



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 72/2019

Terve satokasvi – parempi ravinteiden hyödyntäminen

Marja Jalli, Erja Huusela-Veistola, Ari Rajala, Heikki Jalli,
Pentti Ruuttunen, Taru Palosuo, Perttu Virkajärvi, Oiva Niemeläinen,
Kirsi Järvenranta, Juho Hautsalo, Ansa Palojärvi, Antti Laine ja Janne
Kaseva

Terve satokasvi – parempi ravinteiden hyödyntäminen

TerveKasvi-hankkeen loppuraportti

Marja Jalli, Erja Huusela-Veistola, Ari Rajala, Heikki Jalli, Pentti Ruuttunen,
Taru Palosuo, Perttu Virkajärvi, Oiva Niemeläinen, Kirsi Järvenranta, Ansa Palojärvi,
Antti Laine ja Janne Kaseva

Viittausohje:

Jalli, M., Huusela-Veistola, E., Rajala, A., Jalli, H., Ruuttunen, P., Palosuo, T., Virkajärvi, P., Niemeläinen, O., Järvenranta, K., Hautsalo, J., Palojärvi, A., Laine A., & Kaseva, J. 2019. Terve satokasvi – parempi ravinteiden hyödyntäminen. TerveKasvi-hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 72/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 32 s.



ISBN 978-952-326-842-5 (Painettu)

ISBN 978-952-326-843-2 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-843-2>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Marja Jalli, Erja Huusela-Veistola, Ari Rajala, Heikki Jalli, Pentti Ruuttunen, Taru Palosuo, Perttu Virkajärvi, Oiva Niemeläinen, Kirsi Järvenranta, Ansa Palojärvi, Antti Laine ja Janne Kaseva

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2019

Julkaisuvuosi: 2019

Kannen kuva: Marja Jalli

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

Tiivistelmä

Marja Jalli, Erja Huusela-Veistola, Ari Rajala, Heikki Jalli, Pentti Ruuttunen, Taru Palosuo, Perttu Virkajärvi, Oiva Niemeläinen, Kirsi Järvenranta, Juho Hautsalo, Ansa Palojarvi, Antti Laine ja Janne Kaseva

Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, puh. 029 532 6000

Kasvinsuojelu vaikuttaa muodostuvan sadon määrään ja laatuun. Jos kasvinterveydestä ei huolehdita, kasvuston kunto heikkenee ja osa kasveille annetuista ravinteista jää käyttämättä ja riski ravinnepäästöihin kasvaa.

Luonnonvarakeskuksen (Luke) Makera-rahoitteisessa TerveKasvi-hankkeessa selvitettiin, mitkä toimintatavat vahvistavat positiivisia kytkentöjä kasvinterveyden ja ravinteiden käytön tehokkuuden välillä viljoilla ja nurmikasveilla. Tavoitteena oli edistää tuotannon kannattavuutta ja vähentää ravinnepäästöistä aiheutuvia ympäristöriskejä. Aineistona käytettiin Luken pitkäaikaisten kasvinsuojelu- ja viljelymenetelmäkokeiden tuloksia sekä kasvihuone- ja kenttäkokeita.

Hankkeen tulosten mukaan torjumatta jääneet rikkakasvit vähentävät suomalaisen ohran ja kevätvehnän satoa keskimäärin 200 ja kasvitaudit 500 kiloa hehtaarilta. Jos ohran ja vehnän tuotannossa ei tehtäisi mitään kasvinsuojelutoimenpiteitä, olisivat ravinnetappiot nykyisillä ohran ja vehnän kokonaisviljelyaloilla jopa 14 miljoonaa kiloa tyypeä ja 2,8 miljoonaa kiloa fosforia vuodessa.

Rikkakasvit ottavat painoonsa nähden viljelykasveja tehokkaammin hivenravinteita. Erityisesti pelloillamme yleiset juolavehnä, pelto-ohdake ja peltovalvatti voivat ottaa runsaina esiintyessään merkittävän osan viljelykasveille suunnatuista ravinteista. Stressiolosuhteissa (kuivuus, märkyys) kemiallisen rikkakasvien torjunnan ja lannoituksen hyödyt jäävät ohralla vehnää vähäisemmiksi.

Rikkakasvien haitallisuuden arviointi nurmituotannossa poikkeaa muusta kasvituotannosta siinä, että rikkakasvit ovat osaltaan käyttökelpoista korjattavaa satoa. Siten ne eivät vähennä ravinteita muodostuvalta sadolta samalla tavalla kuin viljojen tai öljykasvien viljelyksessä.

Hankkeen tulokset vahvistivat käsitystä viljelykierron ja kevennetyn muokkauksen myönteisistä vaikutuksista maaperän mikrobistoon ja viljelykasvien resilienssiin. Kasville annetuilla hivenravinteilla todettiin kasvinterveyttä edistäviä vaikutuksia kauralla ja nurmikasveilla.

Tulokset osoittivat lämpötilan vaikutuksen olevan erilainen timotein ja nurminadan ravinteiden ottoon. Lämmin alkukesä suosii nadan kasvua ja nostaa sen Mg-pitoisuutta mikä teoriassa vähentää poikimahalvausriskiä.

Kemiallisen kasvinsuojelun kannattavuus on monen osatekijän tulos, jossa viljelijän ammattitaito korostuu valitun toimenpiteen, käytetyn kasvinsuojeluaineen, käyttöajan ja -määrän valinnassa. Myös onnistumiset tuotantotarvikkeiden hintojen kilpailuttamisessa sekä tuotteiden myynnissä vaikuttavat kasvinsuojelutoimenpiteiden kannattavuuteen.

Kasvintuhoojien tarpeenmukaisilla ja oikea-aikaisilla hallintatoimenpiteillä voidaan parantaa ravinteiden käyttöä ja vähentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Monipuolinen viljelykierto, muokkauksen vähentäminen, lajikevalinta sekä viljelykasvin tasapainoinen pää- ja hivenravinteiden saanti vähentävät kemiallisen kasvinsuojelun tarvetta. Haasteena on kokonaisvaltaisen ymmärryksen lisääminen kasvinterveyden merkityksestä ja eri kasvinterveyttä edistävien toimenpiteiden kustannusvaikutusten kattava arviointi.

Asiasanat: Kasvinterveys, kasvinsuojelu, ravinteet, ohra, vehnä, nurmikasvit, kasvintuhoojat

Sisällys

1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	5
2. Tutkimusmenetelmät ja aineisto	6
3. Tutkimuksen tulokset	9
3.1. Kasvinterveyden vaikutus peltokasvien ravinteiden hyödyntämiseen.....	9
3.2. Rikkakasvitorjunnan ajoitus – rikkakasvit ravinnesyöppöinä	11
3.3. Kirjallisuuskatsaus rehunurmien rikkakasvitutkimuksiin	14
3.4. Resilienssiä tasapainoisella lannoituksella.....	15
3.5. Maan terveys – kasvinterveys – ravinteiden hyödyntäminen	19
3.6. Kustannuslaskelmat	21
4. Tulosten arviointi	24
4.1. Toteutusvaiheen arviointi	24
4.2. Tulosten käytännön sovelluskelpoisuus	25
4.3. Tulosten tieteellinen merkitys	27
5. Toimintasuositukset	29
6. Tutkimusosapuolet ja yhteistyö	30
7. Kirjallisuuskatsauksen viitteet.....	31

1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Kestävä kasvintuotanto yhdistää taloudellisesti kannattavan, ympäristöä säästävän sekä sosiaalisesti ja taloudellisesti tasa-arvoisen näkökulman. Kestävän kasvintuotannon keskeisinä kriteereinä ovat muunmuassa sadon määrä ja laatu, maatilayritysten kannattavuus, panosten käytön tehokkuus, ilmastopäästöt ja vesistön kuormitus.

Tuotantopanosten tehokas ja tarpeenmukainen hyödyntäminen on tärkeää sekä talouden että ympäristön kannalta. Viljelijä vaikuttaa lopputulokseen valitsemiensa biologisten, fysikaalisten tai kemiallisten panosten kautta. Tulos muodostuu panosten keskinäisestä vuorovaikutuksesta ja panosten sekä ympäristön yhdysvaikutuksesta.

Pellolla käytetyt viljelymenetelmät, myös kasvinsuojelu, vaikuttavat kasvien ravinteiden ottoon, ravinnekuormitukseen ja ravinteiden huuhtoutumiseen. Jos kasvinterveydestä ei huolehdita, seurauksena on kasvuston kunnon heikentyminen tai jopa täydellinen tuhoutuminen, jolloin merkittävä osa kasveille annetuista ravinteista jää käyttämättä ja riski ravinnepäästöihin kasvaa.

Kasvintuhoojien ja kasvinravinteiden välinen yhtälö toimii myös toisin päin. Viljelykasvin tasapainoinen ravinteiden saanti voi vähentää taudinaiheuttajien haittavaikutuksia. Taustalla on useita vaikutusmekanismeja. Ravinteet voivat lisätä kasvin taudinkestävyyttä vaikuttamalla kasvin fysiologiaan ja puolustusmenetelmiin.

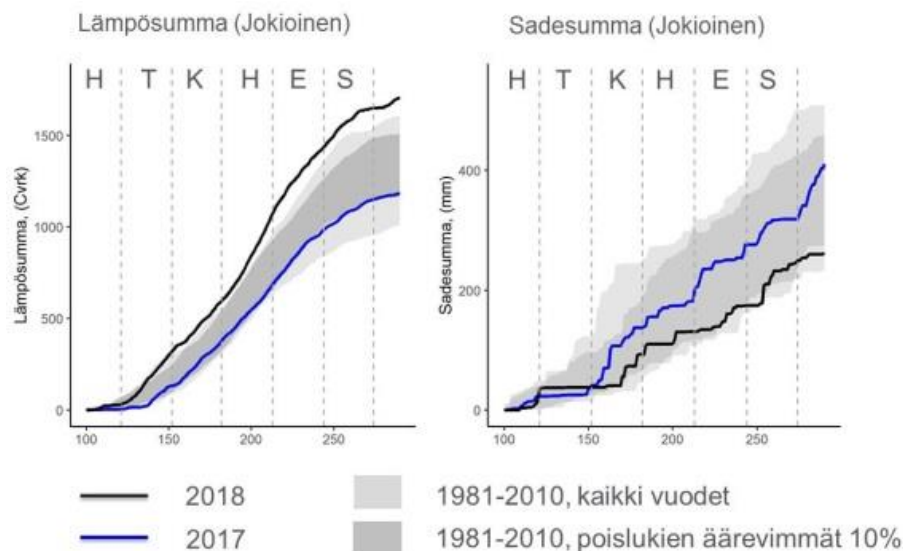
TerveKasvi-hankkeen päätavoitteena oli selvittää, mitkä toimintatavat vahvistavat positiivisia yhteyksiä kasvinterveyden ja ravinteiden käytön tehokkuuden välillä viljoilla ja nurmikasveilla. Tavoitteena oli lisätä tilatasolle, mallinnukseen ja ravinnetaselaskelmiin soveltuvaa tietoa ja tunnuslukuja kasvinterveyden vaikutuksesta ravinteiden tehokkaaseen hyödyntämiseen, edistää tuotannon kannattavuutta ja vähentää ravinnehävikkeistä aiheutuvia ympäristöriskejä.

2. Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Hankkeen tutkimuskysymyksiä selvitettiin viidessä työpaketissa (TP1-TP5).

TP1:ssä (Kasvinterveyden vaikutus peltokasvien ravinteiden hyödyntämiseen) koostettiin yhteen olemassa olevia Luken pitkäaikaisaineistoja (viralliset lajikekokeet, torjunta-ainetutkimuksen tehokkuuskokeet). Aineisto on pääosin peräisin Tikkurilan ja Jokioisten kenttäkokeista. Rikkakasvikokeissa maalaji on yleisimmin savimaa ja koealueet on valittu siten, että niissä ei ole juolavehnää tai muita kestorikkakasveja. Pitkäaikaiskokeiden ja Luken muiden hankeaineistojen perusteella arvioitiin kasvintuhoojien (kasvitaudit, rikkakasvit ja tuhoeläimet) keskimääräisiä satovaikutuksia erilaisissa kasvintuhoojapaineolosuhteissa. Saatuja tuloksia verrattiin käytännön viljelystä kerättyyn aineistoon (ISO-VILJA-aineisto). Ravinnepitoisuuksien ja sadon mukana pellolta poistuvien ravinteiden arvioinnissa hyödynnettiin Ohrasopu- ja KARA- hankkeissa tehtyjä jyvä- ja olkisadon N- ja P-analyysituloksia sekä rehutaulukkotietoja.

TP2:ssa (Rikkakasvitorjunnan ajoitus – rikkakasvit ravinnesyöppöinä) tutkittiin kaksivuotisessa kenttäkokeessa ohran, kevätvehnän ja rikkakasvien ravinteiden ottoa, kun lannoitustasoja oli kaksi ja käsittelemättömän koejäsenen lisäksi kahden herbisidin kaksi käyttömäärää: puoliannos ja täysannos. Typpitasot ohralla olivat 50 ja 100 kg N/ha ja kevätvehnällä 60 ja 120 kg N/ha. Herbisidit olivat MCPA (1.0 ja 2.0 l/ha) -valmiste ja ArianeS (1,25 ja 2,5 l/ha). Rikkakasvien lukumäärä ja massanäytteet otettiin neljä kertaa: viljan pensastumisvaiheessa (BBCH 14–26), lippulehtivaiheessa (BBCH 37–39), viljan tullessa tähkälle (BBCH 54–58) ja viljan myöhäisessä taikinavaiheessa BBCH 87–89. Rikkakasvien ja viljan ottamat ravinteet analysoitiin vuoden 2018 kasvustoista. Rikkakasvimassat olivat pieniä ja riittävä määrä analyysiin saatiin yhdistämällä neljän näytteenottokerran rikkakasvit. Kenttäkokeille osui kaksi hyvin erilaista kasvukautta. Kesä 2017 oli sateinen ja viileä ja kesä 2018 oli taas hyvin kuiva ja lämmin (Kuva 1).



Kuva 1. Hankkeen kenttäkokeet toteutettiin kahtena hyvin erilaisena kasvukautena 2017 ja 2018.

TP3:ssa (Resilienssiä tasapainoisella lannoituksella) selvitettiin ravinnetasapainon vaikutusta viljelykasvien kestävytyteen vaikeasti hallittavia taudinaiheuttajia vastaan sekä lämpötilan vaikutusta timotein ja nurminadan ravinteiden ottoon.

Hivenravinteiden vaikutusta kauran siemenen Fusarium-tartuntaan tutkittiin kasvihuonekokeessa. Koejäseninä olivat peruslannoitettu kasvualusta, peruslannoitettu kasvualusta lisättynä Zn-

lannoituksella ja peruslannoitettu kasvualusta lisättynä Mn-lannoituksella. Kokeesta havainnoitiin itävyys, tyvitaudit ja oraiden kuivapaino. Kasvihuonekokeessa, jossa tutkittiin kasvinravinteiden vaikutusta Belinda-kauraan tartutettuun (*F. graminearum*) punahomeeseen, oli maalannoitusten (Mn ja Zn) lisäksi mukana lehdille tehty Mn-käsittely ja röyhylle tehty Zn-käsittely. Kokeesta mitattiin SPAD-arvot, sato, sadon Fusarium-sienipitoisuus ja Elisa-testillä tehty DON-toksiinipitoisuus.

Hiven- ja sivuravinteiden vaikutusta nurminadan ja timotein lehtilaikkutautien etenemiseen tutkittiin kasvihuonekokeessa. Lannoitukset olivat peruslannoitus, peruslannoitus + Mn, peruslannoitus + Zn, peruslannoitus + S, peruslannoitus + N ja peruslannoitus + Mn + Zn + S. Mn-, Zn- ja S-lannoitukset tehtiin talvehtimisen jälkeen lisäämällä ne nestemäisinä kasvualustaan. Nurminata tartutettiin *Drechsleia dictyoides*- ja timotei *D. phlei* -sienellä. Kehittyviä oireita seurattiin niiden ilmaannuttua kuukauden ajan. Lisäksi kokeesta määritettiin versojen lukumäärä, kasvuston pituus, tuoresato ja kuivasato.

