Kierrätysravinteilla satoa III -peltopäivä 1.8.2019

Kierrätysravinteet vertailussa

Hyvän sadon kierrätyslannoitus 2 (HYKERRYYS 2) ja VILKKU Plus -hankkeet järjestävät jo perinteeksi tulleen kierrätysravinteita käsittelevän peltopäivän. Tule katsomaan, näkökö kierrätysravinteiden pitempi aikainen käyttö satotasossa. Tilaisuudessa on yritysten tuote-esittelyä ja kierrätysravinteiden tutkijoita vastaamassa kysymyksiin.

Koeruuduilla tarkastelussa kaura, ohra ja syysrapsi.

Esittelyssä myös kasvustomittarit SpectraGrop fosforipipisuuden mittaukseen ja GrainSense siementen valkuaispitoisuuden, kosteuden ja öljy- ja hiilihydraattipitoisuuden mittaukseen.

Tervetuloa tutustumaan kolmannen vuoden kierrätyslannoituskenttäkokeen kasvustoon.

Aika: torstai 1.8.2019 klo 10-14

Paikka: Haltialan tila, Laamannintie, Helsinki (opastus kohteelle)

Kahvitarjoilu pellonreunalla klo 10



Tänä vuonna kokeilussa mukana:

Ecolan: Agra tuoteperheen lihaluujauhot

HSY: Ammoniumsulfaatti ja kompostit

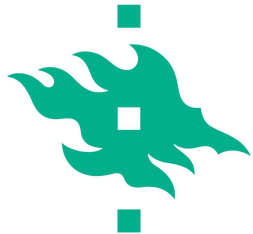
Soilfood: vinassit ja biokaasumädäde

Ilmoittautuminen ti 30.7 mennessä tästä linkistä: https://www.lyyti.in/Kierratysravinteilla_satoa_III_peltopaiva_4838

Janne Heikkinen, VILKKU Plus -hanke: etunimi.sukunimi@tuusula.fi, puh. 040 314 4735 Mari Unnbom, HYKERRYYS 2 -hanke: etunimi.sukunimi@helsinki.fi, puh. 040 410 0415

Tervetuloa!

Tilaisuudessa mukana:



ecolyn®



SOIL
FOOD

VILJELIJÄN
AVENA BERNER



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

