



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 25/2019

## **Viherlannoituksen tehoa lisäävät menetelmät**

Hannu Känkänen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2019

# **Viherlannoituksen tehoa lisäävät menetelmät**

VIHERTEHO-hanke

Hannu Känkänen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2019

Hankkeen toteutus:



Rahoittaja:



**LUONNONMUKAISEN  
TUOTANNON EDISTÄMISSÄITIÖ**

Viittausohje:

Känkänen, H. 2019. Viherlannoituksen tehoa lisäävät menetelmät : VIHERTEHO-hanke. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 31 s.



ISBN 978-952-326-744-2 (Painettu)

ISBN 978-952-326-745-9 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-745-9>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Hannu Känkänen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2019

Julkaisuvuosi: 2019

Kannen kuva: Hannu Känkänen

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

# Tiivistelmä

Hannu Känkänen

Luonnonvarakeskus, Tietotie, 31600 Jokioinen

Viherteho-hankkeen tavoitteena oli selvittää, miten viherlannoituskasvusto lopetetaan, jotta huuhtoutumisriski on pieni ja satovaikutus kevätkylvöiseen kasviin hyvä. Kenttäkokeiden vuodet olivat erilaiset. Ns. normaaleissa sääoloissa maan nitraattitypen määrät olivat erittäin suuret, märissä oloissa pienet. Viherlannoitus lisäsi kauraesikasviin verrattuna viljojen jyväsatoa keskimäärin noin kahdella tonnilla per hehtaari hyvänä viljavuonna ja tonnilla kuivuuden rasittamana kesänä.

Virnapitoinen seos tuotti suuren typpisadon (150 kg/ha) jo heinäkuun loppuun, silti lokakuun alkuun mennessä sato yli kaksinkertaistui. Aikainen viherlannoituksen maahan muokkaaminen lisäsi maan nitraattitypen määrää. Pellolla ennen kokeita kasvanut rehevä apilakesanto lisäsi typen talteen otton merkitystä. Kerääjäkasvit ottivat syksyn aikana yli sata kiloa typpeä per hehtaari, ja vähensivät oleellisesti typen huuhtoutumista, mutta etenkin tehokkain huuhtoutumisen estäjä italianraiheinä pienensi seuraavaa viljasatoa. Märän syksyn jälkeen kerääjien satovaikutus oli parempi, mutta silloinkin virnan myöhäinen muokkaaminen tuotti suurimmat viljasadot. Öljyretikka toimii parhaiten, kun viherlannoitus murskataan ja muokataan matalaan, ja kylvetyn öljyretikan annetaan kasvaa talveen asti ilman muokkauksia. Paras ratkaisu seuraavan kesän satovaikutuksen ja kustannusten kannalta on silti antaa virnojen kasvaa myöhäiseen syksyyn ennen maahan muokkaamista.

Mineraalityppeä oli paljon vielä viljan puintien jälkeen, eniten lokakuuhun asti kasvaneen virnan jäljiltä. Myös italianraiheinän keräämää typpeä vapautui tässä vaiheessa. Öljyretikan kasvaminen talveen asti säästi typpeä muita retikkakäsittelyjä enemmän. Edelleen jatkuvan typen vapautumisen ansiosta näyttäisi hyvä viljan kasvu olevan mahdollinen myös toisena jälkivaikutusvuonna. Etenkin nitraattitypen määrän lisääntyminen jälkivaikutusvuoden alkusyksyllä antaa vahvan viestin siitä, että erityisen runsaasti typpeä sisältävien viherlannoitusten jäljiltä typpeä on saatavilla – ja sen talteenotosta tulee huolehtia – seuraavan viljelykasvin jälkeenkin.

Tutkimuksen kerääjäkasviratkaisut ovat perusteltuja lähinnä typen huuhtoutumisen estämiseksi. Huuhtoutumiselle herkissä oloissa kerääjäkasveilla viherlannoituksen ja kevätkylvöisen kasvin välissä voi olla myös hyvä satovaikutus. Kerääjäkasvien juuristolla ja kasvimassan monipuolistamisella on todennäköisesti myös maan kuohkeutta ja muuta kasvukuntoa parantavia vaikutuksia pelkkään virnavoittoiseen kasvustoon verrattuna. Ruis viherlannoituksen jälkeen on edelleen perusratkaisu, mutta silloinkin on huolehdittava tpeestä, jota vapautuu vielä rukiin jälkeen.

Tutkimus synnytti tuloksia ja havaintoja, joita voidaan soveltaa eri tilanteisiin ja jotka voivat olla apuna ja innoittajana tulevien tutkimusten suunnittelussa. Hankkeen mahdollisti Luonnonmukaisen tuotannon edistämässätiöltä saatu avustus. Tutkimuksen toteutti Luonnonvarakeskus.

Asiasanat: Kerääjäkasvi, muokkaus, typpi, viherlannoitus, viljat, viljelymenetelmät

# Sisällys

<b>1. VIHETERHO-hankkeen tausta .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Kenttäkokeet.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Kokeiden tulokset.....</b>	<b>9</b>
3.1. Kasvustojen biomassa ja typpi .....	9
3.1.1. Kasvustojen kuiva-ainesadot.....	9
3.1.2. Kasvustojen typpipitoisuus ja typpisato.....	10
3.2. Maan mineraalityppi viherlannoituksen jälkeen .....	12
3.2.1. Nitraattityppi syksyllä viherlannoituksen jälkeen .....	12
3.2.1.1. Syksyn nitraattityppi vuonna 2016 .....	13
3.2.1.2. Syksyn nitraattityppi vuonna 2017 .....	14
3.2.2. Ammoniumtyppi syksyllä viherlannoituksen jälkeen .....	16
3.3. Viljojen kasvu toisena koevuonna.....	17
3.3.1. Ohran ja kevätvehnän jyväsadot.....	18
3.3.2. Viljanjyvien typpipitoisuus .....	20
3.3.3. Viljanjyvien typpisato .....	21
3.4. Mineraalityppi viljanpuintien jälkeen .....	22
3.4.1. Maan nitraattityppi viljanpuintien jälkeen.....	22
3.4.2. Maan ammoniumtyppi viljanpuintien jälkeen .....	23
3.4.3. Maan mineraalityppi viljanpuintien jälkeen.....	24
<b>4. Johtopäätökset.....</b>	<b>26</b>
4.1. Kasvustojen biomassa ja typpi .....	26
4.2. Maan helppoliukoinen typpi talven edellä .....	27
4.3. Viljojen sato ja typen otto.....	27
4.4. Maan liukoinen typpi viljojen jälkeen .....	28
4.5. Käytäntö ja kannattavuus .....	29
<b>5. Kirjallisuutta.....</b>	<b>31</b>

# 1. VIHETERHO-hankkeen tausta

Hyväkään viherlannoituskasvusto ei anna parhaita tehoja seuraavan kasvin suurena satona, jos se lopetetaan väärään aikaan tai väärällä tavalla. Riski ravinteiden hukkaamiseen on erityisesti silloin, kun seuraava kasvi kylvetään vasta keväällä. Runsastyyppisen kasvuston tyypin huuhtoutumista talven aikana voidaan ehkä välttää ja sen ravinteita mahdollisesti siirtää paremmin seuraavalle kasville, jos viherlannoituskasvin jälkeen kasvatetaan kerääjäkasvia. Asiaa ei ole ennen tutkittu. Viherkesannon maahan muokkaamisen ajankohdasta on olemassa tutkittua tietoa, mutta läheskään kaikkia vaihtoehtoja ei ole selvitetty. Hankkeen tuottamien tulosten avulla pyrittiin luomaan nykyistä tarkemmat menetelmäsuositukset viherlannoituksen ravinnesisällön realisoitumiseksi suurena ja hyvälaatuisena viljasatona.

Hankkeen tavoitteena oli selvittää, mitkä ovat parhaat tavat lopettaa viherlannoituskasvusto kevät-kylvöistä kasvia ajatellen, kun käytettävissä ovat kasvuston murskaaminen ja erilaiset maahan muokkaamisen ajat ja tavat. Samalla haluttiin selvittää, voidaanko kerääjäkasvien avulla tehostaa ravinteiden siirtymistä seuraavien kasvien käyttöön. Tavoitteena oli täydentää aiempaa viherlannoitus- ja kerääjäkasvitietämystä.

Hanke toteutettiin tekemällä kahdesti toistettu kenttäkoe. Kenttäkokeista saatuja tuloksia tulkittiin eri menetelmien vaikutusten hyödyntämiseksi myös sellaisissa tilanteissa, jotka eivät täsmällisesti vastaa kokeiden tilannetta tai koevuosina vallinneita oloja. Haluttiin saada selville paitsi viherlannoituksen käsittelytapojen merkitys seuraavan viljan satoon, myös keinot estää tyypin huuhtoutumista.

Tässä raportissa kerrotaan perusteellisesti kenttäkokeen toteutus ja tulokset sekä vedetään johtopäätökset erilaisista viherlannoituskasvustojen lopetustavoista, ottaen huomioon muu olemassa oleva tietämys. Loppuosa raporttia sisältää edellisten pohjalta tehdyt päätelmät viherlannoituskasvuston lopettamisesta. Tuloksista ja päätelmistä tiedotetaan eri kanavissa, mm. UusiRaHa-hankkeen nettisivuilla.

Hankkeen toteutumisen mahdollisti Luonnonmukaisen tuotannon edistämissäätiöltä saatu avustus. Tutkimuksen toteutti Luonnonvarakeskus.

## 2. Kenttäkokeet

Kenttäkokeet tehtiin Jokioisissa Luken peltolohkolla, joka oli ensimmäisenä koevuonna 2016 juuri ohittanut luomun siirtymävaiheen. Kokeen perustamista oli edeltänyt kaksivuotinen viherkesanto, jossa kasvoi puna- ja valkoapilaa sekä timoteita ja nurminataa (kuva 1). Vuonna 2017 alkanutta koetta edeltävänä kesänä pellolla kasvoi em. viherkesantoa seurannut syysvehnä. Koealueet oli syyskynnetty ennen kokeiden perustamista. Koealueiden maat olivat runsasmultaista aitosavea.



**Kuva 1.** Peltolohkolla, johon kokeet perustettiin, oli juuri ohitettu luomuviljelyn siirtymävaihe. Vuosina 2014 ja 2015 koealoilla kasvoi erittäin vahva apilakesanto (vasemmalla), mikä vaikutti myös etenkin vuonna 2016 alkaneen kokeen mineraalitypen määriin. Kokeisiin kylvettiin viherlannoituskasvustoksi rehu- ja ruisvirnan sekä kauran seos (oikealla).

Kenttäkoe toteutettiin täydellisesti satunnaistettujen lohkojen kokeena, joka toistettiin kahdesti. Ensimmäisen koevuoden keväällä perustettiin viherlannoituskasvusto kuuteen koejäseneseen virnapainotteisella siemenseoksella, jolla saatiin aikaan rehevä ja typpirikas biomassa. Kylvösiemenseoksessa oli rehuvirnaa (lajike Ebena) 40 kg/ha, ruisvirnaa (Hungvillosa) 30 kg/ha ja kauraa (Steinar) 40 kg/ha. Yhteen koejäseneseen kylvettiin heti virnaseoksen kylvön jälkeen italianraiheinää (EF 486) 20 kg/ha. Virnaseoksen kylvösyvyys oli 4 – 5 cm ja italianraiheinän 1 – 2 cm. Lisäksi yhteen koejäseneseen kylvettiin pelkästään puitavaksi valmistuvaa kauraa (Steinar) 210 kg/ha viiden sentin syvyyteen. Kylvöt tehtiin kaksimetrisellä kylvölannoittimella joustopiikkiäkeellä tehdyn kylvömuokkauksen jälkeen. Jokaiseen koeruutuun kylvettiin kolme kylvökoneen leveyttä, jolloin ruudun leveydeksi tuli kuusi metriä. Ruutujen pituus oli kymmenen metriä. Kokeet sisälsivät neljä kerrannetta, eli kaikki koejäsenet kylvettiin neljään kertaan toistaen ja ruutujen järjestys arvottiin jokaisessa kerranteessa.

Alkukesän ajan ruudut olivat samanlaiset lukuun ottamatta koejäseniä, joihin oli kylvetty lisäksi italianraiheinää tai pelkästään kaura. Viherlannoitusruutuihin perustettiin loppukesällä kuusi erilaista lopetuskäsittelyä. Verranteena kasvanut kaura puitiin tuleentuneena ja sen ruudut kynnettiin syksyllä normaalisti. Viherlannoitusruutujen lopetuskäsittelyt kerrotaan alla.