Nurmien kasvitautien esiintymistä seurattiin Yaran ja Hankkijan Kotkaniemeen 2016 perustetuista nurmikasvilajikkeiden (rehu- ja siennurmet) lannoituskokeista ja Maaningalle 2017 perustetusta rehunurmen lannoituskokeesta. Havainnot tehtiin noin viikkoa ennen rehunurmien niittoa.

Kasvulämpötilan ja nitraatin vaikutusta timotein (Nuutti) ja nurminadan (Valtteri) eläimen terveyden kannalta tärkeisiin ravinnepitoisuuksiin mitattiin kontrolloiduissa olosuhteissa kasvihuoneessa. Pöikimahalvausriskiä kuvaava DCAD-arvo (dietary cation-anion difference) laskettiin kasvin ravinnepitoisuuksien perusteella. Vernalisoinnin ja tasausniiton jälkeen taimet lannoitettiin kahdella eri typpitasolla ja kasvatettiin kolmessa lämpötilassa: 12°C/10°C (päivä 18 h/ yö 6 h), 17°C /12°C ja 21°C /15 °C. Sato korjattiin timotein tultua tähkälle. Kasvustoista otettiin kaksi satoa. Kasvustot eri kasvulämpötiloista pyrittiin korjaamaan samalla kasvuasteella, joten kasvu aika eri lämpötiloissa erosi huomattavasti. Kivennäisanalyysit tehtiin kuivatuista sato näytteistä.

TP4 (Maan terveys – kasvinterveys – ravinteiden hyödyntäminen) tavoitteena oli selvittää, voidaanko kasvin kasvua edistävää luontaista maaperämikrobistoa suosia viljelytoimenpiteiden valinnalla. Eri-tyisesti keskityttiin viljelykierron ja muokkausmenetelmien vaikutuksiin. Kasvien kasvua tarkasteltiin sadon kokonaismäärän lisäksi kasvien ottamien ravinteiden (N, P) kokonaismäärää vertailemalla.

Työpaketissa hyödynnettiin Luken pitkäaikaisten muokkaus- ja viljelykiertokokeiden aineistoja v. 2000 alkaen, joita täydennettiin uusilla sato- ja maaperäanalyyseilla (sato, Corg, Ntot, viljavuus, Nmin, tilavuuspaino, mikrobibiomassa (Cmic), yleisen tautisuppressiivisuuden testi (=taudinaiheuttajien tukahduttamiskyky; testipatogeenina punahometta aiheuttava *F. culmorum*)).

Astiakokeessa selvitettiin ohran kasvua, satoa ja ravinteidenottoa (mineraalilannoitus) kahden ravinteidenkäytön tehokkuudeltaan mahdollisimman erilaisen lajikkeen avulla. Lajikkeiden valinta tehtiin Luken Ohrasopu-hankkeen (v. 2010-2013) laajan lajiketestauksen (194 ohragenotyyppiä) perusteella. Kokeeseen haettiin lajikkeita, jotka ravinteidenkäytön tehokkuudeltaan olivat erilaisia matalassa (N 35; P 25 kg ha⁻¹) ja korkeassa (N 70; P 10,5 kg ha⁻¹) lannoitustasossa. Testilajikkeiksi valittiin modernia lajiketta edustamaan ”Elmeri” ja maatiaista edustamaan ”NGB 8185”. Ohrasopu-hankkeessa Elmeri hyödynsi typpeä ja fosforia erittäin hyvin korkealla lannoitustasolla, mutta alemmalla pärjasi heikommin. Ruotsalainen maatiaislajike NGB 8185 taas pärjasi matalla lannoitustasolla maatiaislajikkeista parhaiten ja paremmin kuin Elmeri, mutta korkealla lannoitustasolla Elmeriä heikommin.

Kasvihuonekasvatukseen käytettiin pitkäaikaisen kenttäkokeen maata kahdesta käsittelystä, joiden tiedettiin eroavan toisistaan maaperän mikrobibiomassan määrän suhteen: (kultivointi, jossa mikrobibiomassaa kertynyt ylimpään 10 cm; kyntö: niukempi mikrobisto); mikrobimääriä manipuloitiin steriiliin kvartsihiekan avulla (10 % tai 80 %).

TP5:ssä (Kustannuslaskelmat) tehtiin kannattavuuslaskelmia niiden työpakettien tuottamista tiedoista, joiden tuotoksena oli mitattua tietoa sadon määrästä ja sen laadusta ja joille pystyttiin laskemaan arvo ja sadontuottamisesta aiheutuneet kustannukset (TP1, TP2, TP4). Kasvitautilien torjunta-aineiden osalta katetuottolaskelmat tehtiin kasvinsuojeluinerekisterissä oleville torjunta-aineille, joiden käyttö oli sallittua ja joille oli olemassa markkinahinta. Osa torjunta-ainetutkimuksissa olleista aineista oli poistunut markkinoilta. Kannattavuuslaskelmat tehtiin joko katetuottolaskelmina eri käsittelyjen koko hehtaarisadolle tai käsittelyjen tuomalle sadonmuutokselle käsittelemättömään verrattuna, jolloin kustannuksina huomioitiin käsittelyjen kustannusvaikutukset käsittelemättömään verrattuna. Jokioisiin 2001 perustetusta suorakylvökokeesta laskettiin perusmuokkausmenetelmien välistä kannattavuutta monokulttuurissa aikajaksolla 2001-2010 siten, että aineisto tarkasteltiin kahdessa osassa siirtymävaiheessa 2001-2004 ja siirtymävaiheen jälkeisenä aikana 2005-2010. Vuodesta 2011 lähtien kentälle tuli viljelykierto, josta tarkasteltiin viljelykierron tuomaa katetuoton lisää verrattuna ohran monokulttuurin kyntö-, sänkimuokkaus- ja sänkialustoilla.

3. Tutkimuksen tulokset

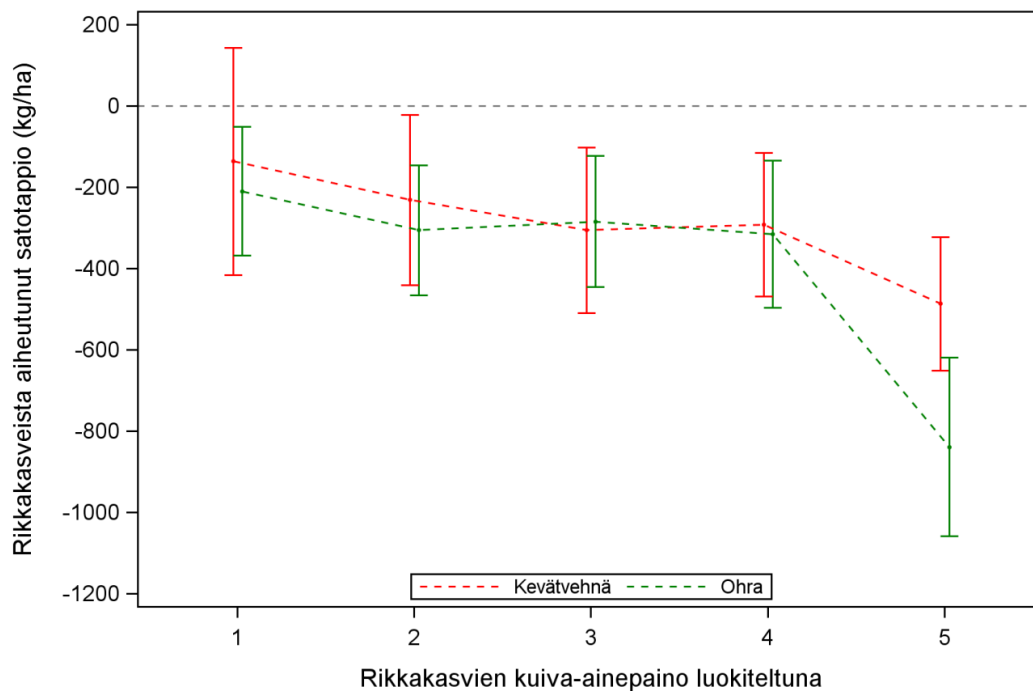
3.1. Kasvinterveyden vaikutus peltokasvien ravinteiden hyödyntämiseen

TP1:ssä arvioitiin käytettävissä olevien pitkäaikaisaineistojen (koesarjojen) perusteella kasvinsuojelutoimenpiteiden keskimääräiset satovaikutukset ohralla ja vehnällä: siemenpeittäus + 300 kg/ha, kasvukauden aikainen kasvitautitorjunta + 500 kg/ha ja rikkakasvitorjunta + 200 kg/ha. Jyväsadon ravinnemääriin (N ja P kg/ha) satovaikutukset heijastuvat seuraavasti: siemenpeittäus + 6 kg N/ha ja + 1,2 kg P/ha, kasvitautitorjunta + 10 kg N/ha ja + 2 kg P/ha ja rikkakasvitorjunta + 4 kg N/ha ja + 0,8 kg P/ha. Yhteensä eri kasvinsuojelutoimenpiteiden voidaan arvioida lisäävän typpisatoa + 20 kg N/ha ja fosforisatoa + 4 kg P/ha (Taulukko 1). Esimerkkinä ovat kuvaajat rikkakasvien satovaikutuksista vehnällä ja ohralla (Kuva 2) ja kasvitautien satovaikutuksista vehnällä ja ohralla (Kuva 3a ja 3b). Tuhoeläinten (kirvojen) aiheuttama satovaikutus vaihteli 420-750 kg/ha, mutta kyseessä oli pieni aineisto (15 koetta). Kirvamäärissä on yleensä suurta vaihtelua sekä ajallisesti että paikallisesti ja kirvatuhoja esiintyy vain satunnaisesti, joten niiden merkitys on kokonaisuudessaan melko pieni. Kasvintuhoojien vaikutusta ravinnetaseisiin ei hankkeessa suoraan laskettu. Sadon mukana poistuvat ravinnemäärämuutokset vaikuttavat luonnollisesti vastaavasti ravinnetaseisiin.

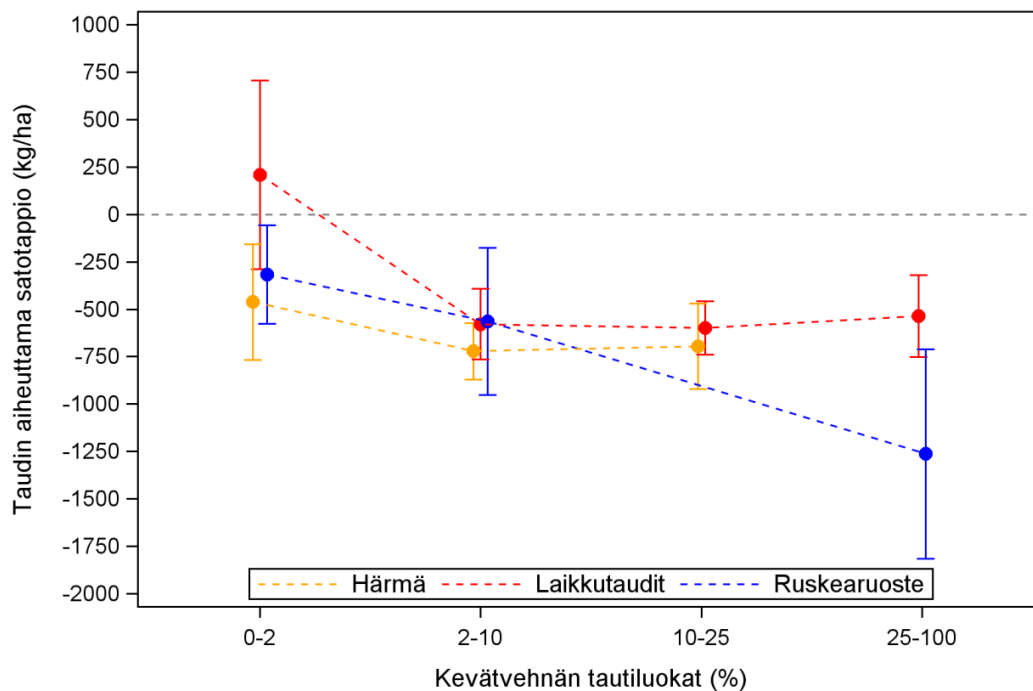
Taulukko 1. Keskimääräinen kasvintuhoojien vaikutus ohran ja vehnän jyväsatoon ja N- ja P-satoon mikäli kasvukauden aikaisia yksittäisiä kasvinsuojelutoimenpiteitä ei tehdä.

	Satotappio kg/ha	N-satotappio kg N/ha	P-satotappio kg P/ha	N-satotappio milj kg / koko viljelyala*	P-satotappio milj kg / koko viljelyala*
Ei peittäusta	300	6,0	1,2	4,2	0,84
Ei rikkakasvi- torjuntaa	200	4,0	0,8	2,8	0,56
Ei kasvitauti- torjuntaa	500	10,0	2,0	7,0	1,40
Yhteensä	1000	20,0	4,0	14,0	2,8

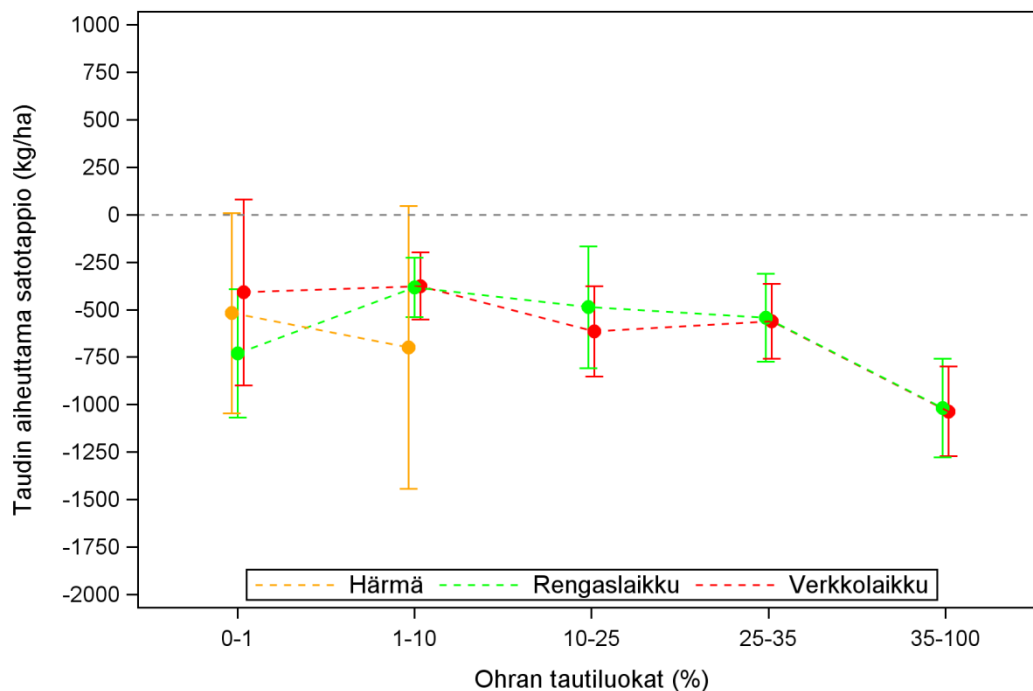
* Ohran ja vehnän viljelyala Suomessa yhteensä 700 000 ha.



Kuva 2. Rikkakasvien aiheuttama satotappio kasvaa rikkakasvimassan (kg/ha) kasvaessa. Satotappio on samansuuntainen sekä vehnällä että ohralla. (Rikkakasviluokkien mediaani: 1= 52 kg/ha, 2=110 kg/ha, 3= 215 kg/ha, 4= 415 kg/ha, 5= 960 kg/ha).



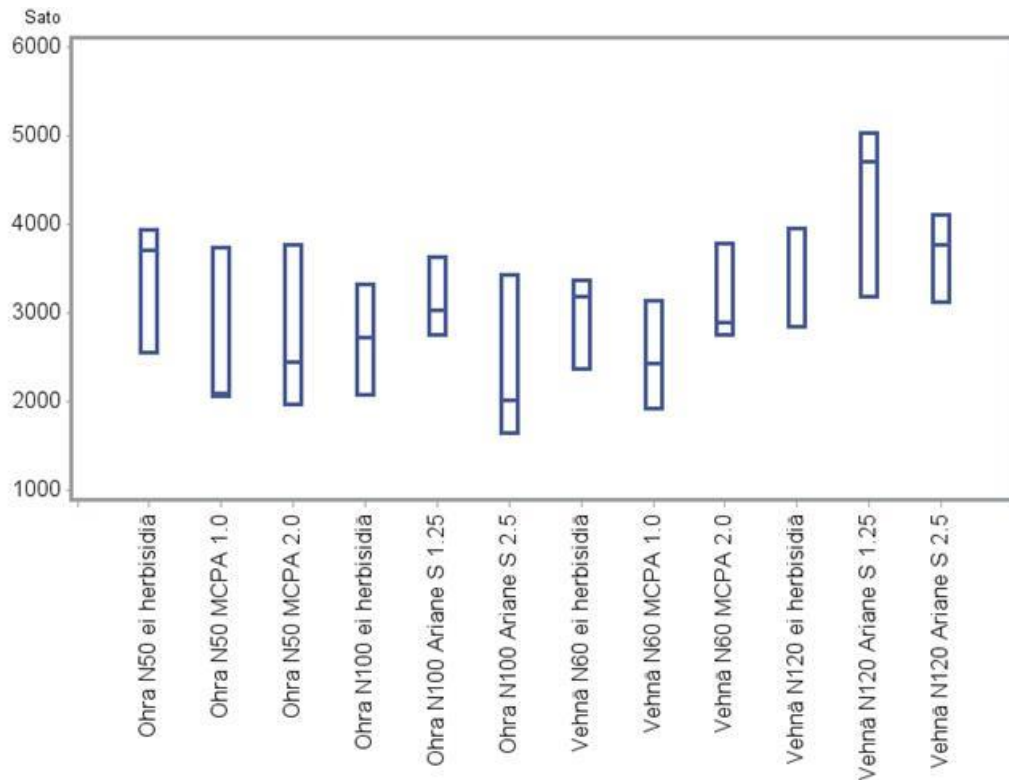
Kuva 3a. Kasvitautilien aiheuttama satotappio vehnällä kasvaa kasvitautipaineen (taudin tartuttaman lehtialan %) lisääntyessä. Eri tautimäärien aiheuttama satotappio vaihtelee kasvitaudeittain ja vaihtelu eri olosuhteissa on suuri. Härmä- ja ruostesienten aiheuttama satotappio suhteessa taudin peittämään pinta-alaan on lehtilaikkutauteja suurempi.



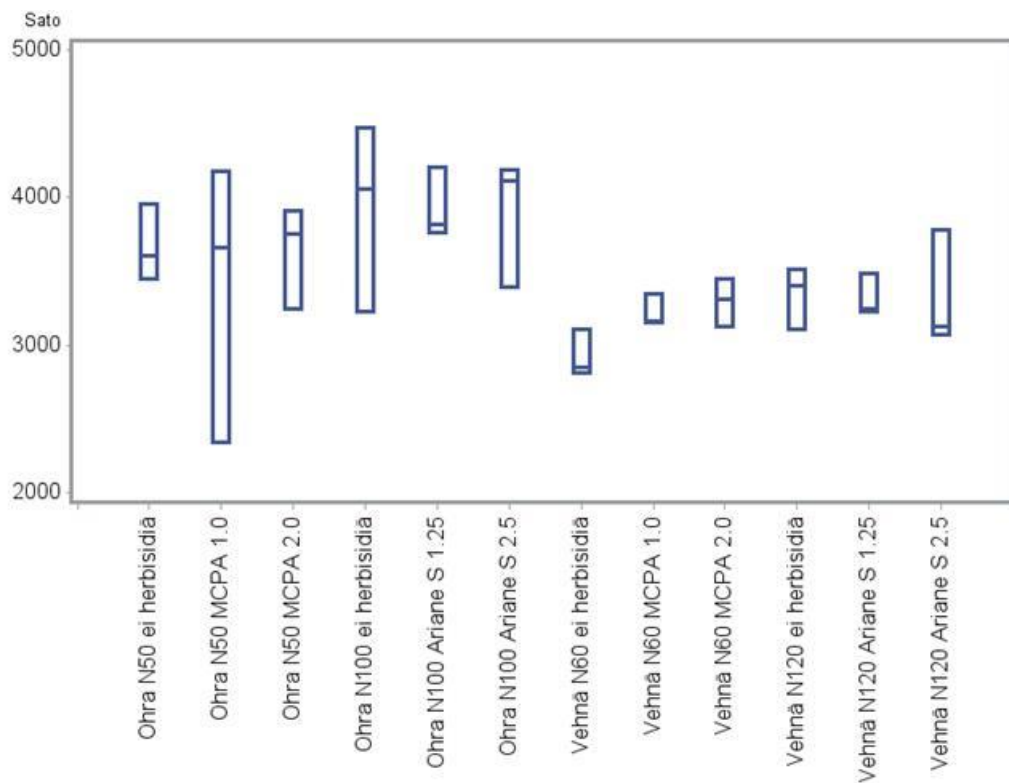
Kuva 3b. Kasvitautilien aiheuttama satotappio ohralla kasvaa kasvitautipaineen (taudin tartuttaman lehtialan %) lisääntyessä. Eri tautimäärien aiheuttama satotappio vaihtelee kasvitaudeittain ja vaihtelu eri olosuhteissa on suuri.

3.2. Rikkakasvitorjunnan ajoitus – rikkakasvit ravinnesyöppöinä

Typpilannoituksen ja rikkakasvitorjunnan vaikutukset ohran ja kevätvehnän satoon heijastuivat eri tavoin toisistaan poikkeavina kasvukausina 2017 ja 2018 (Kuvat 4 ja 5). Molempina vuosina typpilannoituksen ja kasvilajin (ohra ja vehnä) vaikutus satoon oli tilastollisesti merkitsevä. Herbisidikäsitteilyn vaikutus satoon oli tilastollisesti merkitsevä kevätvehnällä. Vuonna 2017 kosteudesta kärsinyt ohra ei hyötynyt korkeammasta typpilannoituksesta eikä rikkakasvitorjunnasta toisin kuin vehnä ja satotasot olivat keskimäärin ohralla hiukan vehnää alhaisemmat. Kuivemmissä kasvuoloissa vuonna 2018 sadot olivat ohralla vehnää keskimäärin korkeammat ja ohra hyötyi hiukan myös korkeammasta typpilannoituksesta. Herbisidikäsitteily lisäsi ohran stressiä äärioloissa ja pienensi hieman keskimääräistä satoa. Typpilannoituksella oli positiivinen vaikutus vehnän satoon molempina vuosina. Kosteissa olosuhteissa (2017) vehnä hyötyi rikkakasvien torjunnasta korkeammalla typpitasolla toisin kuin kuivissa olosuhteissa (2018), jolloin satohyöty rikkakasvien torjunnasta näkyi alhaisemmalla typpitasolla. Rikkakasvien ja viljan paino- ja lukumäärätulokset neljältä kasvukauden havaintokerralta molemmilta vuosilta ovat mallinnuksen aineistoa.

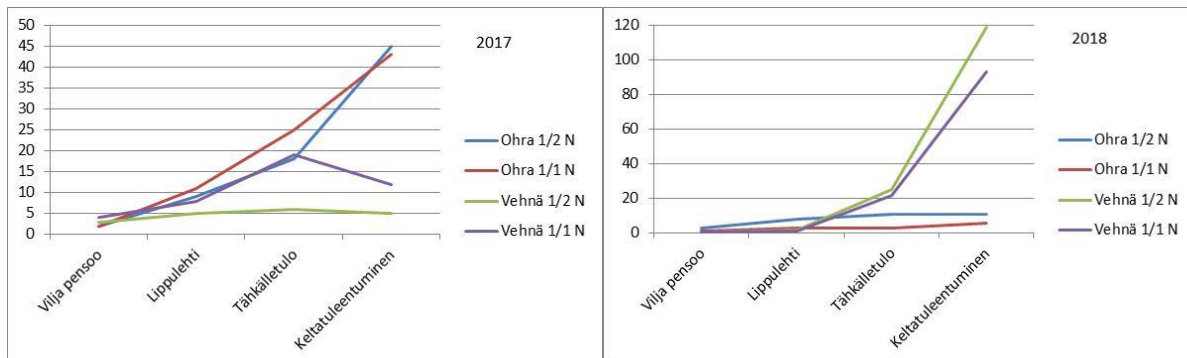


Kuva 4. Ohra- ja vehnäsadot (kg/ha) eri typpimäärillä ja herbisidikäsittelyillä vuonna 2017. Poikkiviiva on käsittelyn keskiarvo ja palkin ääripäät kuvaavat hajontaa.



Kuva 5. Ohra- ja vehnäsadot (kg/ha) eri typpimäärillä ja herbisidikäsittelyillä vuonna 2018. Poikkiviiva on käsittelyn keskiarvo ja palkin ääripäät kuvaavat hajontaa.

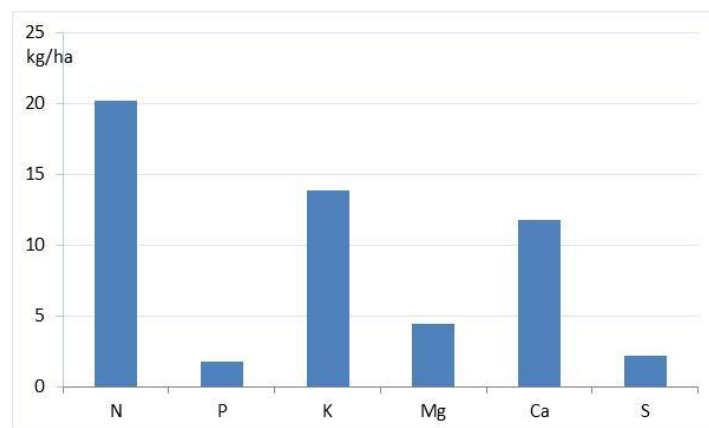
Rikkakasvien kuiva-ainepainot kehittyivät eri tavoin vuosina 2017 ja 2018. Typpilannoituksella ei ollut vaikutusta käsittelemättömän ohra- ja vehnäkavuston rikkakasvimassaan vuonna 2017. Kosteudesta kärsinyt ohra ei myöskään pystynyt kilpailemaan rikkakasvien kanssa yhtä hyvin kuin vehnä. Kosteissa olosuhteissa vehnäkavuston rikkakasvimassa oli suurempi korkeamman typpilannoituksen ruuduissa. Vuonna 2018 ohra kilpaili hyvin rikkakasvien kanssa eikä eri typpitasoilla juurikaan ollut vaikutusta rikkakasvien massa- ja kuiva-ainepainoihin. Ilman kasvinsuojelua vehnä kilpaili heikosti rikkakasveja vastaan molemmilla typpitasoilla ja lopullinen rikkakasvimassa oli korkeampi alhaisen typpitason ruuduissa (Kuva 6). Lähes kolmannes kevätvehnäpellon rikkakasvimassasta oli pihatähtimöä.



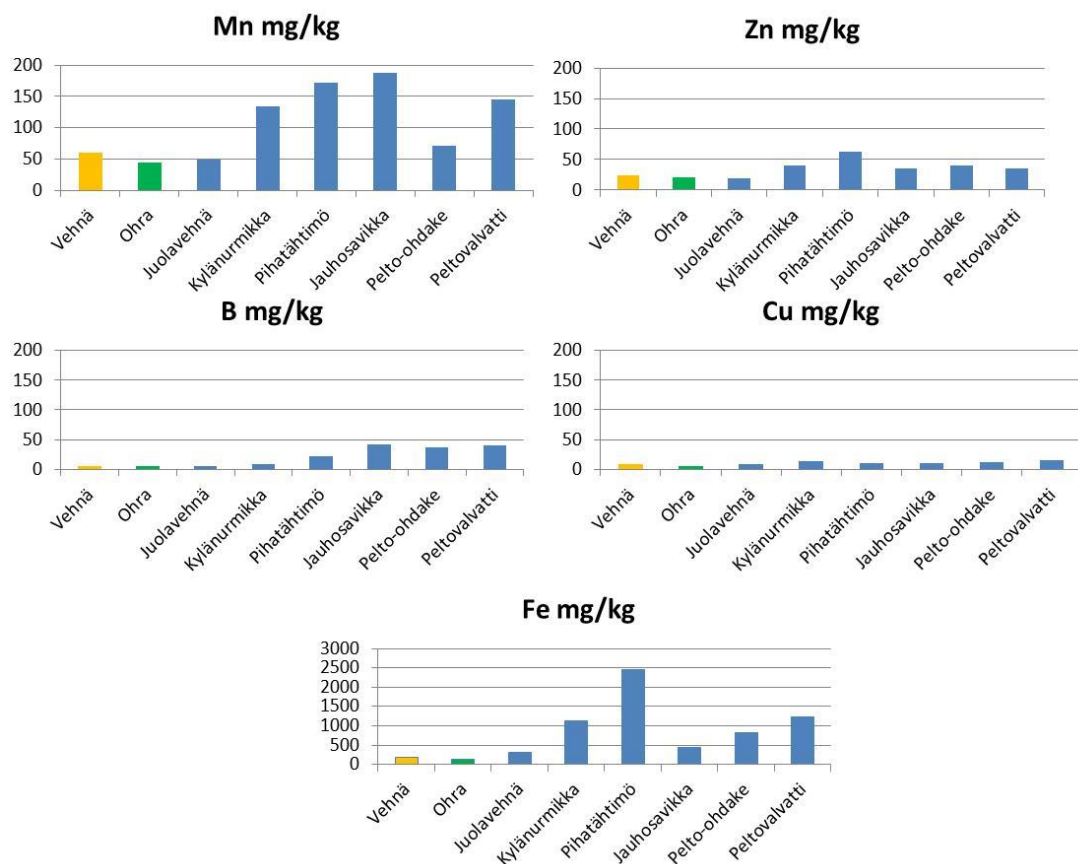
Kuvat 6. Rikkakasvien kuivapainon kehittyminen (g/m^2) kasvukausina 2017 ja 2018 ohra- ja vehnäkavustoissa eri typpitasoilla ilman rikkakasvien torjuntaa.

Pohjaeläinseurannassa koealoja oli viisi (kuva 6). Yksi niistä sijaitsee uomansiirtoalueen alapuolella (Koirapuistonkoski), kaksi uomansiirtoalueella (Ratsutorinkoski ja Soittokunnanpuistonkoski) ja kaksi sen yläpuolella (Vanhanmaantienkoski ja Monikonkoski). Pääosin ne ovat samoja kuin kalastoseurannassa.

Rikkakasvien ravinneanalyytit tehtiin vuoden 2018 kokeista. Kun rikkakasveja ei torjuttu, ottivat rikkakasvit tyyppeä yhteensä keskimäärin 20 kg/ha ja fosforia 1.7 kg/ha . Sivuravinteista rikkakasvit ottivat eniten kalsiumia (Kuva 7). Ravinnepitoisuudet vaihtelivat rikkakasvilajeittain (Kuva 8). Rikkakasvien ottamat hivenravinnemäärät kuiva-ainekiloa kohti olivat suurempia kuin ohrella tai vehnällä, mutta pienestä rikkakasvimassasta johtuen rikkakasvien sitomat ravinnemäärät olivat koevuosina pinta-alaa kohti pieniä. Kuitenkin syväjuurisemmat rikkakasvit selviytyivät hyvin kuivana kesänä 2018. Juolavehnan ottama typpimäärä oli neljä kiloa hehtaarilta, joka oli lähes 10 % ohran alemmasta lannoitetasosta. Juolavehna ja kylänurmikka ottivat ravinteita kokoonsa nähden samassa suhteessa kuin vilja, lukuun ottamatta rautaa, jota juolavehna ja kylänurmikka ottivat viljaa tehokkaammin.