**Taulukko 1.** Koejäsenten käsittelyt ja lyhytnimet.

1. Viherlannoituskasvuston vapaa kasvu heinäkuun lopun kyntöön asti. Ennen kyntöä kasvusto jyrättiin maahan kamrikkijyrällä.
2. Viherlannoituskasvuston vapaa kasvu lokakuun alkupuoliskon kyntöön asti. Ennen kyntöä kasvusto niittomurskattiin.
3. Viherlannoituksen alla italianraiheinä, joka jatkoi kasvuaan heinäkuun lopun kasvuston niittomurskauksen ja lautasmuokkarilla tehdyn kevytmuokkauksen jälkeen. Kyntö lokakuussa ilman edeltäviä jyräyksiä tai niittoja.
4. Viherlannoituksen niittomurskaus ja kevytmuokkaus lautasmuokkarilla maahan heinäkuun lopussa + uusi muokkaus lautasmuokkarilla ja öljyretikan kylvö elokuun alkupuolella suorakylvökoneella. Retikan niittomurskaus 2016 ja jyräys 2017 lokakuun alkupuoliskolla, joiden jälkeen kyntö.
5. Viherlannoituksen jyrääminen maahan ja kyntö heinäkuun lopussa, kynnöksen muokkaus lautasmuokkarilla noin viikon päästä 2016 ja kahden päivän päästä 2017, äestys joustopiikkiäkeellä 2016 mutta ei äestystä 2017, öljyretikan kylvö kerääjäkasviksi suorakylvökoneella. Retikan niittomurskaus 2016 ja jyräys 2017 lokakuun alkupuolella, joiden jälkeen kevytmuokkaus Konskilde –kultivaattorilla.
6. Kuten 5, mutta öljyretikka muokattiin maahan vasta keväällä ennen kevätiljan kylvöä (vain joustopiikkiäkeellä samaan tapaan kuin kaikki ruudut kevätiljojen kylvöä varten).
7. Kaura, joka puitiin tuleentuneena. Sänki kynnettiin lokakuun alkupuoliskolla eikä kerääjäkasveja käytetty. Toimi verranteena seuraavan kesän jälkivaikutuksia tutkittaessa.

## Lyhytnimet:

1. Aikainen kyntö
2. Niittomurskaus, myöhäinen kyntö
3. Italianraiheinä kerääjänä, syyskyntö
4. Niittomurskaus, aikainen kevytmuokkaus, öljyretikka, syyskyntö
5. Aikainen kyntö, öljyretikka, syyskultivointi
6. Aikainen kyntö, öljyretikka, ei syysmuokkausta
7. Puitava kaura, syyskyntö

Koejäsenet 1 ja 2 olivat viherlannoituskasvustojen peruskäsittelyjä, joiden sisältönä oli lähinnä muokkausajankohdan merkitys typen vapautumiselle ja huuhtoutumiselle sekä viherlannoituksen vaikutukselle seuraavaan kasviin. Koejäsenissä 3 – 6 tutkittiin viherlannoituksen jälkeen kasvaneiden kerääjäkasvien ja erilaisten muokkausten merkitystä mainituille asioille. Koejäsenten 4 ja 5 käsittelyissä oli pieniä eroja kokeiden välillä, ja ne on kerrottu eo. taulukossa 1.

Viherkesantokesää seuraavina keväinä (2017 ja 2018) ruudut jaettiin kahteen osaan, joista toiseen kylvettiin ohraa (lajike Elmeri) ja toiseen kevätvehnää (Wanamo), molempia 500 kpl/m<sup>2</sup>. Kylvö tehtiin kaksimetrisellä kylvölannoittimella niin, että viljaruutujen leveys oli 2 m ja pituus 10 m. Mitään lannoitetta ei annettu. Ennen kylvöä kaikki ruudut muokattiin samalla tavalla joustopiikkiäkeellä ja samalla kertaa. Myös koejäsen 6 muokattiin vain joustopiik-kiäkeellä kun todettiin, että syksyllä maahan muokkaamatta jätetty öljyretikka oli hapertunut talven aikana niin helposti silppuuntuvaksi, että se ei muokkausta haitannut. Viljat puitiin tuleentuneina. Käsittelyt eivät aiheuttaneet isoja eroja valmistumiseen, ja ruudut voitiin puida samalla kertaa. Ohra puitiin vuonna 2017 noin kolme viikkoa ennen vehnää, puintipäivät olivat 28. elokuuta ja 19. syyskuuta. Vuoden 2018 erittäin kuivissa ja kuumissa oloissa kevätvehnä tuleentui vain noin viikon ohran jälkeen, ja viljat puitiin samana päivänä 20. elokuuta.

Sekä viherlannoituskasvuston että niiden jälkeen kasvaneiden kerääjäkasvien maanpäällinen kuiva-ainesato ja typpipitoisuus mitattiin jokaisesta ruudusta 0,25 m<sup>2</sup> alalta läheltä maan pintaa leikatuista kasvustonäytteistä. Myös kauran olkien kuiva-ainesato ja typpipitoisuus mitattiin ennen puintia. Nä-



iden perusteella määritettiin maanpäällisten kasvustojen kokonaistyyppisato kiloina hehtaaria kohti. Näytteet otettiin aina ennen kutakin viherlannoituskasvuston tai kerääjäkasvin maahan muokkaamista. Öljyretikkaa koejäsenessä 6 ei muokattu lainkaan, ja siitä otettiin näyte lokakuun lopussa eli noin kuukautta myöhemmin kuin koejäsenten 2, 3, 4 ja 5 kasvustonäytteet. Näyte ajoitettiin ennakoituun öljyretikan kasvun loppumiseen.

Ammoniumtypen ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) ja nitraattitypen ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) määrä kolmesta syvyydestä (0 – 30, 30 – 60 ja 60 – 90 cm) mitattiin ennen kokeen ensimmäistä talvea ja seuraavana syksynä kummankin viljan puinnin jälkeen. Syksyllä 2017 suunniteltua aloitusvuoden näytettä ei kuitenkaan päästy maan märkyyden vuoksi ottamaan syvänäytteiden (30 – 60 cm ja 60 – 90 cm) osalta ennen kuin tammikuussa 2018. Jokaisesta ruudusta otettiin analyysiä varten vähintään 10 osanäytettä, jotka sekoitettiin ennen näytteen uuttamista ja typpimäärittystä.

Viherlannoitusvuotta seuranneesta viljasta mitattiin orastiheys, jyväsadon määrä ja hehtolitrin paino sekä jyvien 1000 siemenen paino ja typpipitoisuus. Myös oljen typpipitoisuus määritettiin. Jyvien ja olkien typpisato määritettiin kiloina hehtaaria kohti.

Vuodet olivat säiltään hyvin erilaiset (taulukko 2). Viherkesannot kasvoivat hyvin ja samaan tapaan kesinä 2016 ja 2017, mutta niitä seuranneiden syksyjen erilaisuus vaikutti suuresti niihin oloihin, joihin runsaasti tyypeä sisältänyt kasvimassa joutui. Syksy 2016 oli sääoloiltaan ns. normaali, mutta syksyllä 2017 satoi erittäin runsaasti. Maa oli likomärkää eikä jäänyt ennen kuin tammikuussa 2018. Ohra ja kevätvehnä kasvoivat kesällä 2017 koleassa ja sateisessa säässä, mutta kesällä 2018 kuivassa ja kuumassa.

**Taulukko 2.** Kuukausien sadesummat ja keskilämpötilat kokeiden aikana. Kesän ja syksyn 2017 sateet olivat runsaita ja haihtuminen vähäistä. Lisäksi keskilämpötila laski pakkasen puolelle kaksi kuukautta myöhemmin kuin vuonna 2016. Viherlannoituskasvustojen kasvun kannalta kesien 2016 ja 2017 sääolojen ero ei ollut oleellinen, mutta viljojen kannalta kesien 2017 ja 2018 sääolot poikkesivat suuresti. Edellinen oli kolea ja kostea, jälkimmäinen kuuma ja kuiva.

	Sadesumma (mm)				Keskilämpötila (°C)		
	2016	2017	2018		2016	2017	2018
1		24	48			-3,3	-3,2
2		24	12			-4,2	-9,3
3		35	16			0,4	-5,8
4		33	36			1,8	4,3
5	31	13	23		12,8	8,9	14,6
6	74	102	55		14,7	12,8	14,6
7	57	45	37		16,8	14,9	20,3
8	67	94	41		15	14,6	16,8
9	40	42	70		11,5	10,4	12,1
10	13	111			3,6	4,2	
11	54	61			-1,4	2,2	
12	24	75			-1,6	-0,1	

## 3. Kokeiden tulokset

### 3.1. Kasvustojen biomassa ja typpi

Vaikka vuosien 2016 ja 2017 sääolot olivat varsin erilaiset (taulukko 2), eivät viherlannoitus- ja kerääjäkasvustojen sadot olleet kovin erilaisia eri vuosina. Näitä kokeiden ensimmäisten kesien satoja voidaan tarkastella vuosien keskiarvojen pohjalta.



**Kuva 2.** Käsittelyjä edeltävä virnakesanto (vasemmalla), loppukesällä kylvetty öljyretikka (keskellä) ja keväällä virnaseoksen kanssa kylvetty ja virnan niitomurskauksen jälkeen kasvuaan jatkanut italianraiheinä kasvoivat hyvin molempien kokeiden aloitusvuosina 2016 ja 2017.

#### 3.1.1. Kasvustojen kuiva-ainesadot

Viherlannoituskasvustojen maanpäällinen kuiva-ainesato oli 5600 – 6300 kg/ha, kun mittaus tehtiin heinä- ja elokuun vaihteen niittokäsittelyjä ennen. Vapaasti lokakuuhun asti kasvaneen viherlannoituskasvuston (koejäsen 2) biomassa oli huomattavasti suurempi, 13 500 kg/ha. Virnat kasvoivat heinäkuun lopun ja syyskuun lopun välisenä aikana siis vielä erittäin voimakkaasti. Varret kiemurtelivat syyskuussa pitkin maata ja kasvusto oli niin ”sotkuista”, että näytteenoton tarkkuus saattoi jossain määrin kärsiä. Joka tapauksessa noin kaksinkertaista kuiva-ainesatoa aikaisen ja myöhäisen näytteen välillä voidaan pitää todellisena. Kaurakasvuston olkien kuiva-ainesato oli viherkesantoja pienempi, noin 4100 kg/ha.

Kerääjäkasvien syyskuun lopussa mitattu kuiva-ainesato oli myös varsin suuri. Italianraiheinän kuiva-ainesato, 3900 kg/ha, oli öljyretikoiden satoa suurempi. Kolmesta öljyretikkäkäsittelystä koejäsenen 5 sato, noin 2500 kg/ha, oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin kahden muun käsittelyn, joiden öljyretikan sato oli noin 3300 kg/ha. Koejäsenen 5 ja 6 käsittelyt olivat muuten samat, mutta jälkimmäistä ei syksyllä muokattu maahan, ja siitä otettiin näyte vasta lokakuun lopussa. Tämän perusteella öljyretikka kasvoi vielä lokakuun aikana lisää kuiva-ainetta noin 800 kg/ha. Tämän jälkeen säiden kylmeneminen ja valon puute sekä viimeistään pakkaset lopettivat öljyretikan kasvun. Koejäsenen 4 öljyretikan biomassa oli jo syyskuun lopussa yhtä suuri kuin koejäsenen 6 biomassa lokakuun lopussa. Lautasmuokkaus heinäkuun lopussa sai aikaan jonkin verran paremman kylvöalustan ja öljyretikan kasvuunlähdön kuin kyntö. Ilmeisesti myös koejäsenen 4 virnakasvuston niitomurskaus aiheutti nopeamman tyypin vapautumisen kuin koejäsenen 5 ja 6 virnakasvuston jyräys, jolloin tyyppiä oli nopeammin tarjolla öljyretikan kasvuun. On myös mahdollista, että kun kyntö käänsi viherlannoitusmas-

san syvemmälle kuin lautasmuokkaus, oli tyypeä aluksi vähemmän öljyretikan saatavilla koejäsenissä 5 ja 6 kuin koejäsenessä 4.

Koejäsenten 3 – 6 yhteenlaskettu virnakesannon ja kerääjäkasvuston kuiva-ainesato ylsi lähes kymmenentuhanteen kiloon. Tämä yhteenlaskettu kuiva-ainesato oli silti pienempi kuin vapaasti syksyyn asti kasvaneen viherlannoituskasvuston sato.

Juurten määrää ei tässä tutkimuksessa voitu määrittää. Öljyretikka kasvoi noin kymmenen sentin pituisen ja 2 – 3 cm paksuisen paalujuuren, josta lähti ohuempia haaroja ja ohuita sivujuuria. Italianraiheinän on todettu aiemmissa tutkimuksissa tuottavan juurimassaa suunnilleen saman verran kuin maanpäällistä massaa. Juurten typpipitoisuus on yleensä versojen typpipitoisuutta pienempi. Virnojen juurimassa oli 1990-luvun kokeiden mittauksissa vaatimaton maanpäälliseen massaansa verrattuna. Suomessa tehtyjen juuristomittausten ja öljyretikan juurihavaintojen perusteella voi olettaa, että kokeen kerääjäkasvien kokonaismassa oli juurten ansiosta lähempänä koejäsenen 2 viherlannoituskasvuston kokonaismassaa kuin pelkkien maanpäällisten kuiva-ainesatojen perusteella mitattiin. Typpisadon kannalta juurten kokonaissatoa tasoittava merkitys lienee pienempi, sillä virnan juuristossa typpipitoisuus on ainakin heinäkasveja suurempi.



**Kuva 3.** Osa kasvustoista niittomurskattiin (vasemmalla) ennen maahan muokkaamista kyntäen tai kevennetysti. Niittomurskaus tehtiin myös, jotta alla kasvanut italianraiheinä pääsi kasvamaan syksyllä yksin. Kevennettyyn muokkaukseen käytettiin lautasmuokkaria (oikealla) tai hanhenjalkaterillä varustettua kultivaattoria.

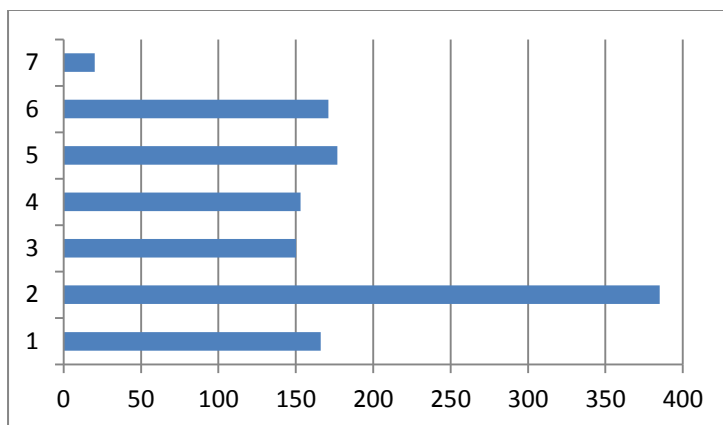
### 3.1.2. Kasvustojen typpipitoisuus ja typpisato

Virna – kaura –seosten kasvustonäytteiden typpipitoisuus oli 2,73 – 2,92 % kuiva-aineessa. Italianraiheinä mukana seoksessa pienensi hieman näytteen typpipitoisuutta. Se oli 2,68 %, mikä poikkesi tilastollisesti merkitsevästi kaikista muista viherlannoituskasvustoista paitsi koejäsenestä 4 (2,73 % N). Puintikypsän kauran olkien typpipitoisuus oli 0,50 %.

Öljyretikoiden kuiva-aineen typpipitoisuus oli korkea, vaihdellen noin neljästä viiteen prosenttiin. Koejäsenen 4 typpipitoisuus (3,86 %) oli muita pienempi, mikä liittyy jollain tavalla öljyretikan hyvään kasvuun lähtöön siinä. Lokakuun alussa otetun koejäsenen 5 näytteen typpipitoisuus (4,97 %) oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin samat käsittelyt läpikäyneen koejäsenen 6 (4,35 %), mihin syynä näyttäisi olevan jälkimmäisen kuukautta myöhäisempi näytteenotto. Italianraiheinän typpipitoisuus (2,43 %) oli selkeästi pienempi kuin öljyretikoiden.

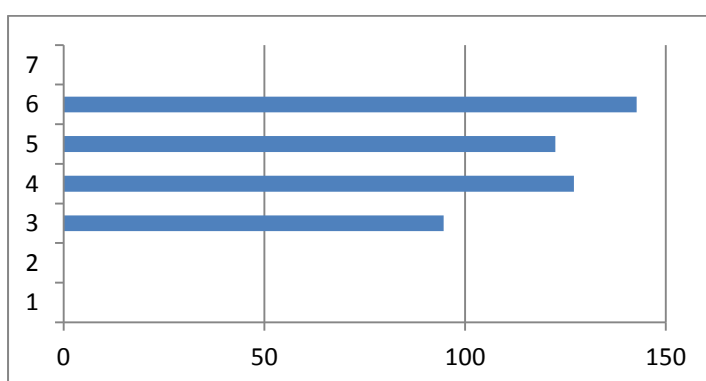
Kuiva-ainesadon ja typpipitoisuuden avulla laskettujen typpisatojen erot olivat suuret etenkin kahden ääripään vuoksi (kuva 4). Viherlannoituskasvuston typpisato riippui ennen kaikkea kasvuajasta, ja lokuuhun asti kasvaneen koejäsenen 2 typpisato oli yli kaksinkertainen heinäkuun lopulla lopetettuihin kasvustoihin verrattuna. Lähes 400 kilon typpisato on todella suuri, vaikka varaisikin tulokselle hieman virhemahdollisuutta näytteenoton hankaluuden vuoksi.

Aikaisen ja myöhäisen lopetusajankohdan eroon nähden muiden viherlannoituskasvustojen erot välillä 150 – 177 kg/ha N olivat pienet, vaikka koejäsenen 5 typpisato olikin tilastollisesti merkitsevästi isompi kuin koejäsenen 3 ja 4. Ainakin osittain eroon vaikutti se, että koejäsenen 3 ja 4 näytteet otettiin lähes viikkoa aikaisemmin kuin muiden heinä- ja elokuun vaihteessa käsiteltyjen kasvustojen. On myös hyvä huomata, että koejäsenen 1 ja 6 typpisato oli käytännöllisesti katsoen yhtä suuri kuin koejäsenen 5. Kauran olkien typpisato oli kaikkiin viherlannoituksiin verrattuna hyvin pieni, vain 20 kg/ha.



**Kuva 4.** Viherlannoituskasvuston (1 – 6) ja kauran olkien (7) typpisadot, kg/ha. Näytteet on otettu vuosina 2016 ja 2017 keskimäärin seuraavina ajankohtina: 21.7. (koejäsenet 3 ja 4), 27.7. (1, 5 ja 6), 23.8. (7) ja 30.9. (2). Koejäsenen käsittelyt on selitetty taulukossa 1.

Kerääjäkasvit ehtivät kasvaa kahdessa kuukaudessa runsaan typpisadon (kuva 5). Ne saivat käyttöönsä runsaasti virnoista vapautuvaa typpeä, ja valoa sekä kosteutta oli riittävästi saatavilla voimakkaaseen kasvuun. Italianraiheinän hieman alle sadan kilon typpisato oli öljyretikoita pienempi. Öljyretikan typpisato koejäsenessä 6 (143 kg/ha) oli koejäsentä 5 (123 kg/ha) suurempi, johtuen sen muita öljyretikoita pidemmästä kasvuajasta. Koejäsenen 4 ei poikennut tilastollisesti merkitsevästi muista öljyretikoista ja sen typpisato (127 kg/ha) oli käytännössä sama kuin koejäsenen 5.



**Kuva 5.** Kerääjäkasvuston (3 italianraiheinä, 4 – 6 öljyretikka) typpisato, kg/ha. Näytteet on otettu vuosina 2016 ja 2017 keskimäärin seuraavina ajankohtina: 30.9. (koejäsenet 3, 4 ja 5) ja 28.10. (6). Koejäsenen käsittelyt on selitetty taulukossa 1.

Viherlannoituskasvuston ja öljyretikoiden yhteenlaskettu typpisato oli noin 300 kg/ha ja viherlannoituskasvuston ja italianraiheinän yhteenlaskettu typpisato noin 250 kg/ha. Sinänsä näin laskettu typpisato ei ole kovin perusteltu, koska kerääjäkasvustojen typpi sisältää viherlannoituksen jo kertaalleen sitomaa ja sittemmin vapauttavaa typpeä. Lukemat kuitenkin havainnollistavat sitä, että vaikka kerääjäkasvit kasvoivatkin vahvasti syksyllä, pystyi vapaasti syksyyn asti kasvanut virnavoittoinen viher-

lannoituskasvusto tuottamaan koko kasvukauden aikana suuremman typpisadon kuin viherlannoituksen ja kerääjäkasvien yhdistelmä. Juuristojen typpisato, jota tässä ei mitattu, tosin todennäköisesti tasoittaa eroa.

## 3.2. Maan mineraalityppi viherlannoituksen jälkeen

Mineraalityypen eli nitraatti- ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ja ammoniumtyypen ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) määrät maassa kertovat kasveille käyttökelpoisesta mutta myös huuhtoutumiselle alttiista typestä. Olisi hyvä, että etenkin helposti huuhtoutuvaa nitraattityyppiä ei olisi maassa runsaasti silloin, kun pellossa ei ole kasvavia kasveja tyyppiä käyttämässä. Nitraattityppi liikkuu herkästi veden mukana, joten varsinkin märkinä syksyinä ja roudattomina talvina sitä on vaarassa päätyä vesistöihin. Ammoniumtyppi muuntuu nitrifikaatiossa nitraattitypeksi. Paitsi huuhtoutumalla, tyyppiä voi joutua hukkaan kaasuntumalla. Näin voi käydä etenkin hapettomissa oloissa.

### 3.2.1. Nitraattityppi syksyllä viherlannoituksen jälkeen

Maan nitraattityypen määrissä ennen talven tuloa oli erittäin suuri ero kokeiden aloitusvuosien 2016 ja 2017 välillä, vaikka kyseisten kasvukausien kasvustojen typpisadot eivät toisistaan suuresti poikenneet. Vuoden 2016 lukemat olivat poikkeuksellisen suuret ja vuoden 2017 lukemat poikkeuksellisen pienet, ottaen huomioon näytteenottoa edeltävien kasvustojen typpisadot.

Vuosien väliseen eroon oli muutamia syitä. Syksyn 2016 olot olivat lähellä keskimääräistä, kun taas kesä ja syksy 2017 olivat erittäin märkiä. Runsaiden sateiden (taulukko 2) lisäksi haihtuminen oli vuonna 2017 vähäistä ja syksyn sateiden myötä pelto oli likomärkää. Kun lisäksi maa ei jäänyt lainkaan loppusyksyllä, päästiin maanäytteet ottamaan hyvin myöhään. Vuonna 2016 alkaneen kokeen maanäytteet otettiin 1. – 3. marraskuuta, mutta vuonna 2017 alkaneen kokeen maanäytteet käsi-kairoilla 0 – 30 cm syvyydestä 11.12.2017 ja traktorikairalla 30 – 60 cm sekä 60 – 90 cm syvyyksistä 15. – 19.1.2018. Näyttää ilmeiseltä, että nitraattityyppiä on valunut näytesyvyyttä syvemmälle jo ennen näytteenottoa. On myös mahdollista veden kyllästävä maa on johtanut hapettomiin oloihin, jolloin nitrifikaatiota ei ole tapahtunut. Tällaisissa oloissa tyyppiä voi haihtua myös ilmaan, mutta kaasumittauksia ei näissä kokeissa tehty.