Kuva 7. Rikkakasvien pää- ja sivuravinteiden otto ohra- ja vehnäkokeissa ilman rikkakasvien torjuntaa kasvukautena 2018.



Kuva 8. Eri kasvilajien ravinnepitoisuudet mg/kg kuiva-ainetta vuoden 2018 ohra- ja vehnäkokeissa.

3.3. Kirjallisuuskatsaus rehunurmien rikkakasvitutkimuksiin

Rikkakasvien haitallisuuden arviointi nurmituotannossa poikkeaa muussa kasvituotannossa tapahtuvasta arvioinnista siinä, että rikkakasvit ovat pääosin osa käyttökelpoista korjattavaa satoa. Siten ne eivät vähennä ravinteita viljelykierrosta samalla tavalla kuin viljojen tai öljykasvien viljelyksessä. Haitat voidaan jakaa kolmeen ryhmään eli 1) rikkakasvien kykyyn tuottaa satoa (ts. sulavaa orgaanista ainetta) suhteessa viljelykasveihin, 2) vaikutus sadon ruokinnalliseen arvoon, säilöttävyyteen niitonurmilla ja maittavuuteen laitumella, 3) aggressiivisuuteen monivuotisissa kasvustoissa ja haittoihin viljelykierrossa.

Nurmien rikkakasvien merkitystä kotieläintuotannon kannalta on tutkittu Suomessa hyvin vähän, ja melko vähän Skandinaviassa (Haugland 1993) tai muuallakaan Euroopassa. Tämä kuvastaa sitä, että rikkakasvien haittoja nurmilla ei koeta kovin vakaviksi. Haittojen taloudellinen arviointi onkin hyvin vaikeaa, koska ne pitäisi pystyä arvioimaan eläintuotannon tasolla (Lewis & Hopkins 2000). Jotkut tutkijat ovat myös esittäneet, että olisi eduksi, jos nurmikasvustossa esiintyisi noin 20 - 30 % leveyslehtisiä kasveja (Spatz & Baumgartner 1990). Viime vuosikymmenten selvitykset ja tutkimukset Suomessa ovat olleet hyvin pienimuotoisia kenttä- tai maatilakokeita tai kyselytutkimuksia, jotka on julkaistu lähinnä tilaajaraporteissa tai neuvonnallisissa kirjoituksissa.

Nurmien rikkakasvilajistoa on selvitetty kattavasti edellisen kerran 1968-1969 (Raatikainen & Raatikainen, 1975). Nurmenviljely on muuttunut radikaalisti kuluneen 50 vuoden aikana. Nykyiset lajistokuvaukset on tehty osana kasvisuojelututkimuksia ja laidunkokeita ja tiedot perustuvat yksittäisiin pieniin tutkimuksiin. Myös luomulaitumien lajistoa on kartoitettu (Kuusela & Hytti 2001). Vähäi-

senkin aineiston perusteella näyttää selvältä, että rikkakasvilajisto on muuttunut viljelytekniikan, viljelykiertojen, ja siementuotannon tehostumisen myötä (Taimisto & Virkajärvi 2019).

Rikkakasvilajien rehuarvoa on kartoitettu osana kasvisuojelututkimuksia ja laidunkokeita. Uusin päivitys eri lajien rehuarvoista on vuodelta 2012 (Virkajärvi ym. 2012). Yhteenvedon mukaan vaihtelu eri rikkakasvilajien rehuarvoissa on huomattavaa sekä rehun energia-arvon mutta erityisesti kasvien kivennäiskoostumuksen ja -suhteiden osalta: joidenkin lajien rehuarvo on varsin korkea kun taas toiset lajit omaavat hyvin heikon sulavuuden tai voimakkaan korkeita kivennäispitoisuuksia (Virkajärvi ym. 2012).

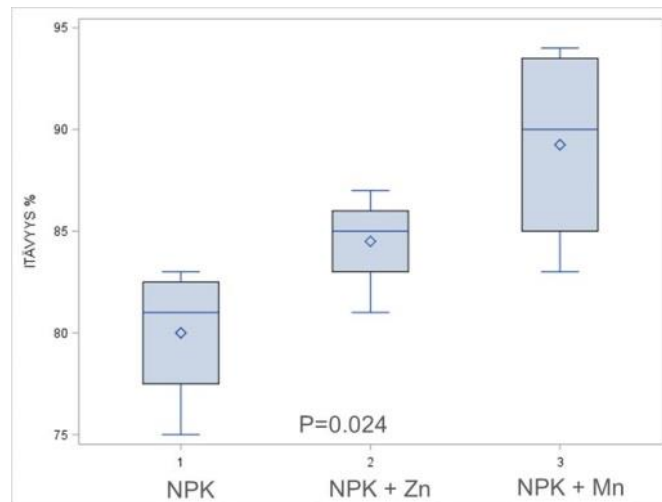
Erikseen on tutkittu voikukan osuuden vaikutusta nurmirehun säilöttävyyteen ja todettu ettei korkeakaan voikukkapitoisuus alentanut rehun säilöttävyyttä laboratorio-olosuhteissa (Rahkonen 2011). Todennäköisesti rikkakasvit eivät aiheuta maidon makuvirheitä (Korhonen 2013). FABA:n terveys-tarkkailutietojen perusteella eläinten myrkytystapauksia ei ole voitu jäljittää myrkyllisiin rikkakasveihin (Virkajärvi ym. 2012). Suomalaisten niitty- ja rönsyleinikkien ranunkuliinipitoisuus on mahdollisesti korkeahko.

Nurmenviljelyssä rikkakasvien torjunnan keskeinen ajankohta on vanhan nurmen lopettaminen (kestorikkakasvit) ja uuden nurmen perustaminen (siemenlevintäiset). Näistä aiheista saatavilla oleva tieto lieenee riittävä (Puurunen & Virkajärvi 2005, Puurunen ym. 2010). Sen sijaan nurmivuosien torjunnan tehoa ja torjuntakynnystä selvittäviä kokeita on ollut niukasti (Kajan & Nousiainen 2006; Virkajärvi & Pakarinen 2008; Suomela 2012). Virkajärven ym. (2012) yhteenvedon mukaan näissä kokeissa on havaittu, että valmisteet tehoavat oikein ajoitettuna hyvin yleisimpiin rikkakasveihin. Keväällä tehdyn herbisidikäsitteilyn seurauksena rikkakasvien osuus on jäänyt kokeissa hyvin alhaiseksi. Koska kotimaiset nurmikasvilajit ovat heikkoja versomaan etenkin pitkässä päivässä, ne eivät kykene täyttämään nurmen aukkoja ensimmäiseen niittoon. Tämän vuoksi torjuntaa seuraava sato jää torjumaton verrokkia alemmaksi.

Vaikka timotei ja nurminata eivät täytä isoja aukkoja, nurmi versoo paremmin myöhemmin kesällä ja toisen niiton sadossa voidaan saada sadonlisää torjumattomaan nurmeen verrattuna. Tästä heikosta aukkojentäyttämiskyvystä johtuu, että torjunnan satovaste rikkakasvipitoisuuden funktiona on epälineaarinen: kun rikkakasveja esiintyy kasvustossa vain vähän (< 10 % sadon kuiva-aineesta), torjunnalle ei juurikaan saada satovastetta, mutta toisaalta ehkäistään rikkakasvien invaasio. Rikkakasviosuuden ollessa välillä 10- 20 % kuiva-aineesta on torjunnan satovaste suurin ja torjunta on hyvin taloudellisesti kannattavaa. Jos rikkakasveja on paljon (> 30 % kuiva-aineesta) on satovaikutus negatiivinen, ja tällöin nurmen uusiminen on suositeltava vaihtoehto. Rikkakasveja voi torjua nurmilla myös syksyllä (Suomela 2012). Torjunta-ajasta riippumatta torjunnan edullinen vaikutus voi jatkua vielä torjuntaa seuraavana vuonna, mutta tästä on verraten niukasti havaintoja.

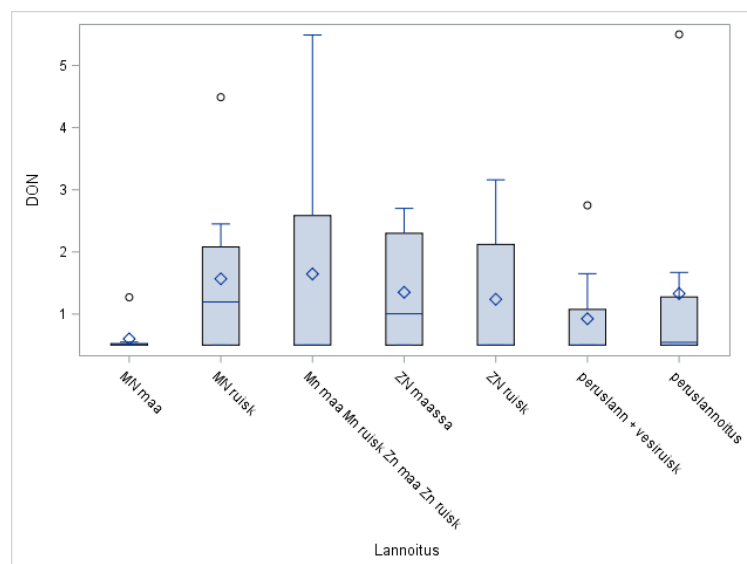
3.4. Resilienssiä tasapainoisella lannoituksella

Hanke tuotti tietoa kasvinravinteiden mahdollisuuksista taudinaiheuttajien haittavaikutusten vähentämiseksi kasvihuoneolosuhteissa. Sekä Mn- että Zn-lannoitukset paransivat *Fusarium*-sienipitoisen kauran itävyyttä (Kuva 9). Tyvitautiloireisiin tai orasvaiheessa kerättyjen yksilöiden kuiva-ainepainoon Mn- tai Zn-lannoituksilla ei ollut vaikutusta. Samansuuntaiset tulokset saatiin hyvin heikosti itävällä siemenellä.



Kuva 9. Kasvihuoneolosuhteissa kauran itävyys oli suurin, kun kasvit saivat peruslannoituksen yhteydessä mangaania. Poikkiviiva on käsittelyn mediaani, pieni neliö keskiarvo ja palkin ääripäät kuvaavat hajontaa.

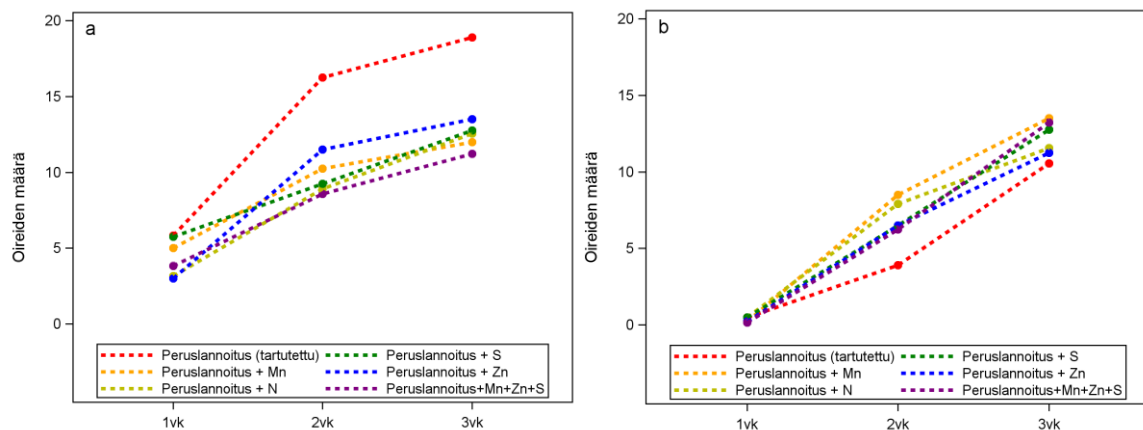
Eri lannoituskäsittelyjen vaikutusta kauran punahometartuntaan selvitettiin *F. graminearum* –sienellä tartutetussa kaurassa. Lehtivihreäpitoisuus oli kauran röyhylletulovaiheessa suurin koejäsenissä, jotka olivat saaneet kylvön yhteydessä Mn-lannoituksen. Fusarium-tartuntataso oli kokeessa alhainen ja Fusarium-sienipitoisten jyvien lukumäärässä ei ollut eroa eri koejäsenten välillä. Myös DON-toksiinipitoisuudet olivat kasvihuoneoloissa tehdyssä kokeessa melko alhaiset (0 – 5,5 mg/kg). Koejäsenissä, jotka olivat saaneet Mn-lannoituksen, olivat DON-toksiinipitoisuudet muita koejäseniä alhaisempia. Muiden koejäsenten välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa sadon toksinipitoisuuksissa (Kuva 10).



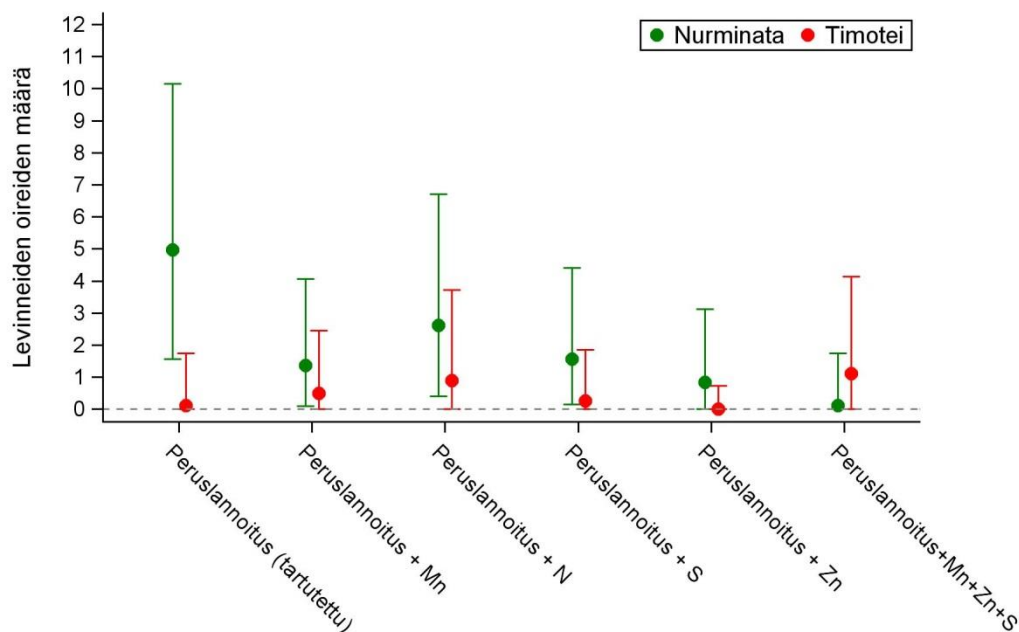
Kuva 10. Kasvihuonekokeessa Mn-lannoituksen kylvön yhteydessä saaneen kauran sadon DON-toksiinipitoisuus (mg/kg) oli alhaisempi kuin muiden koejäsenten. Poikkiviiva on käsittelyn mediaani, pieni neliö keskiarvo ja palkin ääripäät kuvaavat hajontaa.

Kasvihuonekokeessa laikkutauteja aiheuttavien Drechslera-sienten oireet tulivat nopeammin esiin nurminadalla kuin timoteilla, noin 2 viikkoa tartunnan jälkeen. Myös oireiden kehitys oli nurminadalla timoteita nopeampaa. Nurminadan oireiden kehityksessä oli eroja eri lannoitekäsittelyjen välillä. Nurminadalla lehtilaikkutautien oireet etenivät merkitsevästi hitaammin, kun kasvit saivat NPK-

lannoitteen lisäksi myös mangaania, rikkiä ja sinkkiä (Kuva 11a, 12). Timotein oireiden voimakkuuteen ei eri lannoituksilla ollut vaikutusta (Kuva 11b, 12).