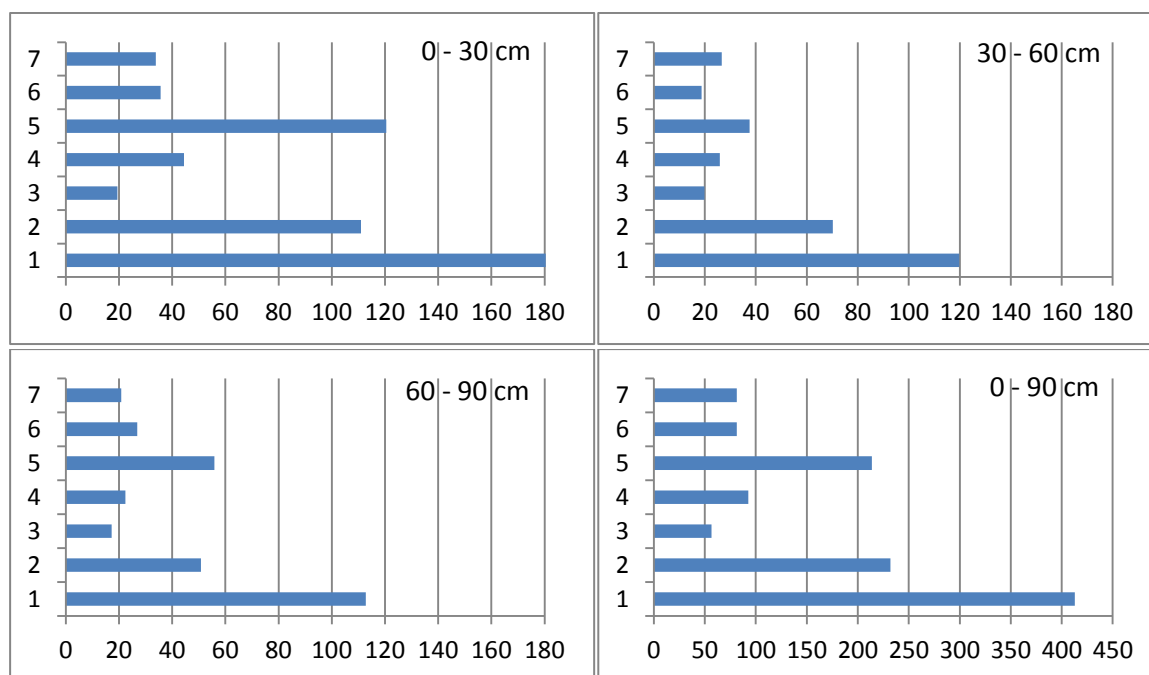
**Kuva 6.** Vuonna 2017 ei maan syvänäytteitä saatu otettua joulukuussakaan, vaan märkään ja liian sulaan maahan painuivat pahat traktorinjäljet. Näytteenotto keskeytettiin ja tammikuussa 2018 näyte otettiin uusiksi myös tästä ruudusta. Jälki haittasi jonkin verran myös seuraavan kesän viljan kasvua, ja se pyrittiin ottamaan havaintojen avulla huomioon. Oikealla kaksi kuvaa syvänäytteiden otosta traktorikairalla marraskuussa 2016 (kuvassa Niko Jalava), tosin eri kokeesta kuin tämän raportin aiheena oleva.

Syksyn 2016 suuret nitraattitypen määrät johtuivat osittain siitä, että koetta edelsi hyvin runsaskasvuinen kaksivuotinen puna-apilan, valkoapilan, timoten ja nurminadan seoksella kylvetty viherkesanto. Apilakesannon vaikutusta kuvaa hyvin se, että myös niissä ruuduissa, joista oli puitu hyväsatoinen kaura, oli maassa varsin runsaasti nitraattityppeä. Kaurakaan ei siis ollut käyttänyt kaikkea apilakesannosta vapautunutta typpeä ja/tai typen vapautuminen oli jatkunut edelleen kauran typenoton jälkeen. Vuonna 2017 alkanut koe kylvettiin samalle peltolohkelle, mutta silloin apilakesannon ja kokeen perustamisen välillä kasvoi syysvehnä.

Suuri ero vuosien välillä johti myös jossain määrin poikkeaviin kasvustokäsittelyjen vaikutuksiin kahden kokeen välillä. Siksi tulokset piti käsitellä ja tarkastella vuosien osalta erikseen, eikä vuosien tulokset yhdistettynä, kuten alun perin oli tarkoitus. Ero syksyisen nitraattitypen määrässä johti myös eroihin suuressa osassa toisen koevuoden tuloksia, jolloin nekin täytyi käsitellä ja tulkita erikseen. Oikeastaan molemmat kokeet kuvastavat melko poikkeuksellista tilannetta. Vuonna 2016 aloitettu koe edustaa tilannetta, jossa maahan on vapautunut erittäin suuri määrä typpeä sekä kokeen viherlannoituskasvustoista että niitä edeltäneestä kaksivuotisesta apilakesannosta, ja typen huuhtoutumisen riski on suuri. Vuonna 2017 aloitettu koe edustaa tilannetta, jossa maan märkyyden vuoksi riski on jo realisoitunut huuhtoutumisena tai typen normaali vapautuminen ja muuntuminen nitraattitypeksi on häiriintynyt.

### 3.2.1.1. Syksyn nitraattityppi vuonna 2016

Maan  $\text{NO}_3\text{-N}$  marraskuun alussa 2016 oli suurin kaikissa näytekerroksissa, jos viherlannoituskasvusto kynnettiin maahan heinäkuun lopussa ilman kerääjäkasveja (koejäsen 1). Kolmen näytekerroksen määrät matalimmasta syvimpään olivat 180, 120 ja 112 kg/ha eli yhteensä 413 kg/ha (kuva 7). Näin suuri nitraattitypen määrä ei ole voinut vapautua pelkästään virnakesannon maanpäällisestä kasvustosta, jonka näytteestä mitattu typpisato oli 166 kg/ha. Typpeä on vapautunut lisäksi paitsi juuristosta, huomattavalta osalta myös edeltäneestä apilakesannosta. Maastakin typpeä vapautuu.



**Kuva 7.** Maan  $\text{NO}_3\text{-N}$  (kg/ha) kolmessa näytekerroksessa erikseen ja yhteensä marraskuun alussa vuonna 2016. Koejäsenten käsittelyt on selitetty taulukossa 1.

Viherlannoituksen muokkaaminen maahan vasta lokakuussa pienensi merkitsevästi maan nitraattitypen määrää eli huuhtoutumisen riskiä. Tällöin nitraattitypen kokonaismäärä oli lähes puolet aikaiseen kyntöön verrattuna, syvimmässä näytekerroksessa alle puolet. Silti koejäsenen 2 nitraattitypen määrät olivat merkitsevästi isommat kuin koejäsenen, joihin kylvettiin kerääjäkasveja. Tosin koejäsenen 5 nitraattitypen määrä oli koejäsenen 2 kanssa samaa luokkaa keskimmäistä näytesyvyyyttä lukuun ottamatta.

Koejäsenen 5 nitraattitypen määrä oli lähes poikkeuksetta merkitsevästi isompi kuin muiden kerääjäkasveja kasvaneiden koejäsenen. Koejäsenen 6 verrattuna syy oli mitä ilmeisimmin lyhyempi kasvuaika ja pienempi sato sekä koejäsenen 6 muokkaamattomuus syksyllä. Koejäsenessä 3 puolestaan alhaisemman tyyppitoisuuden omaava italianraiheinä pystyi pitämään typen paremmin sidottuna vielä maahan muokkaamisen jälkeen. Mahdollista on myös, että italianraiheinä keräsi juuristoonsa enemmän typpeä kuin öljyretikka.

Koejäsenen 4 verrattuna koejäsenen 5 öljyretikka kasvoi heikommin. Vähäisempi typen keruu jätti maahan ilmeisesti isompia  $\text{NO}_3\text{-N}$  määriä. Toisaalta myös öljyretikan N-% oli muita suurempi koejäsenessä 5, mikä nopeuttaa typen vapautumista. Lisäksi huomattavan suuri nitraattitypen määrä nimenomaan pintakerroksessa liittyy siihen, että koejäsenen 5 öljyretikka muokattiin lautasmuokkariilla matalaan eikä syvemmälle kyntäen kuten koejäsenen 4 öljyretikka, mikä myös osaltaan nopeutti öljyretikan typen vapautumista pintakerroksessa.

Vaikka  $\text{NO}_3\text{-N}$  määrät keskiarvoina olivat koejäsenessä 3 usein myös pienemmät kuin koejäsenessä 6, ei aineisto riittänyt todistamaan mahdollista eroa myös tilastollisesti merkitseväksi. Käytännön kannalta 24 kg/ha eroa nitraattitypen kokonaismäärässä, joka näiden kahden parhaiten typen huuhtoutumisriskiä vähentäneen koejäsenen välillä oli, voitaisiin kyllä pitää merkittävänä.



**Kuva 8.** Öljyretikan muokkaamista maahan kultivaattorilla 6.10.2016. Maa oli aitosaveksi erittäin kuohkeaa.

### 3.2.1.2. Syksyn nitraattityppi vuonna 2017

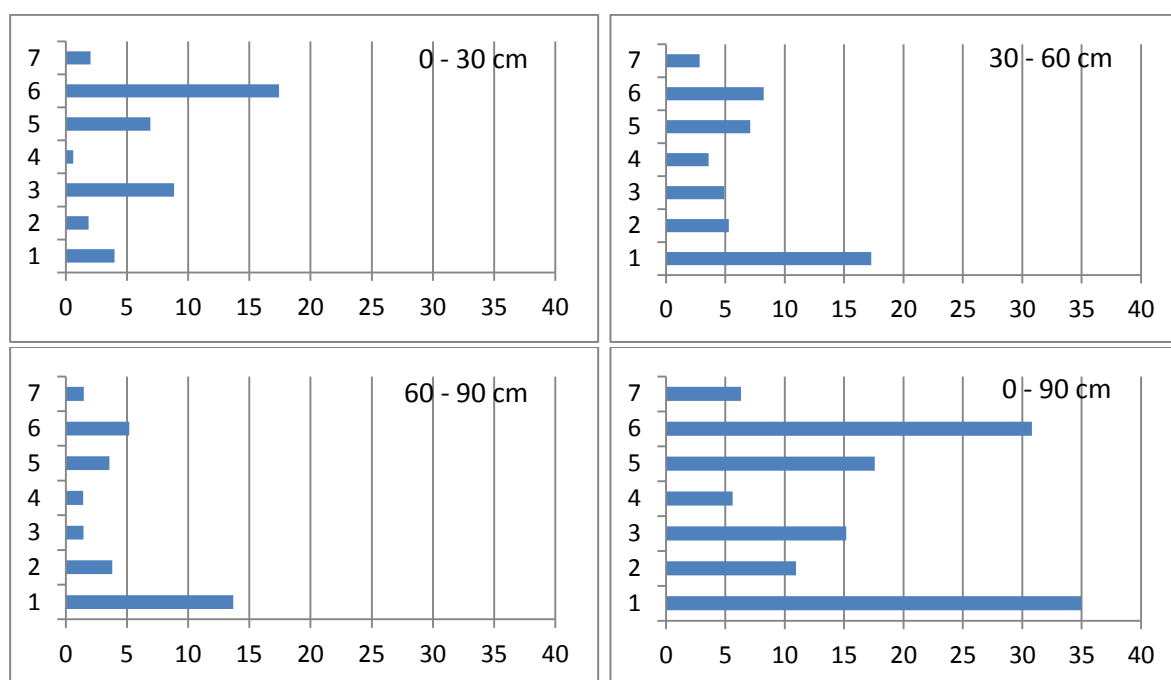
Maan  $\text{NO}_3\text{-N}$  määrä oli vuoden 2017 viherlannoituskäsittelyjen jälkeen pieni, usein alle kymmenesosa siitä, mitä edellisessä kokeessa mitattiin. Erilaiset olot muuttivat myös käsittelyjen keskinäisiä eroja nitraattitypen suhteen. Erityisen selvästi käsittelyjen välinen ero poikkesi edellisvuodesta ylimmässä maakerroksessa (0 – 30 cm), sillä joulukuun 2017 näytteessä koejäsenen 6  $\text{NO}_3\text{-N}$  (17 kg/ha) oli muita suurempi (kuva 9). Seuraavaksi suurin määrä oli koejäsenessä 3 (9 kg/ha), jonka ero muihin oli myös tilastollisesti merkitsevä. Ilman kerääjäkasveja maahan muokattujen virnojen nitraattitypen määrä oli erittäin pieni, 2 – 4 kg/ha ja koejäsenessä 4 se oli vain 1 kg/ha.

Päinvastoin kuin syksyllä 2016, korkeimmat lukemat joulukuussa 2017 merkitsevät hyvin ilmeisesti sitä, että käsittely on onnistunut estämään nitraattitypen valumista veden mukana. Italianraiheinä ja

koko syksyn ajan kasvanut öljyretikka pitivät maan todennäköisesti kuivempänä ja joka tapauksessa ne säilyttivät tyypeä tässä maakerroksessa. Toisin sanoen käsittelyt 3 ja 6 vaikuttivat vastaavaan tapaan kuin syksyllä 2016, mutta kovan märkyyden vuoksi niiden suhde muihin koejäseniin nähden muuttui päinvastaiseksi. Kuvaavaa on, että näissäkin käsittelyissä  $\text{NO}_3\text{-N}$  oli puolta pienempi vuonna 2017 kuin 2016.

Näyttää siltä, että myös öljyretikan syksyisen maahan muokkaamisen tavalla oli merkitystä, mutta selityksenä on olemassa kaksi eriävää vaihtoehtoa. Kun öljyretikka kynnettiin (4), tyypeä on mahdollisesti päässyt valumaan syvemmälle, kuin matalaan muokattaessa (5). Toisaalta öljyretikan parempi kasvu koejäsenessä 4 on voinut ottaa paremmin talteen virnakasvustosta vapautuneen typen. Tulosten perusteella ei voi varmuudella sanoa, onko kyseessä ensimmäinen, kielteinen, vaikutus vai jälkimmäinen, myönteinen vaikutus.