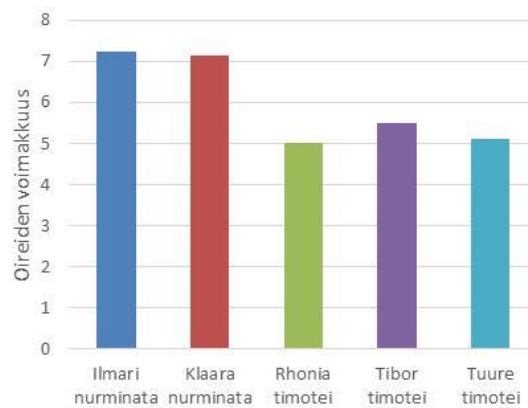


Kuva 11. Nurminadalla oireita esiintyi eniten koejäsenessä, joka oli saanut pelkän NPK-lannoituksen (11a). Timoteilla (11b) ei oireiden kehityksessä ollut eroa lannoituskäsittelyjen välillä. Kuvissa näkyy keskimääräinen oireiden lehtien lukumäärän kehitys purkkia kohti 1, 2 ja 3 viikkoa ensimmäisten oireiden esiintymisestä.



Kuva 12. Nurminadalla laajenneita *D. dictyoiden* oireita oli tilastollisesti merkitsevästi vähiten koejäsenessä, joka oli saanut kylvön yhteydessä Mn, Zn- ja S-lannoituksen. Janan ääripäätt kuvaavat tulosten hajontaa ja pallo keskiarvoa.

Kotkaniemen pelloilla havaittiin sekä rehunurmissa että siemenheinäkasvustoissa lehtilaikkua, joka varmistui *D. dictyoides* -sieneksi. Siemenheinillä lehtilaikkutautien määrä lisääntyi merkittävästi vanhenevassa kasvustossa ja oireet olivat nurminadalla timoteita voimakkaammat (Kuva 13). Rehunurmilla lehtilaikkutautien aiheuttamat vauriot olivat runsaimmillaan kolmannessa sadossa. Typpilannoitustasot eivät vaikuttaneet lehtilaikkutautien esiintymiseen. Siemennurmilannoituskokeella Amistarkäsittely vähensi lehtilaikkutautien määrää. Eri nurmiseosten välillä ei havaittu eroja tautien määrässä.

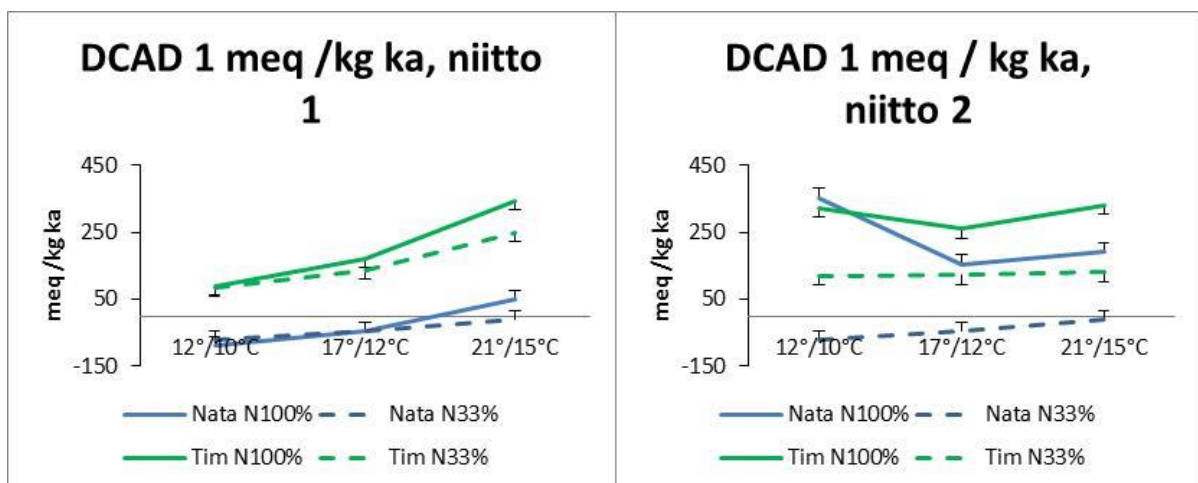


Kasvustohavainto 11.7.2018

Kuva 13. Lehtilaikkutautien määrä timotein ja nurminadan siemenviljelyksillä Kotkaniemessä vuonna 2018. Havainto tehty 11.7. Asteikko 0-10.

Nurmen kasvuolosuhteiden vaikutusta rehun kivennäispitoisuuksiin ja siten lypsylehmien poikimahalvausriskin suuruuteen selvitettiin kasvihuonekokeessa, jossa kasvulämpötilaa voitiin säädellä viileäksi ja korkeaksi. Kokeessa, jossa testattiin lämpötilan vaikutusta nurmikasvien ravinteiden ottoon, timotei ja nurminata poikkesivat selvästi toistaan useimpien kivennäispitoisuuksien osalta, mitä osin selitti lajien suuri ero lehti-korsisuhteessa. Kivennäispitoisuuksissa havaittiin merkittäviä eroja myös eri niittojen välillä. Näiden lisäksi lajien kivennäispitoisuudet reagoivat usein eri tavoin kasvatuslämpötiloihin.

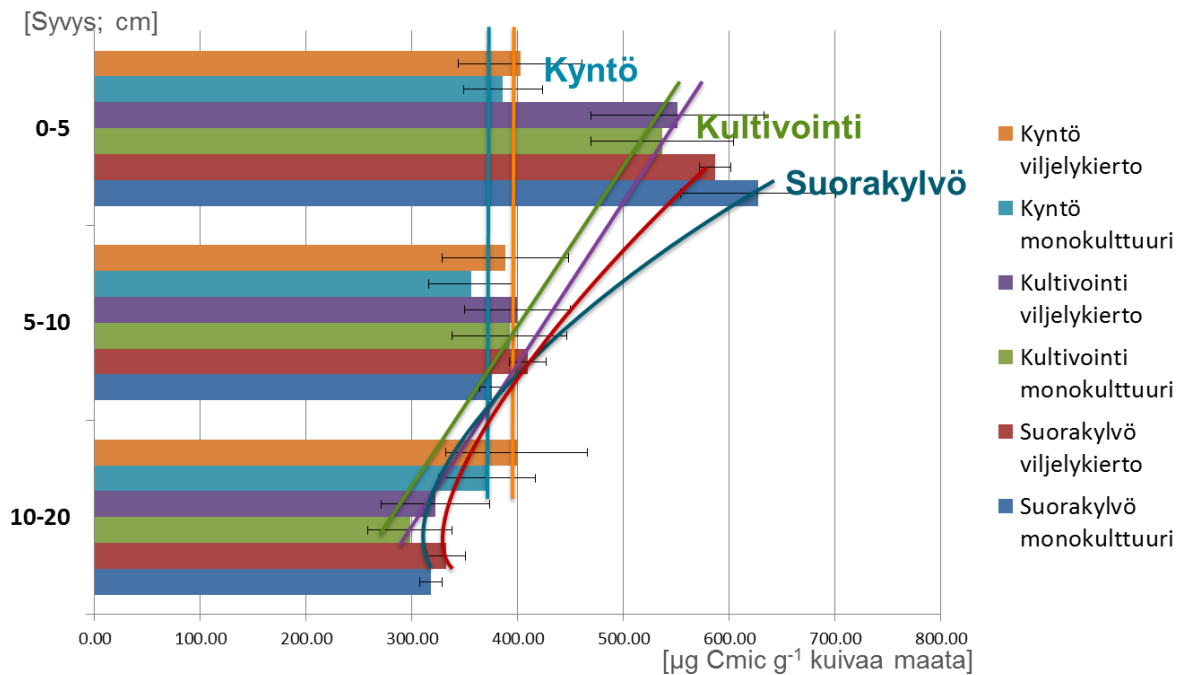
Poikimahalvausta kuvaava DCAD-arvo nousi lämpötilan myötä ensimmäisessä niitossa ja arvo oli timoteilla nurminataa korkeampi (Kuva 14). Toisessa niitossa DCAD-arvo oli korkeampi suuremmalla typpilannoituksella kuin alhaisella typpilannoituksella (Kuva 14). Nadalla pitoisuus oli riskitasoa alhaisempi molemmissa niitoissa. Toisessa niitossa typpilannoitus kohotti DCAD-arvoa selvästi ja myös lämpötilan ja typpilannoituksen yhdysvaikutus oli merkitsevä.



Kuva 14. Poikimahalvaukseen vaikuttavan DCAD 1 arvot kasvihuonekokeen eri niitoissa nurminadalla ja timoteilla eri lämpötiloissa ja typpitasoilla.

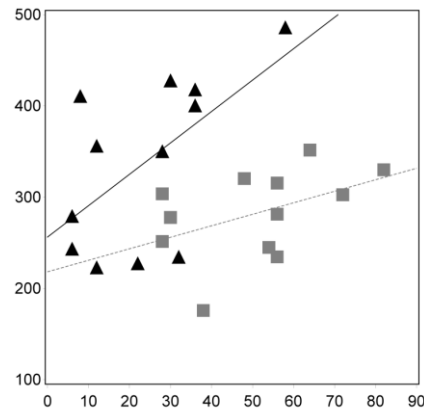
3.5. Maan terveys – kasvinterveys – ravinteiden hyödyntäminen

Tulokset osoittavat, että viljelytoimenpiteillä voidaan vaikuttaa peltomaan mikrobistoon, sen määrään ja sijoittumiseen peltomaassa (Kuva 15). Maan kyntäminen sekoittaa pintamaan tehokkaasti ja pitää muokkaukerroksen tasalaatuisena. Muokkauksen keventäminen kerryttää mikrobistoa pinta-maahan. Monipuolinen kasvinvuorotus näyttäisi lisäävän mikrobiston kokonaismäärää ohran monokulttuuriin verrattuna.



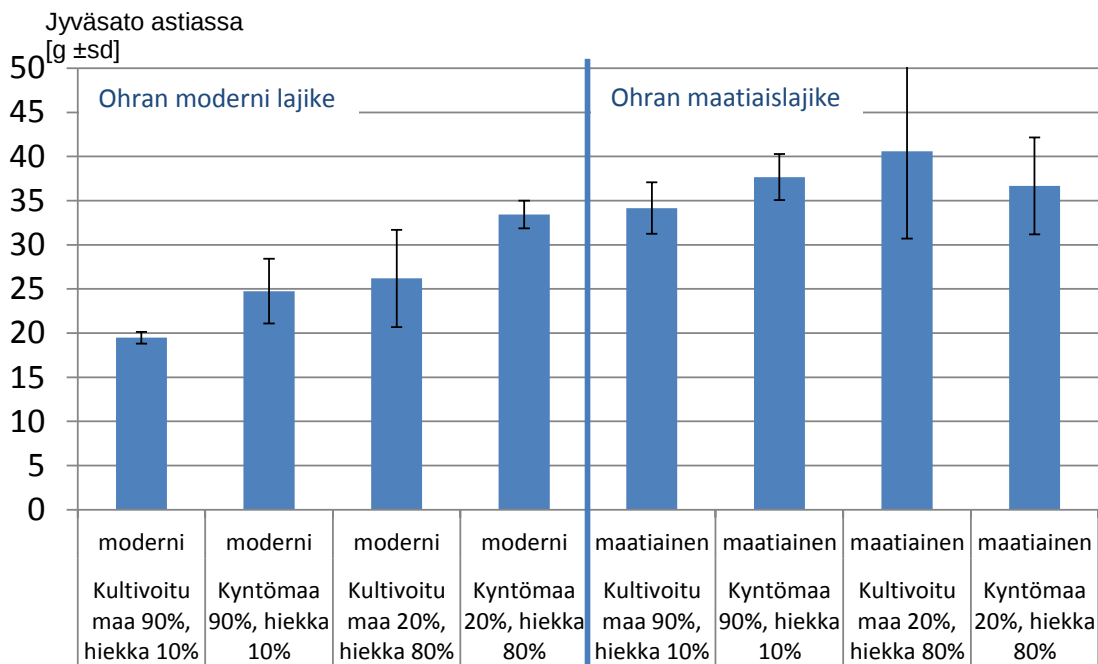
Kuva 15. Perusmuokkaustavat muuttavat mikrobiston sijoittumista peltomaan eri kerroksiin. Kynnetyssä maassa muokkaukerros pysyy mikrobiston osalta tasalaatuisena. Mitä vähemmän maata käsitellään, sitä jyrkempi muutos peltomaan pintakerroksissa havaitaan. Vaaka-akselilla on mikrobiston kokonaismassa.

Runsaalla mikrobiston kokonaismäärällä todettiin yhteys peltomaan kykyyn tukahduttaa maalevintäisiä kasvitauteja. Mitä enemmän mikrobistoa oli maanäytteessä, sitä heikommin testisienenä ollut punahomeen aiheuttaja *Fusarium culmorum* pystyi kasvamaan ja sitä vähemmän ohran kasvustossa todettiin sen aiheuttamia oireita (Kuva 16).



Kuva 16. Mitä paremmin punahomeen testisieni *Fusarium culmorum* kasvoi testimaljalla, sitä enemmän tehtiin kentällä *F. culmorumin* tautihavaintoja ohran tyvellä. Y-akselilla *F. culmorum*-sienen kasvuala testimaljalla [maan luontainen tautientukahduttamiskyky (sienen kasvuala [mm²]; mitä pienempi, sitä voimakkaampi), x-akselilla *F. culmorumin* tautihavainnot [%]. Kolmio = ohran monokulttuuri, neliö = viljelykierto (näytteenottovuonna kaura; koko kierto ohra-härkäpapu-kaura-rypsi). Kaura tiedetään ohraa herkemäksi *F. culmorum* –tartunnalle.

Astiakokeessa oli mukana kaksi lajiketta. Ne oli valittu siten, että toinen pärjäsikin paremmin korkealla mineraalilannoitustasolla (ns. moderni lajike 'Elmeri') ja toinen matalalla (maatiaislajike 'NGB 8185'). Astiakokeessa Elmeri otti ravinteita satoon tehokkaammin kuin vertailussa ollut maatiaislajike NGB 8185. Maatiaislajike kuitenkin tuotti määrällisesti enemmän satoa astiakokeen kontrolloiduissa oloissa (Kuva 17). Alustavien tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että runsas mikrobisto häiritsi modernin lajikkeen sadontuottoa, mikä voisi johtua ravinnekilpailusta. Maatiaislajike sen sijaan tuotti satoa varsin tasaisesti erilaisissa maaseoksissa, jotka sisälsivät erilaiset kokonaismäärät mikrobistoa.



Kuva 17. Astiakokeen ohran jyväsato [g±sd]. Moderni lajike on Elmeri, maatiaislajike NGB 8185. Pylväät on järjestetty maaperän mikrobibiomassan kokonaismäärän suhteen järjestykseen runsaimmasta niukimpaan.

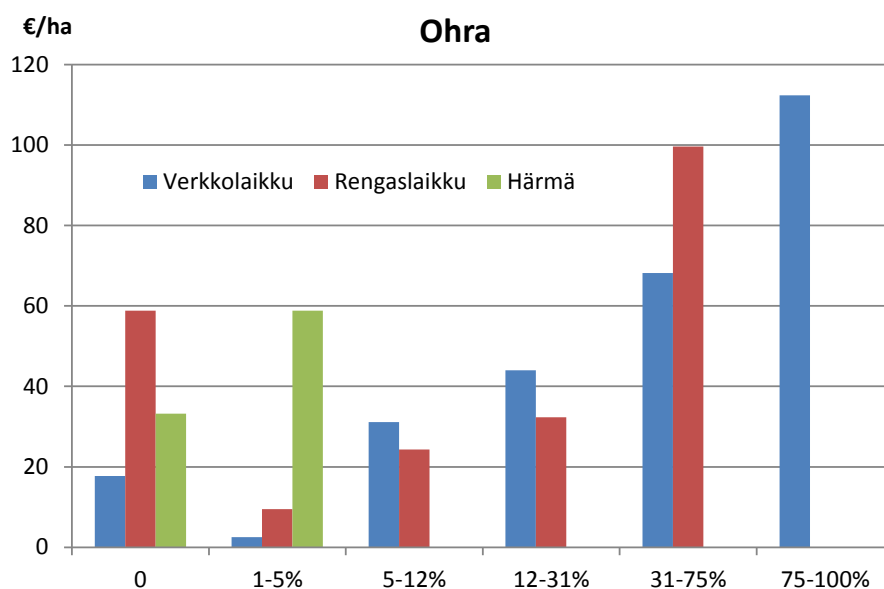
3.6. Kustannuslaskelmat

Kaikki kylvösiemenen laadun parantamiseen tehdyt työt lisäsivät satoa ja olivat kustannusvaikutuksiltaan positiivisia (Taulukko 2). Suurin sadonlisä saatiin käyttämällä sertifioitua siementä ja paras kate käyttämällä omaa kunnostettua ja peitattua siementä. Laskelmissa käytettiin kevään 2018 hintatasoa, joka oli ohralla 142 €/tn ja sertifioidulla siemenellä 460 €/tn, tilan omansiemenen käytöstä perittävä maksu 4,6 €/ha ja lajittelu 25 €/tn sekä peittäus 75 €/tn. Sertifioidun siemenen käytöstä tulee kannattavaa viljan hintatason noustessa riittävästi, ohralla 180 €/tn hintatasolla käyttö olisi yhtä kannattavaa kuin oman kunnostetun siemen käyttö, jos muut hinnat pysyisivät ennallaan.