Kahdessa syvemmässä maakerroksessa nitraattitypen määrä oli suurin, jos viherlannoituskasvusto kynnettiin maahan heinäkuun lopussa ilman kerääjäkasveja (koejäsen 1). Tulos oli siis vastaava kuin syksyllä 2016, tosin tämä tammikuussa 2018 mitattu  $\text{NO}_3\text{-N}$  määrä oli vain kymmenesosa edellisvuoden kokeen vastaavasta.



**Kuva 9.** Vuonna 2017 aloitetun kokeen maan  $\text{NO}_3\text{-N}$  (kg/ha) joulukuun puolivälissä 2017 (0 – 30 cm näytekerros) ja tammikuun puolivälissä 2018 (30 – 60 cm ja 60 – 90 cm) sekä yhteensä kerroksessa 0 – 90 cm. Koejäsenien käsittelyt on selitetty taulukossa 1.

Kahden syvimmän näytteen viesti jää monilta osin arvailujen varaan. Nitraattityppeä on epäilemättä valunut syvemmälle kuin 90 cm syvyyteen, mutta määrästä ja määrien eroista käsittelyjen välillä ei ole mitattua tietoa. Pienet nitraattitypen määrät voivat johtua myös siitä, että veden kyllästävässä maassa ammoniumtypen nitrifioituminen on estynyt. Joka tapauksessa tulokset viittaavat siihen, että kynnön viivyttäminen tai viherlannoitus-tyypen talteenotto kerääjäkasvien avulla auttavat huuhtoutumisen estämisessä myös äärimmäisen märissä oloissa. Kaikkein syvimmässä kerroksessa italianraiheinä (3) ja kynthämällä maahan muokattu öljyretikka tuottivat monia muita käsittelyjä pienemmät  $\text{NO}_3\text{-N}$  määrät. Italianraiheinän osalta selitys on epäilemättä sen hyvä kyky kerätä tyypeä ja myös säilyttää sitä alhaisen typpipitoisuutensa ansiosta. Sen sijaan öljyretikan typpipitoisuus on suurempi,



ja typen vapautuminen voi siksi olla nopeaa. On mahdollista, että kynnetyn öljyretikan pieni arvo johtuu siitä, että kasvimassan kääntäminen kynnöksen alle märkään maahan on johtanut hapettomiin oloihin ja siten nitrifikaation estymiseen. Märissä oloissa on myös vaarana, että denitrifikaatio vapauttaa typpeä kaasuna ilmakehään, mutta sitä ei tässä tutkimuksessa mitattu.



**Kuva 10.** Raiheinä kynnettiin maahan ilman esikäsittelyä (vasemmalla). Koejäsenen 5 öljyretikka niittomurskattiin ennen kyntöä. Kuvat on otettu 5.10.2016.

### 3.2.2. Ammoniumtyppi syksyllä viherlannoituksen jälkeen

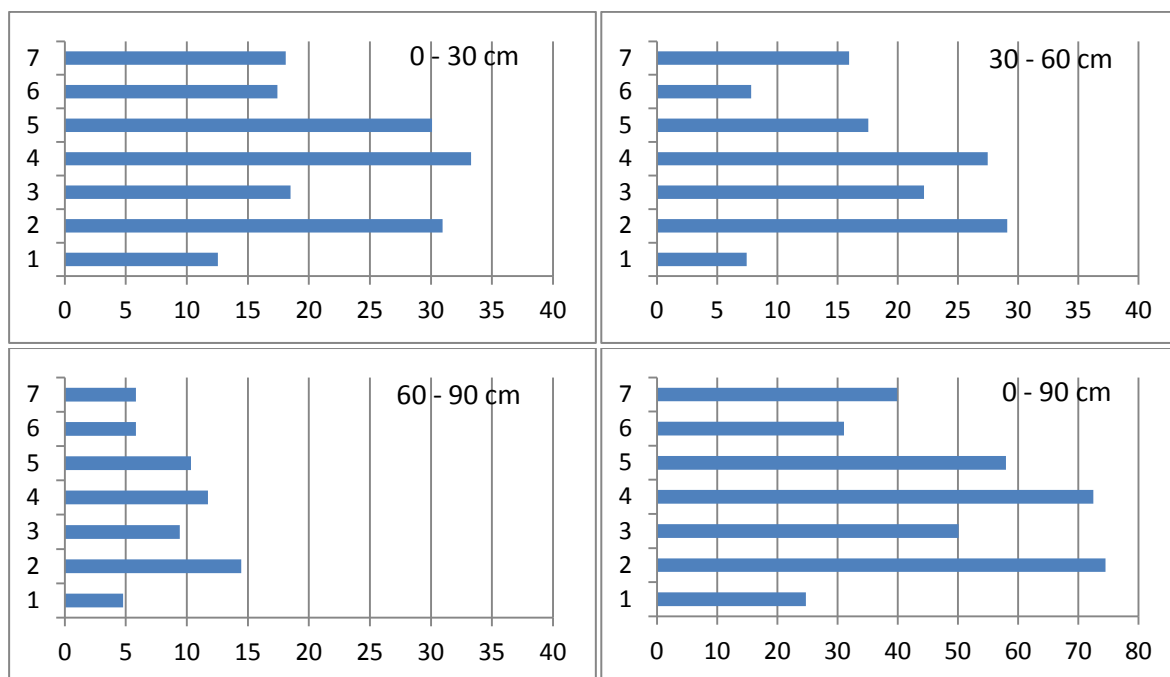
Vaikka ammoniumtypen määrä oli vuoden 2017 viherlannoituksen jälkeen kahdessa ylimmässä näytekerroksessa usein kaksin- tai kolminkertainen ja alimmassa näytekerroksessa usein puolta pienempi vuoden 2016 tuloksiin nähden, olivat tulokset siinä määrin samansuuntaiset, että kahden koevuoden yhdistetty tarkastelu on perusteltua. Vuosien välinen ero on kuitenkin sikäli tärkeä tiedostaa, että ero oli päinvastainen ammoniumtypen osalta kun nitraattitypen kohdalla. Kun  $\text{NO}_3\text{-N}$  oli erityisen suuri vuonna 2016, ei  $\text{NH}_4\text{-N}$  ollut poikkeuksellinen, vaikkakin melko suuri. Kun  $\text{NO}_3\text{-N}$  oli pieni vuoden 2017 viherlannoituksen jälkeen, oli  $\text{NH}_4\text{-N}$  poikkeuksellisen korkea. Kaikkien näytekerrosten yhteenlaskettu  $\text{NH}_4\text{-N}$  oli koejäsenestä riippuen 28 – 100 kg/ha. Kokeen suurimpiin ammoniumtypen määriin ei MTT:n 1990-luvun viherlannoituskokeissa kertaakaan ylletty. Kasvustoista vapautunut typpi ei mitä ilmeisimmin nitrifioitunut nitraattitypeksi tavalliseen tapaan syksyn 2017 märissä oloissa.

Kuudesta ruudusta otettiin syvänäytteet jo joulukuussa, kunnes näytteenotto lopetettiin, koska näytetraktorin renkaat painoivat syvät urat peltoon (kuva 6). Samoista kuudesta ruuduista otettiin uudestaan näytteet tammikuun näytteenotossa. Useimmissa ammoniumtypen määrä oli kuukaudessa lisääntynyt huomattavasti, mutta nitraattitypen melko vähän. Vaikka tulos ei ole tieteellisesti pätevä, tukee sekin teoriaa typen vapautumisesta kasvustomassasta, mutta vähäisestä nitrifikaatiosta.

Käsittelyjen osalta näiden kahden vuoden eroissa on huomionarvoista se, että maahan kynnetyn öljyretikan (4)  $\text{NH}_4\text{-N}$  oli jälkimmäisessä kokeessa noin kolminkertainen (100 kg/ha) ensimmäiseen kokeeseen verrattuna. Tämä puoltaa edellisen luvun arviota siitä, että kyseisessä käsittelyssä ammoniumtypen nitrifioituminen nitraatiksi olisi estänyt muita käsittelyjä enemmän.

Koejäsenten 2, 4 ja 5  $\text{NH}_4\text{-N}$  (30 – 33 kg/ha) oli muita suurempi 0 – 30 cm syvyydessä (kuva 11). Kerroksessa 30 – 60 cm koejäsenen 2 lukema oli suurempi kuin muiden paitsi koejäsenen 4, jonka  $\text{NH}_4\text{-N}$  määrä puolestaan oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin muiden paitsi koejäsenten 2 ja 3. Kerroksessa 60 – 90 cm koejäsenen 2 ja 4 lukemat olivat suurempia kuin muiden paitsi koejäsenen 5.

Koejäsenten 1 ja 6 ammoniumtypen määrä oli muita viherlannoituskäsittelyjä pienempi kahdessa syvimmissä kerroksessa, minkä lisäksi koejäsenen 1 lukema oli 0 – 30 cm kerroksessa tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin koejäsenten 2, 4 ja 5 (sekä 3 merkitsevyystasolla  $p = 0,08$ ).



**Kuva 11.** Maan  $\text{NH}_4\text{-N}$  (kg/ha) ennen maan routaantumista keskimäärin vuosien 2016 ja 2017 kasvustojen jälkeän kolmessa maanäytekerroksessa (0 – 30 cm, 30 – 60 cm ja 60 – 90 cm) sekä yhteensä kerroksessa 0 – 90 cm. Koejäsenten käsittelyt on selitetty taulukossa 1.

Yhteistä vuosille 2016 ja 2017 oli, että aikaisin kynnetyn virnakesannon (koejäsen 1) ja muokkaamatta jätetyn öljyretikan (koejäsen 6) jälkeen  $\text{NH}_4\text{-N}$  oli yleisesti pienin. Syyt tähän voivat olla koejäsenten välillä erilaiset eri vuosina. Aikaisin kynnetyn virnan vapauttava typpi ehti normaalina syksynä 2016 muuntua ammoniumtyypen kautta nitraattitypeksi. Myös vuonna 2017 nitrifikaatiota lienee tapahtunut, mutta nitraatti on sitten jatkuvien sateiden myötä valunut näytekerroksia syvemmälle. Koejäsenen 6 öljyretikka puolestaan otti molempina vuosina talteen virnasta vapautuvaa typpiä kuukautta pidempään kuin muut käsittelyt, eli vielä koko lokakuun ajan. Lisäksi on mahdollista, että lokakuun ajan jatkuneen kasvun vedenkulutus ja maata suojaava lehtikerros estivät typen valumista syvempiin kerroksiin.

Lokakuun alussa maahan muokatut öljyretikat aloittivat typpensä vapauttamisen aikaisemmin kuin muokkaamaton öljyretikka. Muokattujen öljyretikoiden välillä näkyi eroa siten, että syvemmälle eli kyntämällä muokatun (4) kohdalla  $\text{NH}_3\text{-N}$  määrä oli syvemmällä isompi kuin matalaan muokatun (5), ainakin kerroksessa 30 – 60 cm. Tosin myös koejäsenen 4 virnan niittomurskaus ja matala muokkaus on voinut vaikuttaa, nopeuttamalla typen vapautumista.

Maahan kynnetyn italianraiheinän (3) vaikutus ammoniumtyypen on kynnetyn öljyretikan ja muokkaamattoman öljyretikan välimaastossa. Kynnettyjen koejäsenten osalta ero johtunee typen hitaammasta vapautumisesta italianraiheinästä, jonka typpipitoisuus on öljyretikkaa pienempi. Syvempien kerrosten isompi ammoniumtyypen määrä koejäsenessä 3 verrattuna koejäseneseen 6 puolestaan voi johtua suurelta osin siitä, että maata ei jälkimmäisessä käännetty ja että öljyretikka jatkoi typen ja veden käyttöönsä vielä noin kuukauden ajan italianraiheinän kynnön jälkeen.

### 3.3. Viljojen kasvu toisena koevuonna

Viherrannoitusvuosia seuranneet vuodet olivat viljojen kasvun kannalta hyvin erilaisia. Keväällä 2017 koekenttä kuivui tasaisesti, viljojen kylvö oli helppoa ja orastuminen tasaista. Keväällä 2018 kuivuminen oli märän syksyn jäljiltä epätasaisempaa, ja kokeen yhdessä nurkassa maa oli heikommin muok-

kautuvaa, mikä heijastui muutaman ruudun kasvuun. Orastuminen ei ollut täysin tasaista. Kesä 2017 oli kolea ja sateinen, ja viljojen kasvuaika pitkä. Kesä 2018 oli kuiva ja kuuma. Nopea kasvu mahdollisti ruutujen tuleentumisen hyvin puintikuntoon, vaikka kasvu olisikin ollut osittain eri rytmissä kevään hankalista oloista johtuneen epätasaisuuden vuoksi.