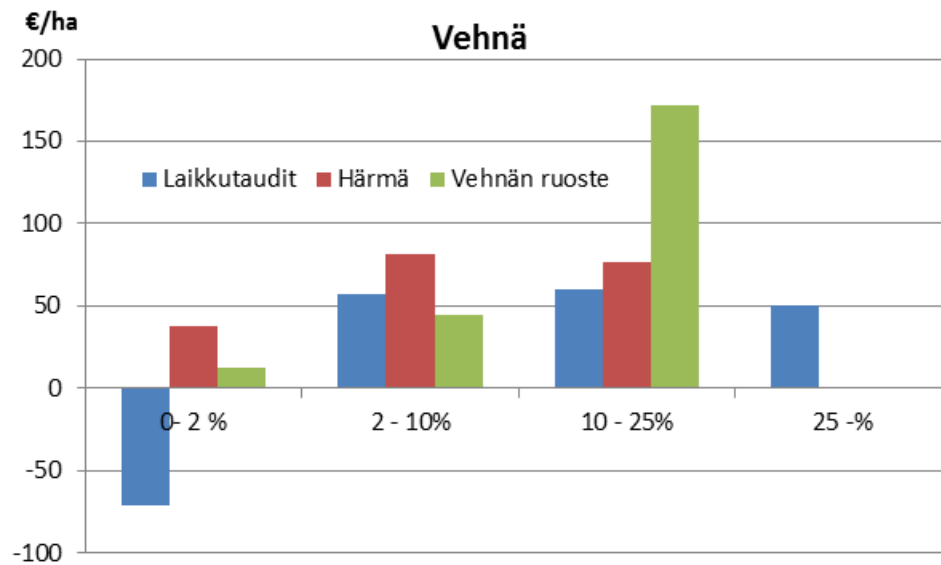
Taulukko 2. Ohran kunnostetun kylvösiemenen ja sertifioidun kylvösiemen käytön vertailu.

	Siementarve kg/ha	Siemenkustannus €/ha	Sadon suhdeluku	Sadon arvo-siemenkustannus suhdeluku
Kunnostamaton siemen	255	36	100	100
Lajittelu >2,7 mm, ei peittäusta	257	43	102	101
Lajittelu >2,7 mm, peittäus	255	62	108	105
Lajittelu <2,5 mm, ei peittäusta	255	43	97	96
Sertifioitu siemen	251	116	111	102

Ohralla kasvitautien torjunta tuotti positiivisen taloudellisen tuloksen jo alhaisilla tautimäärillä (Kuva 18). Tautimäärän lisääntyessä sadonlisän arvon ja torjuntakustannusten erotus kasvoi sadonlisän kasvaessa. Kevätvehnällä laikkutautien torjunta laski satoa kasvustossa, kun laikkutautia esiintyi alle 2 % lehden alasta. Suuremmilla kasvitautien määrillä kasvitautien torjunnalla saatu satohyöty muodostui positiiviseksi ja laikkutautien torjunta oli kannattava (Kuva 19).



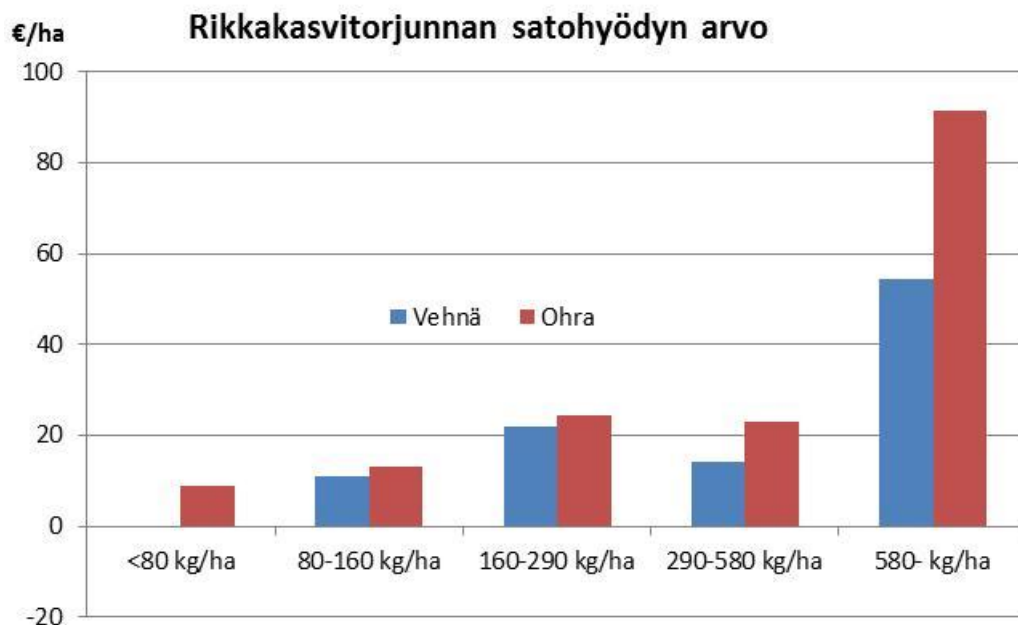
Kuva 18. Ohran tautiriskin hyöty eri tautimäärissä, kun sadonlisän arvosta vähennetty ruiskutuksen muuttuvat kustannukset.



Kuva 19. Kevätvehnän tautiriskitusten hyöty eri tautimäärissä, kun sadonlisän arvosta vähennetty riskituksen muuttuvat kustannukset.

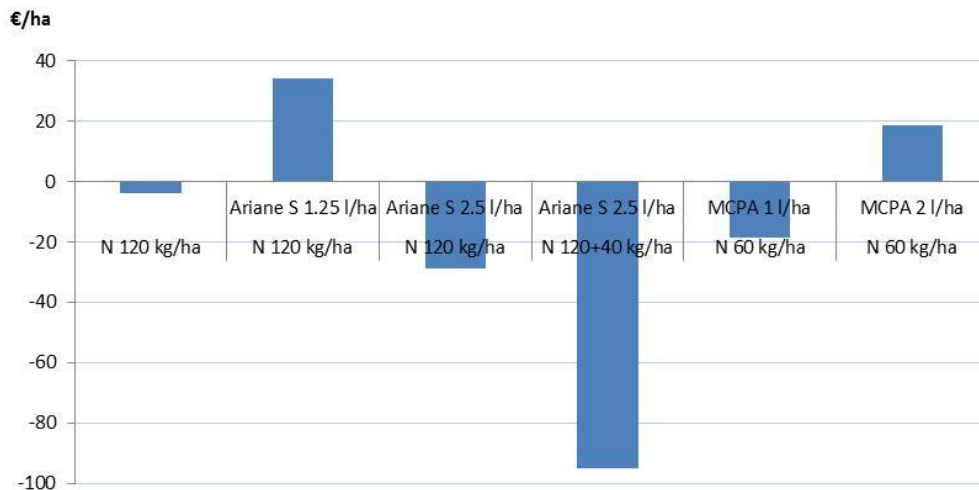
Viljelijöiden käyttöön soveltuva excel-pohjainen ohjelma eri kasvinsuojeluaineiden käytön kannattavuuden vertailuun tehtiin Tukesin kasvinsuojeluainerekisterissä oleville kasvitautiaineille.

Rikkakasvien torjunta oli taloudellisesti kannattavaa ohralla jo alle 80 kuiva-aine kg/ha rikkakasvimäärillä. Kevätvehnällä yli 80 kg/ha rikkakasvimäärän torjunta oli taloudellisesti kannattavaa. Molemmilla viljoilla rikkakasvimäärän lisääntyessä rikkakasvintorjunnan kannattavuus parani (Kuva 20).



Kuva 20. Kevätvehnän ja ohran satohyödyn arvo eri rikkakasviluokissa, kun sadonlisän arvosta on vähennetty torjuntakustannus.

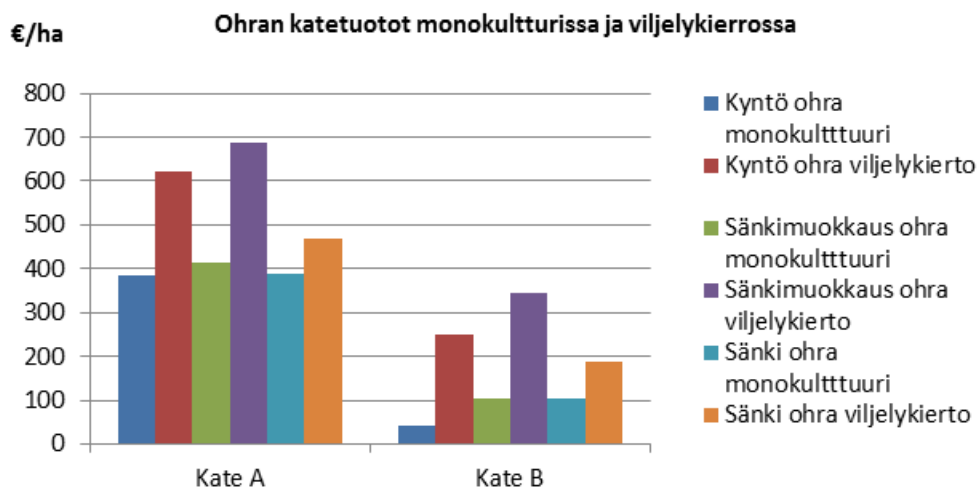
Jokioisilla tehdyssä peltokokeissa kosteusolosuhteiltaan poikkeuksellisinä vuosina 2017 ja 2018 ohran viljely oli kannattamatonta kaikilla typpi- ja rikkakasvikäsittelyillä verrattuna 50 N kg/ha lannoitukseen ilman kasvinsuojelua. Kevätvehnällä lisääntyneen lannoituksen ja rikkakasvien torjunnan sadonlisän arvo oli positiivinen verrattuna 60 N kg/ha lannoitukseen ilman rikkakasvien torjuntaa 120 N kg/ha lannoituksella ja laajatehoisen rikkakasviaineen pienimmällä käyttömäärällä sekä 60 N kg/ha lannoitusmäärällä, kun rikkakasvintorjuntaan käytettiin MCPA:a 2 l/ha (Kuva 21).



Kuva 21. Kevätvehnän katetuotto A eri typpilannoituksilla ja rikkakasvitorjunnoilla.

Muokkausmenetelmien vertailussa ohran monokulttuuriviljelyssä neljän vuoden siirtymäjaksolla kynnessä katetuotto A oli 1 % sänkimuokkausta ja 4 % sänkisuorakylvöä tuottoisampaa. Kynnon ja sänkimuokkauksen välinen katetuottojen suhde säilyi samana tämän jakson jälkeen, mutta sängelle tehdyn suorakylvön katetuotto A oli kyntöön nähden 6 % suurempi (Kuva 22).

Viljelykiertokokeessa katetuotot olivat ohralla kaikilla perusmuokkaustavoilla korkeammat viljelykierrossa kuin ohralla monokulttuurissa. Katetuotto A oli ohralla viljelykierrossa kynnessä 61 %, syyssänkimuokkauksessa 66 % ja suorakylvössä 21 % suurempi kuin monokulttuurissa. Kun työ otettiin huomioon, olivat katetuotot ohran monokulttuuriviljelyssä korkeimmat suorakylvössä ja sänkimuokkauksessa (Kuva 22).



Kuva 22. Ohran katetuotot A ja B monokulttuuri- ja viljelykierrossa.

4. Tulosten arviointi

4.1. Toteutusvaiheen arviointi

Selvitettäessä kasvintuhoojien vaikutusta viljelykasvien ravinteiden ottoon oli tuhoeläinten osalta dataa niukasti saatavissa, mikä oli tiedossa jo suunnitelmaa tehdessä. Myös aihepiiriin liittyvää kirjallisuutta ja muita vastaavia tutkimuksia löytyi vähän.

Tutkimuksen kenttäosuus ajoittui vuosille 2017 ja 2018. Vuoden 2017 kasvukauden alku oli hyvin viileä. Kesäkuun alun rankat sateet kellastuttivat ohrakasvuston ja vaikka vehnä ei värimuutoksin liikamärkyyttä ilmentänytkään, kummankin viljalajin kasvu kärsi kevään oloista. Vuosi 2018 oli vuoden 2017 vastakohta. Toukokuun keskilämpötila oli 5,1 astetta pitkän aikavälin arvoa suurempi ja toukokuun lopussa lämpösumma oli kaksinkertainen verrattuna pitkäaikaiseen keskiarvoon. Sademäärät olivat aurinkoisessa säässä pieniä ja haihtuminen runsasta. Viljelykasvien lisäksi rikkakasvit kärsivät kuivuudesta. Kestorikkakasvit selviytyivät yksivuotisia kasveja paremmin.

Kasvukausien säähän ei voi vaikuttaa. Vilja- ja rikkakasvinäytteiden otto toteutettiin suunnitellun aikataulun mukaisesti. Kasvien ravinneanalyysit tehtiin kuivan vuoden kasveista. Vilja kasvoi kuivana vuonna viileää ja sateista vuotta ”normaalimmin”, mutta rikkakasvit jäivät hyvin pieniksi. Tehdyt kokeet kuvaavat rikkakasvien käyttäytymistä eri typpi- ja rikkakasvikäsittelyillä vain kasvukausien poikkeuksellisissa olosuhteista ja tulosten yleistettävyyttä koskemaan erityyppisiä ympäristöoloja edellyttäisi lisää kokeita. Vaikka viljelyksellisesti kesien säät eivät olleet edustavia, tulokset ovat arvokkaita mallien kehitykseen ja testaustyölle, edustaen ääriolosuhteita.

Viljelykasvien hivenravinteiden käytön tutkimusta on oloissamme tehty toistaiseksi vähän. Tietoa kasvihuoneissa käytettävistä tutkimuskysymyksiin vastaavista ravinteiden määristä nurmilla ja kauralla oli vähän saatavissa ja kokeissa käytetyt pitoisuudet perustuivat lähinnä kirjallisuudesta ja Luken maaperä- ja kasvinravinnetutkijoilta saatuaan kokemusperäiseen tietoon. Vaikka kasvihuoneissa saadaan poissuljettua ulkoisia virhetekijöitä, on erityisesti lannoitemäärien säätäminen pelto-oloja vastaavalle tasolle vaativaa. Esiin tulivat myös eri ravinteiden yhdysvaikutukset, joista tietoa on vähän saatavissa.

Vaikka kasvihuoneolosuhteet ovat kontrolloidut, on näissä kuitenkin huoneen sisällä lähinnä tuuletuksesta johtuvia vaihtelua. Tämä edellyttää pelto-olosuhteita suurempaa kerranteiden määrää. Voimakas tuuletus lämpimänä kasvukautena 2018 alensi huoneen kosteutta ja heikensi Fusarium-tartuntaa kauralla, minkä vuoksi koe jouduttiin toistamaan. Myös Fusarium-siementartunta koe toistettiin, koska ensimmäisessä kokeessa siemeneksi valittiin liian voimakkaan Fusarium-tartunnan omaava siemen ja parhaimmillaankin itävyydet jäivät alle 20 prosentin.