Ohran oraiden keskimääräinen tiheys vaihteli koejäsenten osalta välillä 370 – 430 kpl/m<sup>2</sup> ja vehnän oraiden välillä 410 – 470 kpl/m<sup>2</sup>. Käsittelyjen vaikutus orastumiseen ei ollut merkittävä, vaikka koejäsenen 5 orastiheys olikin molemilla viljoilla keskiarvona pienin ja osoitti parivertailun perusteella viitteitä eroavuudesta kaikkein suurimpiin keskiarvoihin.

Kasvustohavaintojen perusteella kauran jälkeen kylvetyt ruudut erottuivat muita heikompina molemmissa kokeissa. Sen sijaan viherlannoituskäsittelyjen jälkeen selkeitä koejäsenestä johtuvia eroja ei voinut havainnoiden varmuudella todeta.



**Kuva 12.** Jälkivaikutusta seurattiin ruutuihin kylvetyin ohran ja kevätvehnän avulla. Viljoja edelsi täsmälleen sama käsittely, sillä ensimmäisen vuoden ruutu jaettiin kahteen osaan, joiden puoliskoihin ohra ja vehnä arvottiin. Viljat puitiin tuleentuneina, ohran puinnissa Aino Lahti ja Kauko Kyläsorri.

### 3.3.1. Ohran ja kevätvehnän jyväsadot

Vaikka edeltävät viherlannoitus- ja kerääjäkasvustot olivat vuosina 2016 ja 2017 samankaltaiset, heijastuivat hyvin erilaiset kesän ja syksyn sääolot, etenkin syksyn 2017 märkyys, viljoihin siinä määrin, että vuodet oli analysoitava erikseen. Näin oli tehtävä nimenomaan siksi, että koejäsenten jälkivaikutus oli erilainen näissä kokeissa.

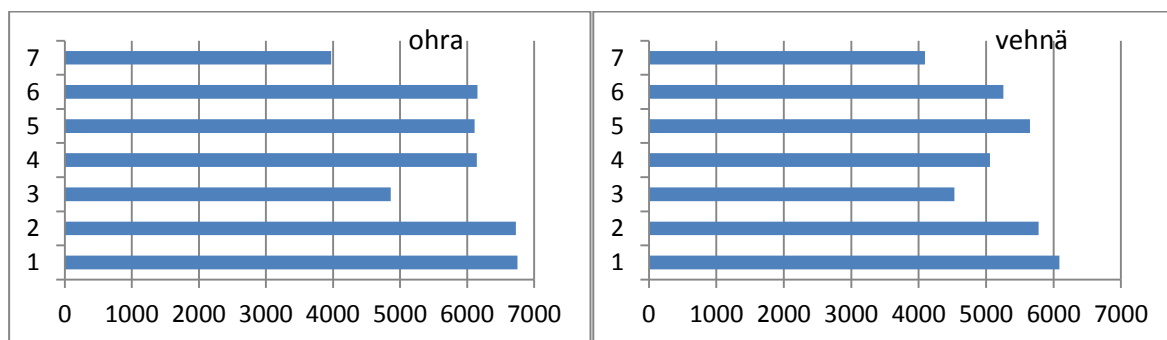
Erilaiset edeltävät syksyt vaikuttivat varmasti myös viljojen yleiseen satotasoon, mutta lisäksi ensimmäisessä kokeessa mitä ilmeisimmin näkyi voimakkaammin kokeita edeltäneen runsaan kaksivuotisen apilakesannon vaikutus. Toisaalta jo pelkkä vuoden 2018 kuivuus ja kuumuus rajoittivat viljojen kasvu, eikä näiden eri tekijöiden merkitystä satotulosten kannalta voi erotella.

Kauran jälkeen viljojen jyväsato oli vuonna 2017 noin 4000 kg/ha, vuonna 2018 puolta pienempi. Viherlannoitusten jälkeen ohran jyväsato vuonna 2017 oli suurimmillaan noin 6700 kg/ha ja vehnän jyväsato noin 6000 kg/ha. Vuoden 2018 suurimmat jyväsadot olivat puolet edellisen kokeen suurimmista. Jyväsato oli kauran jälkeen aina merkittävästi pienempi kuin viherlannoituskäsittelyjen jälkeen. Seuraavassa keskitytäänkin vain viherlannoituskäsittelyjen eli koejäsenten 1 – 6 välisiin eroihin.

Vuonna 2017 niin ohran kuin kevätvehnän jyväsato oli merkittävästi muita viherlannoituskäsittelyjä pienempi italianraiheinän jälkeen (ohra 4860 kg/ha, vehnä 4530 kg/ha, kuva 13). Kevätvehnän jyväsato oli lisäksi merkittävästi suurempi pelkkien viherlannoituskasvustojen jälkeen (koejäsen 1: 6090 kg/ha, koejäsen 2: 5780 kg/ha) kuin kahden öljyretikkäkäsittelyn (koejäsen 4: 5060 kg/ha, koejäsen 6: 5260 kg/ha) jälkeen. Vaikka ohran jyväsato oli keskiarvona pelkkien viherlannoituskasvustojen jäl-

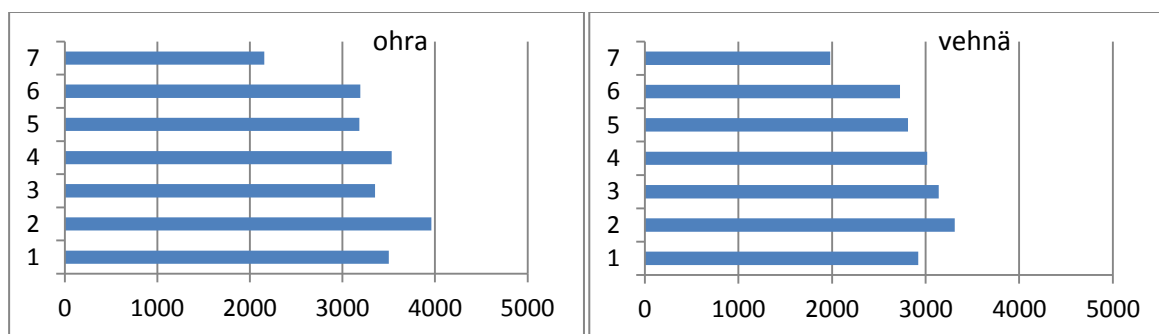
keen noin 600 kg/ha suurempi kuin öljyretikkakäsittelyjen, ei aineisto riittänyt todistamaan eroa tilastollisesti merkitseväksi. Ero on kuitenkin käytännön kannalta huomattava, ja samansuuntainen kuin kevävehnällä, joten se on syytä ottaa huomioon. Hyvin todennäköisesti ero olisi tullut merkitseväksi, jos kerranteita olisi ollut enemmän.

Koejäsenen 4 vehnän jyväsato oli 600 kg/ha pienempi kuin koejäsenen 5, ja ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan ohran jyväsato oli näissä koejäsenissä täsmälleen sama. Syytä viljojen erilaiseen käyttäytymiseen on vaikea selittää, sillä edellisenä syksynä käsitellyt ruudut jaettiin kahteen osaan, ohralle ja vehnälle, vasta seuraavana keväänä. Koejäsenessä 4 oli viherlannoituksen muokkausmenetelmänä heinäkuun lopussa kyntö ja syksyn öljyretikka muokkattiin maahan lautasmuokkariilla, koejäsenessä 5 muokkausmenetelmät olivat toisin päin. Se johti joihinkin eroihin syksyn mineraalityypen määrässä, kuten edellä on kerrottu. Viljalajit ovat jyväsätotuloksen perusteella reagoineet eri tavoin näihin eroihin. Syynä voisi olla erilainen typenoton rytmi tai juuristosyvyys, mutta varmaa selitystä ei tulosten perusteella voi antaa.



**Kuva 13.** Ohran ja kevävehnän jyväsato (kg/ha 14 % kosteudessa) viherlannoituskäsittelyjen (1 – 6) ja kauran (7) jälkeen vuonna 2017. Koejäsenet on selitetty taulukossa 1.

Viherlannoituksen käsittelyjen (koejäsenet 1 – 6) päävaikutus vuoden 2018 viljasatoihin (kuva 14) ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Koejäsenten välillä tehtiin kuitenkin parivertailu, jonka perusteella joitakin eroja on nähtävissä. Kun viherlannoituskasvusto kynnettiin maahan myöhään syksyllä (koejäsen 2), oli ohran jyväsato (3960 kg/ha) muita 460 – 770 kg/ha suurempi. Kevävehnän kohdalla tulos oli samansuuntainen, tosin parivertailussa vain lähes 600 kg/ha ero koejäsenen 6 ja 500 kg/ha ero koejäsenen 5 ( $p = 0,08$ ) tulivat merkitseviksi. Muiden sadot olivat keskiarvoina 200 – 400 kg/ha koejäsentä 2 pienemmät. Vaikka aineisto ei todistanut eroa tilastollisesti merkitseväksi, on ero käytännön kannalta merkitsevä, ja myöhäisen virnakesannon maahan muokkaamisen vaikutuksen samansuuntaisuus ohran kanssa hyvä huomata.



**Kuva 14.** Ohran ja kevävehnän jyväsato (kg/ha 14 % kosteudessa) viherlannoituskäsittelyjen (1 – 6) ja kauran (7) jälkeen vuonna 2018. Koejäsenet on selitetty taulukossa 1.

Kokeiden välisissä eroissa kiinnittyy huomio kahteen seikkaan. Niin sanotun normaalin syksyn jälkeen italianraiheinä on vienyt tehoa viherlannoitukselta sitomalla itseensä runsaasti hitaasti vapautuvaa tyyppiä. Sen sijaan märän syksyn jälkeen se on kilpailukykyinen ainakin öljyretikan ja aikaisin muokattun virnakesannon kanssa. Toiseksi, kun normaalin syksyn jälkeen ei pelkän virnakesannon muokausajankohdalla näytä olevan merkitystä viljasadon kannalta, johtaa myöhäinen muokkaus märän syksyn oloissa aikaista muokkausta suurempiin jyväsatoihin (vaikka tilastollinen merkitsevyys saavutettiin vain ohran jyväsadon osalta).

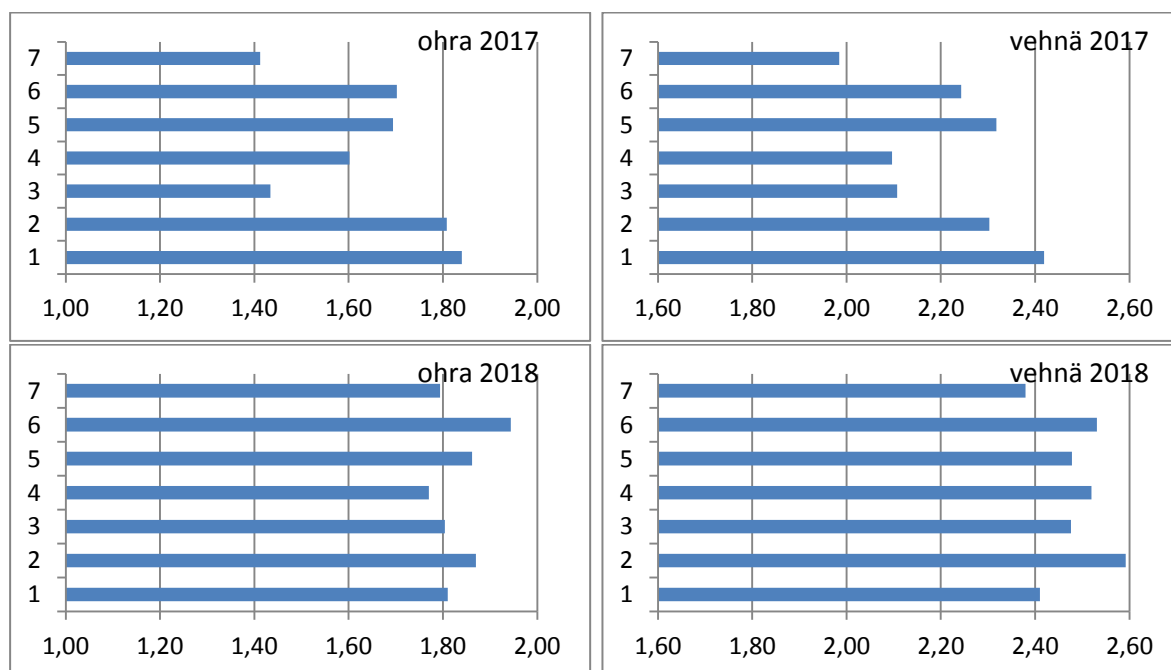
Kummankaan viljan tuhannen siemenen painoon tai hehtolitran painoon eri käsittelyillä ei ollut merkitsevää vaikutusta.