Maan mikrobiston tutkimuskokonaisuudessa alkuperäisestä suunnitelmasta leikkaantuneen hanke-rahituksen vuoksi alkuperäistä työsuunnitelmaa jouduttiin jonkin verran pienentämään. Aikataulu oli myös tiukka ja pääosa tuloksista julkaistaan hankkeen päättymisen jälkeen.

Kasvinsuojelutoimien taloudellisia vaikutuksia tarkasteltiin muiden työpakettien keräämien ja analysoimien koedatojen pohjalta sekä muissa työpaketeissa tehtyjen kenttäkokeiden tulosten pohjalta, jolloin tulokset olivat käytettävissä vasta hankkeen loppujaksolla. Hankkeen alussa ei ollut selvää, minkä tyyppisiä tuloksia muut työpaketit tuottavat ja kuinka ne soveltuvat toimenpiteiden kannattavuuksien laskentaan. Suuret kasvinsuojeluaineiden käyttötutkimuskokeet tuottivat paljon yksityiskohtaista tietoa pitkältä ajalta, mutta suuri osa kokeissa käytetyistä valmisteista oli joko koeaineita tai niiden hyväksyntä oli vanhentunut kasvinsuojeluainerekisterissä, joten niitä ei voitu käyttää hyväksi kustannuksia laskettaessa.

Kokonaisuudessaan tutkimuksen aihealue ja lähestymistapa oli uusi. Tavoiteasetanta oli kunnianhimoinen suhteessa rahoituksen määrään ja hankkeen keston. Vaikka hankkeessa hyödynnettiin paljon vanhoja aineistoja, sisälsi hanke myös uutta tutkimusta. Tieteelliset julkaisut valmistuvat vasta hankkeen päättymisen jälkeen.

Muilta osin tutkimushankkeen toteutus sujui erinomaisesti. Mielenkiintoiset tutkimuskysymykset motivoivat kaikkia hankkeen osapuolia etsimään tutkimustietoon perustuvia vastauksia. Eri toimijoiden välinen synergia lisääntyi tutkimussuunnitelmia ja tuloksia pohdittaessa. Eri erityisen merkittävä oli teknisen henkilöstön panos tarkkuutta vaativien kokeiden toteutuksessa.

4.2. Tulosten käytännön sovellutuskelpoisuus

Keskeisin tulos on, että Suomessa esiintyvät kasvintuhoojat (rikkakasvit, kasvitaudit, tuhohyönteiset) voivat aiheuttaa merkittäviä satotappioita. Satotappioista johtuen osa annetuista ravinteista ei tule viljelykasvien käyttöön. Tulokset ovat merkittäviä käytännön viljelyn kannalta. Vaikka viljojen satotappioista aiheutuvat käyttämättä jäävien ravinteiden hehtaarikohtaiset määrät eivät ole kovin suuria, niiden kokonaismäärä kasvaa viljojen suuren vuosittaisen viljelyalan vuoksi. Tämän vuoksi tuotantopanosten käytön optimointi on tarpeen. Kasvintuhoojien tarpeenmukaisilla ja oikea-aikaisilla hallintatoimenpiteillä voidaan parantaa ravinteiden käyttöä ja vähentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Tuloksilla on merkitystä sekä taloudellisesti että ympäristön kannalta. Tuloksia voidaan myös hyödyntää esimerkiksi elinkaarianalyseissa ja ravinnetaselaskelmissa.

Rikkakasvit ottavat suhteessa kuivapainoonsa viljelykasveja tehokkaammin hivenravinteita, mutta vähemmän pääravinteita. Olosuhteet vaikuttavat voimakkaammin siemenrikkakasvien kuin kestorikkakasvien kasvuun ja ravinteiden ottoon. Erityisesti juolavehänä, pelto-ohdake ja peltovalvatti voivat ottaa runsaina esiintyessään merkittävän osan viljelykasveille suunnatuista ravinteista.

Rikkakasvit kannatta torjua mahdollisimman pian taimettumisen jälkeen, jolloin ne eivät ehdi hyödyntämään viljelykasville tärkeitä ravinteita. Stressiolioissa herbisidikäsittely voi vioittaa viljelykasveja, erityisesti ohraa, jolloin rikkakasvitorjunta ei välttämättä lisää satoa. Vuosittainen rikkakasvien torjunta on kuitenkin perusteltua muuten lisääntyvän rikkasiemenpankin, sadonkorjuun helpottumisen ja sadon tasaisemman tuleentumisen vuoksi. Tulokset osoittivat että poikkeuksellisissa olosuhteissa kevätvehnä hyödynsi ohraa paremmin typpilannoituksen ja rikkakasvitorjunnan. Kokeet vahvistivat myös jaetun lannoituksen tarpeenmukaisuutta. Jos olosuhteet heikentävät viljelykasvin kasvua, jää osa annetuista ravinteista hyödyntämättä.

Rikkakasvien haitallisuuden arviointi nurmituotannossa poikkeaa muussa kasvituotannossa tapahtuvasta arvioinnista siinä, että rikkakasvit ovat pääosin osa käyttökelpoista korjattavaa satoa. Siten ne eivät vähennä ravinteita viljelykierrosta samalla tavalla kuin viljojen tai öljykasvien viljelyksessä. Haitat voidaan jakaa kolmeen ryhmään eli 1) rikkakasvien kykyyn tuottaa satoa suhteessa viljelykasveihin, 2) vaikutus sadon ruokinnalliseen arvoon, säilöttävyyteen niitonurmilla ja maittavuuteen laitumella, 3) ja haittoihin viljelykierrossa.

Torjunnan keskeinen ajankohta on vanhan nurmen lopettaminen (kestorikkakasvit) ja uuden nurmen perustaminen (siemenlevintäiset). Näistä aiheista saatavilla oleva tieto lienee riittävä. Sen sijaan nurmivuosien torjunnan tehoa ja torjuntakynnystä selvittäviä kokeita on ollut niukasti.

Suomessa nurmien heikon versomisen vuoksi torjunnan satovaste on epälineaarinen: kun rikkakasveja on kasvustossa vain vähän, torjunnalle ei juurikaan saada satovastetta, mutta kylläkin ehkäistään rikkakasvien invaasio. Jos rikkakasveja on paljon, on satovaikutus negatiivinen, ja tällöin nurmen uusiminen on suositeltava vaihtoehto. Rikkakasviosuuden ollessa välillä 10- 20 % kuiva-aineesta on tor-

junnan satovaste suurin ja torjunta on hyvinkin taloudellisesti kannattavaa. Yksi keskeinen puute on se, ettei apilapitoisille nurmille ole käyttökelpoista ainetta rikkakasvien torjuntaan.

Kasvihuonekokeiden tulokset osoittivat, että viljelykasvin käytettävissä olevat hivenravinteet vaikuttavat kasvin terveyteen. Kasvihuonekokeissa erityisesti kasvin riittävä Mn-saanti heti kasvun alussa vähensi riskejä kauran *Fusarium*-sienten haittavaikutuksia vastaan. Nurminadalla lehtilaikkutauteja voimakkaimmin hillitsevä vaikutus saatiin Mn+S+Zn-lannoituksella. Koska tulokset ovat kasvihuoneolosuhteista, tulisi sekä kaura- että nurmikokeet toteuttaa myös pelto-olosuhteissa erilaisissa ympäristöoloissa tehoavien annosmäärien haarukoimiseksi. Missään tutkituista tilanteista hivenravinteet eivät täysin estäneet taudinaiheuttajien leviämistä. Kasvinravinteiden tasapainoinen saanti myös hivenravinteiden osalta on osa kokonaisvaltaista kasvinsuojelua, jolla kasvintuhoojien riskejä voidaan vähentää mutta joka ei yksinään toimenpiteenä riitä kasvitautien hillintään.

Kotkaniemen ja Maaningan nurmikokeista tehdyt kasvustohavainnot osoittivat, että lehtilaikkutauteja esiintyi lähes yhtä runsaasti sekä kuivana että kosteana vuonna. Yleisin sienisuku kokeissa oli *Drechslera*, jonka suvun taudinaiheuttajasieniä esiintyy myös viljoilla. Kaikissa nurmikokeissa, sekä pellolla että kasvihuoneessa, tuli esiin nurminadan herkkyyden lehtilaikkutautia vastaan. Lajike-eroja oli havaittavissa jonkin verran, mutta merkittävimmät erot olivat eri lajien välillä. Tämä kannattaa huomioida muun muassa nurmiseoksia suunniteltaessa. Siemennurmilla on mahdollista myös kasvukauden aikainen torjunta, joka vähensi oleellisesti lehtilaikkutautien määrää.

Vaikka kasvihuonekokeen tulosten tulkinta ja soveltaminen pelto-olosuhteisiin on hieman vaikeaa, näyttäisi siltä, että lämmin alkukesä suosisi nadan kasvua ja siten sen osuutta seoskasvustoissa. Kun sen Mg- (ja Cl) pitoisuuskin nousi lämpötilan myötä, näyttää natan poikimahalvausriskin kannalta timoteita turvallisemmalla vaihtoehdolla. Viileä alkukesä lisää myös Cu- ja Zn- puutoksien riskiä. Hankkeen aikana rinnakkaistutkimuksista saadut tulokset viittaavat siihen, että kaliumin, magnesiumin ja rikin yhdysvaikutus voi myös olla tärkeä tekijä poikimahalvauksen riskin arvioinnissa. Vaikka poikimahalvauksen ehkäisy onnistuu Mg-pitoisella ennakkohoidolla, olisi käytännössä hyvä tietää nurmirehujen kivennäiskoostumuksen sääoloista ja maaperästä johtuva vaihtelu, sekä tähän liittyvät terveysriskit, jotta niihin voitaisiin reagoida ajoissa.

Nurmen kivennäisainetasapaino on tärkeä tekijä eläinten ravitsemuksen ja terveyden kannalta. Terveysongelmia on havaittu etenkin sateisten ja viileiden kesien jälkeen sisäruokintakaudella. Pääsyy ilmiöön on olosuhteiden vaikutus kasvien ravinteiden ottoon ja siitä seuraavat kivennäisaineiden epätasapaino tai puutos rehussa. Muuttuva ilmasto sään ääri-ilmiöineen (lämpötila ja kuivuus) hankaloittaa kivennäisainekoostumukseltaan tasalaatuisten rehujen tuottamista.

Poikimahalvausriskin ennustamisessa nurmirehun kaliumin, magnesiumin ja rikin keskinäiset suhteet näyttävät olevan parempia kuin kationi-anioni -suhde (DCAD). Lypsylehmien terveyden kannalta olisi eduksi kehittää rehuanalyysiä siten, että niihin sisältyisi rutiininomaisesti myös rikki ja kloori, jotka eivät toistaiseksi kuulu normaaliin kivennäisanalyysiin. Tällöin poikimahalvausriskiä voitaisiin tiloilla ennakoita nykyistä paremmin ja dieetin räätälöity täydentäminen lisäkivennäisillä olisi helpompaa. Kasvatuslämpötilakokeen tulosten perusteella timotei ja nurminata poikkesivat toisistaan ja poikimahalvauksen ehkäisemisen kannalta natan näyttää turvallisemmalla vaihtoehdolla. Lämmin alkukesä suosii nadan kasvua ja nostaa sen Mg-pitoisuutta.

Maan terveyteen ja laajemminkin peltomaan biologiaan liittyvät aiheet kiinnostavat viljelijöitä ja alan toimijoita, ja niistä on pyydetty useita esityksiä viljelijä- ja sidosryhmätilaisuuksiin. Pitkäaikaisista koesarjoista saadut tulokset vahvistavat käsitystä viljelykierron ja kevennetyn muokkauksen myönteisistä vaikutuksista maaperän mikrobistoon ja viljelykasvien resilienssiin sekä taloudelliseen kate-tuottoon. Koottua aineistoa voidaan hyödyntää myös viljelytoimenpiteiden taloudellisiin katetuotto-laskelmiin.

Kasvinsuojelutoimenpiteiden taloudellisten torjuntakynnysten määrittämisessä tulokset antavat osviittaa. Käyttäjakohtaisesti taloudellisen tuloksen saavuttamiseen vaikuttavat käytettyjen torjunta-aineiden ja myös muiden tuotantopanosten sekä myytävien tuotteiden hinnat. Kylvösiemenessä oma kunnostettu ja peitattu siemen voi olla viljelijälle taloudellisin ratkaisu, kun siemenen tuotantolosuhteet tunnetaan ja viljelyvaiheessa on otettu huomioon mahdollinen siemenkäyttö.

Kasvinvuorotuksella satotaso ja samalla taloudellinen tulos ovat korkeammalla tasolla, lisäksi monipuolisella viljelykierrolla viljelijällä on parempi mahdollisuus tasata vuosien välisiä vaihteluita, jos kiertoon kuuluvia kasveja viljellään joka vuosi.

Hankkeen tuotokset ovat pääosin sovellettavissa luomutuotantoon. Erityisesti kasvintuhoojien sato- ja kustannusvaikutukset sekä hivenravinteiden vaikutukset kasvin terveyteen ovat hyvin samansuuntaisia IPM- ja luomutuotannossa. Viljelykierron sekä muokkauksen merkitys kasvintuhoojien hallintakeinona korostuu luomutuotannossa, jossa biologisten vuorovaikutusten rooli on suuri. Täydentävää tietoa kaivattaisiin luomussa tyypillisesti käytettävien nurmiseoskasvustojen ravinnesuhteista.

4.3. Tulosten tieteellinen merkitys

Pitkäaikaisaineistoihin perustuva näkemys kasvintuhoojien satovaikutuksista ja niiden yhteydestä ravinteiden käytön tehokkuuteen on tieteellisesti merkittävä. Vastaavanlaisia tutkimuksia, joissa on huomioitu samanaikaisesti eri kasvintuhoojien merkitys ja niiden ravinnevaikutus, ei ole tietääksemme tehty.

Julkaisukäsikirjoitus "Effects of weeds, plant diseases and insects on the nutrient uptake of annual crops" tulee olemaan osajulkaisu väitöskirjatyössä. Vastaavasti pitkäaikaisten muokkaus- ja viljelykiertokokeiden tulokset painottuen sadon mukana poistuviin ravinteisiin ovat väitöskirjan yhtenä osajulkaisuna.

Viljelykasien kasvua kuvaavat mallit kuvaavat kasvun vasteita ilmastoon ja viljelytoimenpiteisiin. Kasvitaudit, rikkakasvit ja tuhohyönteiset eivät yleensä ole mukana näissä malleissa ja näiden tekijöiden lisääminen malleihin vaatii tuekseen kattavia aineistoja. Toistaiseksi useimmat mallit kuvaavat yksittäistä kasvia mutta yhä useammin käytetään malleja viljelykasviseoksille ja monimuotoisille viljelykierronille. Nyt tuotettu data sisältää mittauksia paitsi kasvukauden aikaisesta viljan, myös rikkakasvien kasvusta. Aineisto, joka kattaa sääolosuhteiltaan kaksi hyvin erilaista kasvukautta, on arvokasta materiaalia mallien kriittiseen tarkasteluun ja testaukseen. Ilmastomuutos lisää sään ääri-ilmiöitä ja niiden vaikutusten ymmärtäminen on oleellista tehokkaiden varautumis- ja sopeutumistoimien löytämiseksi.

Nurmia on Suomen peltoalasta noin kolmasosa, ja nurmien rikkakasvien torjunta-aineita on markkinoilla useita. Niiden käytön tulisi perustua nykyistä laajempaan tutkittuun tietoon. Hanke osoitti nurmien osalta tärkeimmiksi tutkimusaiheiksi: rikkakasvien taloudellisen torjuntakynnyksen määrittäminen, torjunnan vaikutus rehuarvoon, rikkakasvilajien aggressiivisuuden merkitys ja leviämisdynamiikan perusteet, nurmipalkokasvipitoisten nurmien rikkakasvien torjunnan kehittäminen, nurmien lajistokartoitus luonnon monimuotoisuuden näkökulmasta.