### 3.3.2. Viljanjyvien tyyppipitoisuus

Vuoden merkitys käsittelyjen vaikutuksille viljanjyvien tyyppipitoisuuteen oli oleellinen. Vuonna 2017 N-% oli kerääjäkasvittomien virnakesantojen jälkeen yleisesti muita suurempi, kun vuonna 2018 koejäsenten erot olivat melko pienet (kuva 15). Edeltävä italianraiheinä pienensi etenkin ohran jyvien tyyppipitoisuutta vuonna 2017 mutta ei vuonna 2018. Kaurankin jälkeen jyvien tyyppipitoisuus oli muuhin nähden kilpailukykyisempi vuonna 2018 kuin 2017.

Ohran jyvien N-% vuonna 2017 oli merkitsevästi suurempi koejäsenissä 1 ja 2 kuin muissa koejäsenissä, ja koejäsenessä 3 pienempi kuin muissa viherkesantokäsittelyissä. Vehnän jyvien N-% vuonna 2017 oli merkitsevästi suurempi koejäsenessä 1 kuin muissa paitsi koejäsenessä 5, ja pienempi koejäsenissä 3 ja 4 kuin muissa viherkesantokäsittelyissä.

Vuonna 2018 ei viherlannoituskäsittelyjen päävaikutus ollut tilastollisesti merkitsevä. Parivertailussa tosin sekä ohran että vehnän suurimpien ja pienimpien (ohra 6 > 4, 3 ja 1, vehnä 2 > 1) tyyppipitoisuuksien välille tuli tilastollisesti merkitsevä ero. Valkuaispitoisuudeksi muunnettuna tämä noin 1,2 % -yksikön ero voi olla käytännön kannalta merkittävä, joten epävarman tilastollisen merkitsevyyden tapauksessakin ero on hyvä noteerata.



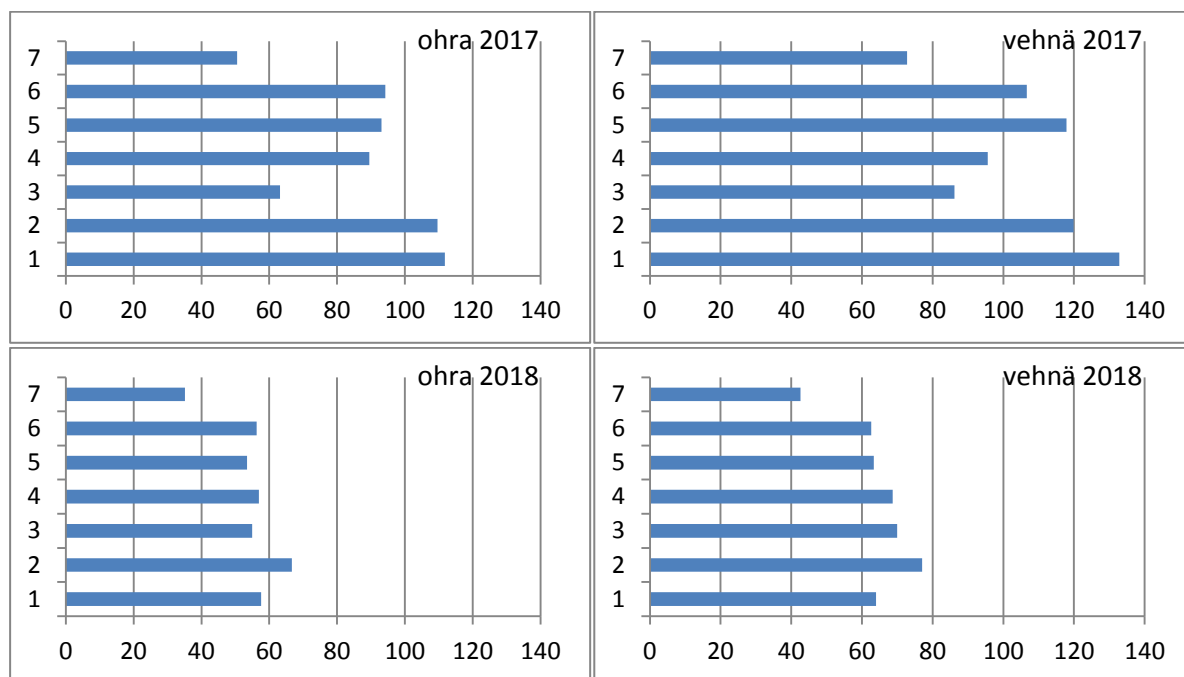
**Kuva 15.** Ohran ja kevätvehnän jyvien tyyppipitoisuus (% kuiva-aineesta) viherlannoituskäsittelyjen (1 – 6) ja kauran (7) jälkeen vuosina 2017 ja 2018. Koejäsenet on selitetty taulukossa 1. Huom: x-akseli on molemmissa yhden prosenttiyksikön mittainen siten, että ohrella asteikko alkaa arvosta 1,0 ja vehnällä arvosta 1,6.

### 3.3.3. Viljanjyvien typpisato

Vaikka jyvien typpitoisuus olikin hieman suurempi vuonna 2018 kuin 2017, oli jyvien typpisato lähes kaksinkertainen vuonna 2017 (kuva 16). Jyvien typpisato noudattikin pitkälle samaa linjaa kuin jyväsato. Kauran jälkeen jyvien typpisato oli aina pienin.

Ohran jyvien typpisato oli suurin kerääjäkasvittomien virnakesantojen jälkeen vuonna 2017, mutta vuonna 2018 myöhäinen kyntö (koejäsen 2) tuotti yksin isoimman jyvien typpisadon. Italianraiheinän jälkeen (koejäsen 3) ohran jyvien typpisato oli myös pienempi kuin öljyretikkakäsittelyjen (4, 5 ja 6) jälkeen vuonna 2017, mutta ei vuonna 2018.

Vehnän jyvien typpisato oli suurin aikaisin kynnetyn virnakesannon (koejäsen 1) jälkeen vuonna 2017. Lisäksi myöhäinen virnakesannon kyntö (2) tuotti suuremman vehnän jyvien typpisadon kuin koejäsenet 3, 4 ja 6, koejäsen 5 suuremman typpisadon kuin 3 ja 4 sekä koejäsen 6 suuremman typpisadon kuin 3. Vuonna 2018 viherkesantokäsittelyjen vaikutus vehnän jyvien typpisatoon oli pienempi, mutta koejäsenen 2 typpisato oli parivertailun mukaan suurempi kuin koejäsenten 1, 5 ja 6.



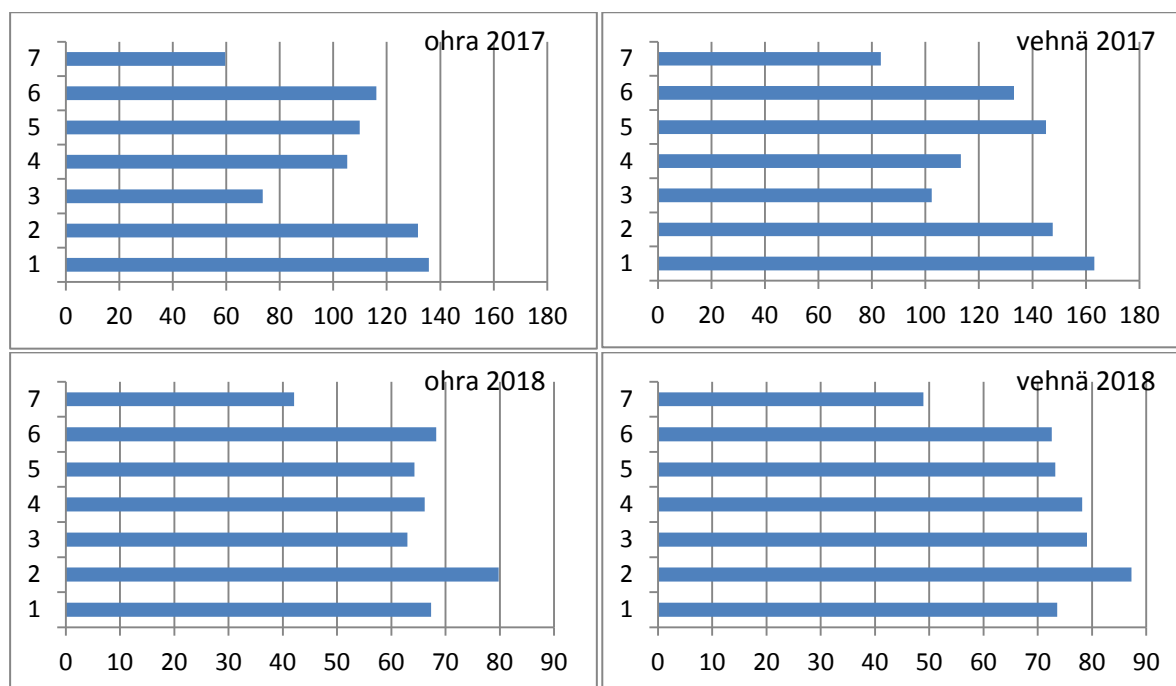
**Kuva 16.** Ohran ja kevätvehnän jyvien typpisato (kg/ha) viherlannoituskäsittelyjen (1 – 6) ja kauran (7) jälkeen vuosina 2017 ja 2018. Koejäsenet on selitetty taulukossa 1.

### 3.3.4. Viljan kokonaistyppisato

Viljojen maanpäällinen typpisato laskettiin koko ruudun jyvien typpisadon ja ruudusta otetun kasvustonäytteen olkien typpisadon perusteella. Kauran jälkeen viljojen kokonaistyppisato jäi pienemmäksi kuin viherlannoitusten jälkeen.

Ohran kokonaistyppisato oli vuonna 2017 italianraiheinän jälkeen muita viherlannoituskäsittelyjä pienempi (kuva 17). Kerääjäkasvittomat virnakesannot (1 ja 2) tuottivat kerääjäkasviratkaisuja isomman ohran kokonaistyppisadon, tosin koejäsenen 2 ero koejäsenen 6 ei riittänyt tilastollisesti merkitsevään eroon. Vuonna 2018 vain koejäsen 2 tuotti muita viherlannoituskäsittelyjä suuremman ohran kokonaistyppisadon.

Vehnän kokonaistyyppisato oli vuonna 2017 suurin aikaisin kynnetyn viherlannoituskasvuston jälkeen (koejäsen 1), tosin 15 kg/ha ero koejäsen 2 ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Koejäsenten 3 ja 4 kokonaistyyppisato oli vuonna 2017 muita viherkesantokäsittelyjä pienempi. Kuten ohran, myös vehnän kokonaistyyppisato vuonna 2018 oli koejäsenessä 2 suurin, merkitseväksi ero tosin tuli vain koejäseniin 1, 5 ja 6.



**Kuva 17.** Ohran ja kevätvehnän jyvien ja olkien yhteenlaskettu tyyppisato (kg/ha) viherlannoituskäsitteilyjen (1 – 6) ja kauran (7) jälkeen vuosina 2017 ja 2018. Koejäsenet on selitetty taulukossa 1. Huom: x-akselin asteikko on vuonna 2018 puolta pienempi eli suurin arvo on 90, kun se vuonna 2017 on 180.

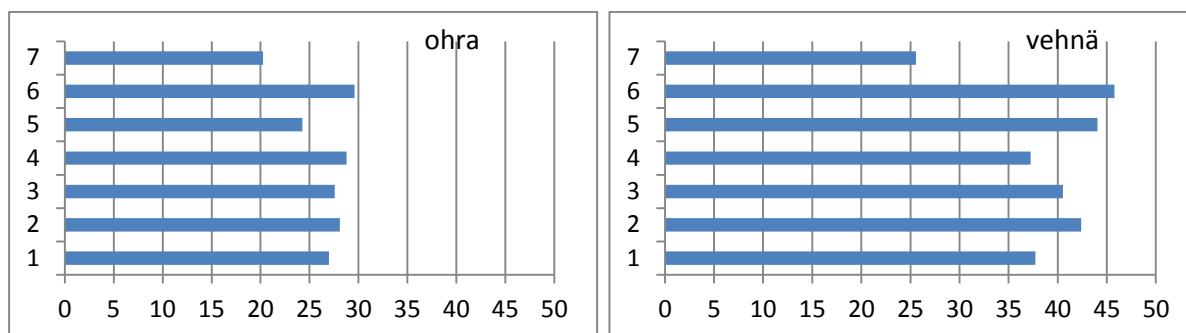
### 3.4. Mineraalityppi viljanpuintien jälkeen

Ohran ja vehnän puintien jälkeen otetuissa maanäytteissä vuosien 2017 ja 2018 tulokset olivat käsitteilyjen suhteen melko samansuuntaiset, joten tässä käsitellään tilastollisia analyysejä, jotka on tehty molemmat vuoden yhdistäen.