Hanke tuotti uutta tietoa nurmikasvien kasvukauden aikaisten tautien hallinnasta laji- ja lajikekestävyyden sekä hivenravinteiden avulla. Laikkutautien runsas esiintyminen nurmikasveilla nostaa tarpeen huomioida taudinkestävyys virallisissa lajikekokeissa. Myös laji- ja lajikeseosten mahdollisuudesta kasvitautien hillitsijänä sekä lehtilaikkutautien vaikutuksesta rehuarvoon on vähän tutkimustietoa. Samoin lisätietoa tarvitaan oloissamme merkittävien talvituhosientien vaikutuksista nurmikasvien ja syysmuotoisten vilja- ja öljykasvien tuotantoon.

Vaikeasti hallittaviin kasvitauteihin (kauran punahome ja nurmikasvien laikkutaudit) Suomelle tärkeillä kasvilajeilla on rajallisesti hallintakeinoja ja tieteellisiä julkaisuja ravinteiden käytön vaikutuksesta ei ole lainkaan. Saadut tulokset ovat käytännön, mutta myös tieteen, kannalta merkittäviä ravinteiden vaikutuksesta viljelykasvien kestävyYTEEN. Lisää tutkittua tietoa tarvitaan hivenravinteiden vaikutuksista kasvien puolustusmekanismeihin ja eri ravinteiden yhdysvaikutuksista.

Hankkeessa nousi esille uusia tutkimustarpeita viljelykierron, muokkausmenetelmien ja erityyppisten lajikkeiden merkityksestä. Tutkimus osoitti pitkäaikaisaineistojen tarpeellisuuden luotettavien tulosten perustaksi. Pitkäaikaiset kenttäkokeet ovat tärkeitä hitaasti tapahtuvien muutosten havainnoimiseksi. Olisi tärkeää, että pitkäaikaisten kenttien ylläpito (muokkaus- ja viljelykiertokokeet) ja säännöllisesti kertyvien datasarjojen (kasvinsuojeluaine- ja viralliset lajikekokeet) määrä ja laatu voitaisiin turvata jatkossakin.

Hanke osoitti kokonaisvaltaisen tutkimustarpeen peltokasvituotannon resilienssistä, tämän saavuttamiseksi tarvittavista panoksista, yhdysvaikutuksista ja tuotannon ympäristö- ja kustannusvaikutuksista. Tämä edellyttää biologisten osa-alueiden vahvaa osaamista, eri toimijoiden avointa yhteistyötä, selkeitä tutkimuskysymyksiä, mallinnusosaamista ja erityisesti luotettavaa ja riittävän kattavaa data-aineistoa eri osa-alueiden kartoittamiseksi ja kokonaisuuden yhdistämiseksi.

Hankkeen tulokset ovat hyödynnettävissä uutta ympäristöohjelmaa suunniteltaessa. Pitkäaikaisdatan perusteella hyvä kasvinterveys varmistaa hyvän sadon ja annettujen ravinteiden tehokkaan käytön. Tilanteissa, joissa ennakoivia torjuntatoimia ei ole käytettävissä tai niiden teho ei ole riittävä, kasvinsuojeluaineiden käyttö on perusteltua. Tarpeenmukainen, onnistunut kasvinsuojelu varmistaa viljelykasvuston kunnon ja ravinteiden käytön ja vähentää siten ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Vesistörisien vaikutusten arvioinnissa on jatkossa tarpeen huomioida kasvinsuojeluaineiden ja ravinteiden lohko-kohtaisen käytön lisäksi satotaso sekä lohkon sijainti.

5. Toimintasuositukset

Viestintä, neuvonta ja koulutus:

- Kasvinsuojelukäsitteen laajempi merkitys tulee saada koko yhteiskunnan tietoisuuteen. IPM-periaatteen (integroitu kasvinsuojelu) mukaan kasvinsuojelu on kasvin-tuhoojien tarkkailua, ennaltaehkäisyä viljelyteknisin keinoin, tarpeenmukaista tor-juntaa biologisin, mekaanisin ja kemiallisin keinoin, päätöksenteon dokumentoin-tia ja tehtyjen toimenpiteiden arviointia.
- Viljelijöiden tietoa ja ymmärrystä tarpeenmukaisen kasvinsuojelun ja ravinteiden välisen yhteyden tunnistamiseksi tulee lisätä.
- Ravinnepanosten jakamista tulisi kasvukauden aikana edistää niin, että kasvukau-den eri abioottiset ja bioottiset stressit tulevat paremmin huomioitua.
- Lisälannoituspäätösten tukena tulisi olla kasvustobiomassan arviointi yhdessä sää-tekijöiden (sademäärä) kanssa.
- Poikimahalvausriskin ennustamisessa pitäisi kiinnittää huomiota erityisesti nurmi-rehun kaliumin, magnesiumin ja rikin keskinäisiin suhteisiin.
- Lypsylehmien terveyden kannalta rehuanalyysiä tulisi kehittää siten, että niihin si-sältyisi rutiininomaisesti myös rikki ja kloori.

Politiikkasuositukset:

- Tarvitaan kannustavia toimia kasvukaudenaikaista torjuntatarvetta ennustavien työkalujen (kynnysarvot, ennustemallit) käyttöön ja kasvintuhoojatiedon välittä-miseen viljelijöiden keskuudessa sekä tiedon tallentamiseen omaan ja kansalliseen tuhoajatietokantaan (esimerkiksi KasKas).
- Viljelijän satotason ja ravinteiden käytön tavoite olisi kytkettävä kasvinsuojelu-suunnitelmaan.

Tutkimustarpeet:

- Hankkeen tulokset paljastivat merkittäviä tietotarpeita koskien alla lueteltuja tee-moja. Tutkimusta kaivataan erityisesti Suomen olosuhteista, sillä pohjoisiin olo-suhteisiin sopeutuneisiin viljelyjärjestelmiimme soveltuvaa tietoa on heikosti saa-tavissa muualta. Tämä korostaa pitkäaikaisten koesarjojen ja koekenttien ylläpi-don ja aktiivisen kehittämisen merkitystä.
- Ennustemallit, kynnysarvot ja monipuoliset hallintamenetelmät erityisesti ilmas-tonmuutoksen myötä lisääntyville kasvintuhoojille (rikkakasvit, kasvitaudit, tuho-hyönteiset).
- Nurmikasvien kasvintuhoojien vaikutus sadon laatuun sekä näiden hallintakeinot (taudinkestävyys, laji- ja lajikeseokset, ravinteet).
- Viljelykasvien juuriston terveyden edistäminen.
- Biologisten osa-alueiden (biologinen torjunta, maamikrobit ja tautisuppressiivisuus eli taudinaiheuttajien luontainen tukahduttaminen) hyödyntämismahdollisuudet ja vahvistaminen viljelytoimenpiteiden avulla pelto-oloissa.
- Kasvinterveyden ja hiilensidonnän välinen yhteys.
- Datan analysoinnin ja mallintamisen vahvistaminen tutkimuksessa.
- Kokonaisvaltainen viljelykasvien resilienssin kehittäminen ja agroekosysteemissä tapahtuvien yhdysvaikutusten tunnistaminen.

6. Tutkimusosapuolet ja yhteistyö

Luonnonvarakeskus (Luke) vastasi hankkeen johdosta, hankkeen aikana perustettujen kokeiden suunnittelusta ja toteutuksesta, Luken pitkäaikaisista tutkimusaineistoista, havainnoista ja tehtävistä analyyseistä, datan käsittelystä, tulosten raportoinnista ja hankkeen viestinnästä.

Hankkeeseen osallistuivat Lukesta: Erja Huusela-Veistola, Ari Rajala, Heikki Jalli, Pentti Ruuttunen, Taru Palosuo, Niko Jalava, Marja Jalli, Jenni Naukkarinen, Juho Hautsalo, Perttu Virkajärvi, Anna Kärkönen, Oiva Niemeläinen, Kirsi Järvenranta, Ansa Palojärvi, Antti Laine, Janne Kaseva, Lauri Jauhainen, Katja Kauppi, Jarmo Ketola, Kalle Ohralahti, Päivi Parikka, Marika Rastas, Sari Rämö, Tapio Salo, Marjo Segerstedt, Kari Ylivainio sekä useat kenttä- ja laboratoriohenkilöstöön kuuluvat.

Bayer Crop Science osallistui rikkakasvikokeiden suunnitteluun ja tulosten pohdintaan (TP2). Hankkeeseen osallistui Janne Laine (5/2018 alkaen AvenaBerner).

Hankkija vastasi nurmikokeista Kotkaniemessä yhdessä Yaran kanssa sekä Maaningalla (TP3). Hankkijan ISO-VILJA-tutkimusaineistoja käytettiin TP1:ssä. Hankkeeseen osallistui Juha Salopelto.

Helsingin yliopisto toimi asiantuntijana pitkäaikaisissa muokkaus- ja viljelykiertokenttäkoeaineistoissa (TP4). Hankkeeseen osallistui Laura Alakukku.

Yara vastasi nurmikokeiden perustamisesta ja hoidosta (TP3), rikka- ja viljelykasvien ravinneanalyysistä (TP2) ja toimi ravinne- ja lannoiteasiantuntijana kasvihuone- ja peltokokeissa (TP2, TP3). Hankkeeseen osallistuivat Juha Liespuu ja Katja Alhonoja.

Yhteistyötä tehtiin alkuperäisen tutkimussuunnitelman pohjalta tarvelähtöisesti. Kokeiden suunnittelu toteutettiin yhteistyössä eri tahoja edustavien asiantuntijoiden kesken. Vastaavasti tuloksia ja niiden johtopäätöksiä pohdittiin yhdessä sekä työpakettikohtaisissa että koko hanketta koskeissa palaverissa.

Eri asiantuntijoiden mukanaolo mahdollisti parhaan olemassa olevan tiedon hyödyntämisen. Yritykset toivat suunnitelmiin käytäntöön sovellettavan näkökulman.

Yritysten omarahoitusosuus mahdollisti hankkeen toteutuksen suunnittelussa laajuudessa. Kahden kasvukauden mittaisessa hankkeessa esimerkiksi pellolle perustettavien nurmikokeiden toteutus ei olisi ollut mahdollista. Yritysten ennen hanketta perustettujen kokeiden koesuunnitelmat vaikuttivat osaltaan tutkimuskysymysten laadintaan mutta kokeet olivat kuitenkin hyvin käyttökelpoisia.

Yrityksen tekemät ravinneanalyysit olivat tarpeellinen lisä ja kustannussäästö. Myös hankkeessa käytetty viljelijäaineisto antoi arvokkaan verranteen koetoiminnasta kerätylle aineistolle.

Yhteistyö kaikkien toimijoiden kanssa oli sujuvaa ja avointa. Suunnittelutyö hankevalmisteluvaiheessa olisi voinut olla täsmällisempää ja yksityiskohtaisempaa, myös eri roolien vastuutehtävien välillä. Koska hankkeessa tehtiin tutkimustyötä uusien tutkimuskysymysten äärellä, oli useat tekniset toteutustavat mahdollista ratkaista vasta hankkeen kuluessa. Kokonaisuudessaan hankkeen onnistunut tulos syntyi hankkeen mahdollistamasta eri alan asiantuntijoiden ja toimijoiden välisestä hyvästä synergiasta.

Hankkeen ohjausryhmä: Tove Jern, MMM, puheenjohtaja; Antero Nikander, MMM; Jukka Virolainen, MMM; Mika Isoahti, Boreal Kasvinjalostus Oy; Airi Kulmala, MTK; Sirpa Kurppa, Luke; Sari Peltonen, ProAgria; Mervi Seppänen, Helsingin yliopisto, 1/2019 alkaen Yara

Hankkeen ohjausryhmä osallistui aktiivisesti hankkeen kulkuun antaen arvokkaan panoksen hankkeen toteutukselle. Ohjausryhmä kokoontui 2-3 kertaa vuodessa.

7. Kirjallisuuskatsauksen viitteet

- Haugland, E. 1993. Competition between an established grass sward and seedlings of *Rumex longifolius* DC. and *Taraxacum officinale* (Web.) Marss. Norwegian Journal of Agricultural Sciences; 1993 .
- Kajan, T. & Nousiainen, J. 2006: Rikkakasvitorjunnan vaikutus säilörehunurmen rehuyksikkösattoon. – Savonia University of Applied Sciences, Iisalmi. BSc (Agr.) thesis. 63 p. (Finnish with English abstract).
- Korhonen, H. 2013. Rikkakasvit suomalaisessa nurmituotannossa. Kandidaatintutkielma. Helsingin Yliopisto, Maataloustieteiden laitos. 30 s.
- Kuusela, E. & Hytti, N. 2001. Effect of dicot weed of nutritive value of pasture herbage in organic farming. In: Isselstein J. et al. (Ed.) Organic Farming. Proceedings of an Occasional Symposium of EGF. Witzenhausen, Germany, 10-12 July 2001. Grassland Science in Europe 6, 110-112.
- Lewis, G.C. & Hopkins, A. 2000 Weeds, pests and diseases of grassland. In: Hopkins, A. (ed) Grass its production and utilization 3rd ed.
- Puurunen, T. & Virkajärvi, P. 2005: Nurmitilan kasvinsuojelu: opas nurmitilan kasvinsuojeluun Pohjois-Savossa. – Pro Agria, MTT & Pohjois-Savon TE-keskus. 29 p.
- Puurunen, T., Virkajärvi, P., Nykänen, A. 2010: Rikkakasvien torjunta. – In: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (eds.), Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132, ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja 1093:49–55
- Raatikainen, M. & Raatikainen, T. 1975: Yield, composition and dynamics of flora in grasslands for hay in Finland. – *Annales Agriculturae Fenniae* 14 (2):57–191. (Finnish with English summary).
- Rahkonen, T. 2011. Voikukan vaikutus säilörehun säilöntälaatuun ja rehuarvoihin. Savonia Ammattikorkeakoulu. Iisalmi.
- Spatz, G. & Baumgartner, A. 1990. Zur Bewertung der Grünlandkräuter als Futterpflanze. Das Wirtschaftseigene Futter, Band 36, (1), 79-91.
- Suomela, R. 2012. Nurmen ongelmariikkakasvien syystorjunnalla nurmituotantoon lisää tehokkuutta. Maataloustieteen Päivät 2012, 10.-11.1.2012 Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit/Toim.Nina Schulman ja Heini Kauppinen .
- Taimisto & Virkajärvi 2019. Abstract based on the manuscript The Impact of Intensive Grass Cultivation on Biodiversity. Repoer provided to Valio Ltd 13.5.2019. 5 s.
- Virkajärvi, P. & Pakarinen, K. 2008. Rehunurmien rikkakasvien torjunta nurmivuosina. In: Heikki Jalli, toim.. Kasvinsuojelupäivä, Jokioinen 22.1.2008. Jokioinen: Kasvinsuojeluseura. p. 30-35.
- Virkajärvi, P. & Punkki, P. 2007. Säilörehunurmien rikkakasvien torjuntakokeiden tuloksia. In: toim. Heikkinen Anne-Mari et al.. Pohjois-Savon nurmiopas : tavoitteena valtakunnan parhaat nurmet. Sonkajärvi, Maaninka: Maito-Savo, MTT Kotieläintuotannon tutkimus. p. 28-30. (Pelto tuottamaan -hanke).
- Virkajärvi, P., Pakarinen, K., Hyrkäs, M., & Suomela, R. 2012. Rikkakasvien torjunta nurmivuosina. In: Nurmesta se kaikki lähtee! Karjatilán kannattava peltoviljely, KARPE-hanke 2009-2012. Maaninka: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. p. 26-29.

8. Kiitokset

Kiitos hankkeen rahoittajalle Maa- ja metsätalousministeriölle hankkeen taloudellisesta tuesta (rahoituspäätös Dnro 1531/03.01.02/2016) ja ohjauksesta.

Lämmin kiitos hankkeen kaikille osallistujille ja tiedontuottajille Lukessa, Yaralla, Hankkijalla, Bayerilla ja Helsingin yliopistolla. Ilman ahkeraa, aikaansaavaa ja sitoutuneen innostunutta kenttä- ja laboratorioväkeä ei tämäkään hanke olisi ollut mahdollinen.



Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000