#### 3.4.1. Maan nitraattityppi viljanpuintien jälkeen

Maan nitraattityypin määrä oli kaikissa näytesyvyyksissä pienin kauran jälkeen. Eri viherlannoituskäsitteilyjen nitraattityypin keskiarvot olivat ylimmästä näytekerroksesta alimpaan kerrokseen lueteltuna ohran jälkeen noin 12 – 14, 5 – 7 ja 7 – 9 kg/ha sekä vehnän jälkeen 16 – 22, 8 – 11 ja 11 – 14 kg/ha. Syvyyksissä 0 – 30 cm ja 30 – 60 cm löytyi parivertailun perusteella joitakin tilastollisesti merkitseviä eroja koejäsenten välillä, mutta koska päävaikutus ei ollut merkitsevää ja käytännön kannalta erot eivät olleet erityisen suuria, tässä tarkastellaan lähemmin nitraattityypin määrää yhteensä koko 0 – 90 cm näytesyvyydessä (kuva 18).

Viherlannoituskäsitteilyn päävaikutus ei ollut merkitsevää maan nitraattityypin viljojen jälkeen. Parivertailussa tosin saatiin viitteitä, että koejäsenen 5 nitraattityypin määrä oli ohran puinnin jälkeen pienempi kuin koejäsenten 4 ja 6, ja koejäsenen 6 määrä vehnän jälkeen suurempi kuin koejäsenten 1 ja 4.



**Kuva 18.** Maan NO<sub>3</sub>-N (kg/ha) kerroksessa 0 – 90 cm ohran ja kevätvehnän puintien jälkeen keskimäärin vuosina 2016 ja 2017. Koejäsenten käsittelyt on selitetty taulukossa 1.

Ehkä käsittelyjen välistä eroakin kiinnostavampi on nitraattitypen määrien ero ohran ja vehnän puinnin jälkeen. Määrät olivat vehnän puinnin jälkeen keskimäärin noin 14 kg/ha isommat, vaikka vehnän kokonaistyyppisato oli ohraa isompi eli se oli ottanut enemmän tyyppiä kasvuunsa. Näyttää siis siltä, että näyteaikojen välillä on tapahtunut typen vapautumista ja nitrifikaatiota. Vuonna 2017 ohraruutujen ja vehnärutujen näytteiden välillä oli yli kuukausi. Silloin myös nitraattitypen lisääntyminen koejäsenissä 1 – 6 (keskimäärin 19 kg/ha) oli suurempaa kuin vuonna 2018 (noin 9 kg/ha). Vuonna 2018 vehnärutujen näytteet otettiin kuitenkin vain päivää myöhemmin kuin ohraruutujen, joten jokin muukin, arvoitukseksi jäävä tekijä eroon täytyy olla.

Nitrifikaatiota on tapahtunut myös ruuduissa, joissa esikasvi oli kaura, mutta sen kohdalla nitraattitypen lisäys, noin 5 kg/ha, oli pienempää kuin viherlannoitusruuduissa. Niissä suurin nitraattitypen lisäys oli koejäsenessä 5, noin 20 kg/ha ja pienin koejäsenessä 4, noin 9 kg/ha. Koejäsenten 4 ja 5 välisen eron selittäminen on vähintäänkin epävarmaa. Mahdollinen selitys on, että öljyretikan kynnäminen maahan kevytmuokkauksen sijaan heikentää viherlannoituksen tehoa jollakin tavoin, sillä myös vehnän kokonaistyyppisato oli koejäsenessä 4 pienempi kuin koejäsenessä 5. Se voi johtua esimerkiksi typen valumisesta yli 90 cm syvyyteen tai typen vapautumisen hidastumisesta.

### 3.4.2. Maan ammoniumtyppi viljanpuintien jälkeen

Päinvastoin kuin nitraattitypen kohdalla, oli kauraa kasvaneissa ruuduissa viljan puinnin jälkeen usein enemmän ammoniumtyppiä kuin viherlannoituskäsittelyissä. Näin oli etenkin ylimmässä maanäytekerroksessa, jossa vehnän puinnin jälkeen ero oli tilastollisesti merkitsevä ja ohran puinnin jälkeenkin muihin paitsi koejäseniin 2 ja 3 verrattuna.

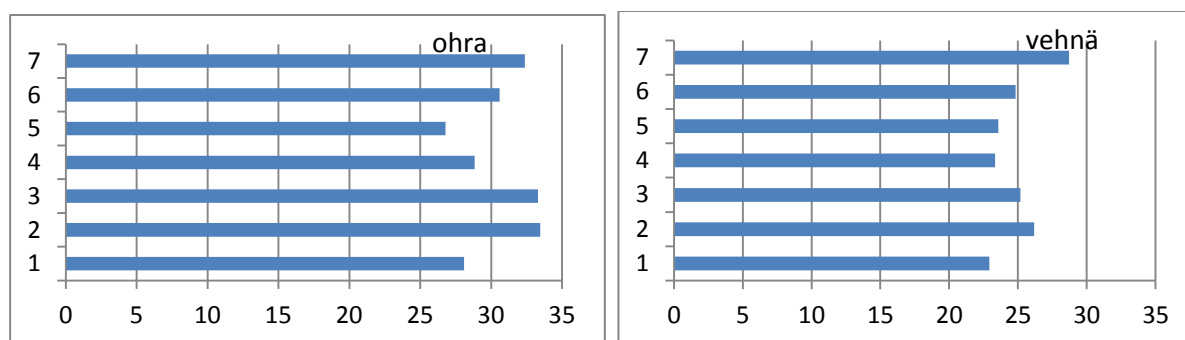
Myös viherlannoituskäsittelyjen väliset erot olivat isoimmat ylimmässä näytekerroksessa. Ohran jälkeen NH<sub>4</sub>-N oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi koejäsenissä 2 ja 3 kuin koejäsenissä 1, 4 ja 5. Vehnän jälkeen NH<sub>4</sub>-N oli muita pienempi koejäsenessä 1. Erot eivät olleet käytännön kannalta kovin suuria, vaan suurimmillaan 2,9 kg/ha.

Koko 0 – 90 cm näytesyvyydessä oli ohran puinnin jälkeen otetussa näytteessä kaurakoejäsenen (7) ohella eniten ammoniumtyppiä koejäsenissä 2 ja 3 (kuva 19). Lisäksi koejäsenen 6 määrä oli tilastollisesti merkitsevästi isompi kuin koejäsenen 5. Vehnän puinnin jälkeen otetun näytteen parivertailu näytti koejäsenen 2 ammoniumtypen määrän olevan tilastollisesti merkitsevästi isompi kuin koejäsenen 1, mutta ero oli käytännössä pieni, vain 3,3 kg/ha.

Tulosten mukaan on siis hieman viitteitä siitä, että myöhään kynnetyn virnakesannon ja italianraiheinän tapauksissa maassa olisi seuraavan viljan puinnin jälkeen enemmän ammoniumtyppiä kuin aikaisin kynnetyn virnakesannon ja öljyretikoiden tapauksissa. Heikkoa viitettä oli myös siitä, että NH<sub>4</sub>-



N määrä on suurempi, jos öljyretikka jätetään syksyllä muokkaamatta maahan. Viherlannoituskäsittelyjen vaikutukset olivat heikosti samansuuntaiset kuin nitraattitypen kohdalla.



**Kuva 19.** Maan NH<sub>4</sub>-N (kg/ha) kerroksessa 0 – 90 cm ohran ja vehnän puintien jälkeen keskimäärin vuosina 2016 ja 2017. Koejäsenten käsittelyt on selitetty taulukossa 1.

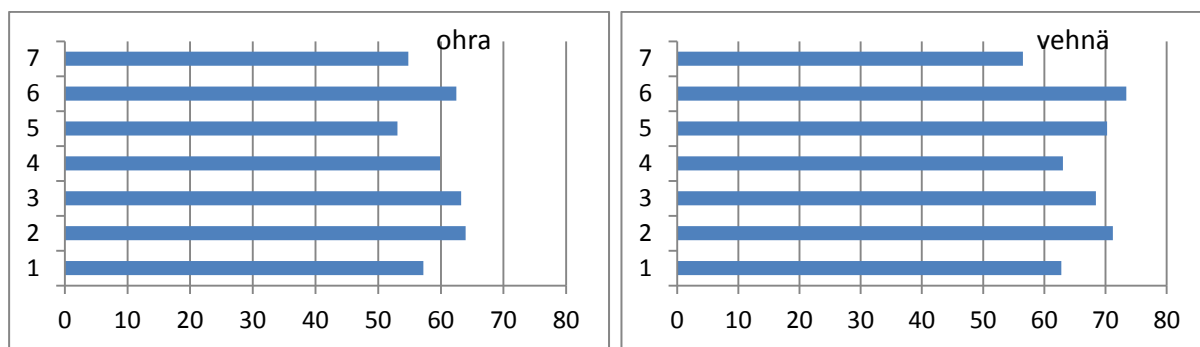
Päinvastoin kuin nitraattitypen osalta, oli ammoniutyyppiä vähemmän vehnän puinnin jälkeen kuin ohran puinnin jälkeen. Ero oli koejäsenestä riippuen 3 – 8 kg/ha. Kuten nitraattitypen kohdalla, NH<sub>4</sub>-N muutos oli isompi vuonna 2017 (keskimäärin 9 kg/ha), jolloin näyteaikojen väli oli yli kuukausi. Vuonna 2018 näytteet otettiin vehnäruiduista vain päivän ohraruutujen jälkeen. Vaikka niissä oli vähemmän ammoniumtyppiä, oli ero keskimäärin pieni, noin 2 kg/ha.

Sekä nitraatti- että ammoniumtyppitulosten perusteella syksyn aikana ammoniumtyppiä on nitrifioitunut nitraatiksi ainakin vuonna 2017, jolloin näytteenottojen väli oli noin kuukausi. Koska nitraattitypen määrän lisäys oli ammoniumtypen määrän vähennystä suurempi, on tapahtunut myös typen vapautumista ensin ammoniumtypeksi. Tulosta korostaa, että kevätvehnä käytti maasta enemmän typpiä kuin ohra. Toisaalta se, että myös vuoden 2018 tuloksissa oli samansuuntaiset erot, osoittaa jonkin muunkin tekijän olevan olemassa. Koejärjestelyn perusteella sen pitäisi liittyä pelkästään jälki-vaikutusvuoden viljaan, mutta syytä tähän yhteyteen ei pystytä todentamaan.

### 3.4.3. Maan mineraalityppi viljanpuintien jälkeen

Kasveille käyttökelpoisen maan mineraalitypen (minN = NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>4</sub>-N) määrä oli vielä viljavuoden puintien jälkeenkin varsin suuri (kuva 20). Myös silloin, kun ensimmäisenä vuonna oli kasvanut kauraa, oli minN suuri, vaikkakin useimmiten pienempi kuin viherlannoitusten kohdalla. Se osoittaa, että pellossa oli koetekijöistä riippumattomista syistä runsaasti helppoliukoista typpiä ja ehkä yhä kokeita edeltäneestä kaksivuotisesta apilakesannosta vapautuvaa typpiä.

Vaikka kokeiden ensimmäisten vuosien syksyt ("normaali" 2016 ja märkä 2017) sekä ammonium- ja nitraattityppimäärät olivat hyvin erilaiset, olivat puintien jälkeen mitatut mineraalityppimäärät keskimäärin lähes samat eri vuosina. Koko maanäytekerroksesta (0 – 90 cm) mitattu minN keskimäärin eri viherlannoituskäsittelyissä oli vuonna 2017 ohran jälkeen noin 56 kg/ha ja vehnän jälkeen noin 66 kg/ha ja vuonna 2018 vastaavasti 57 kg/ha ja 63 kg/ha. Eniten ohran ja vehnän jälkeiseen eroon vaikutti suurempi nitraattitypen määrä vuoden 2017 vehnäruiduista näytteissä, jotka otettiin reilun kuukauden ohraruutuja myöhemmin. Ammoniumtypen määrä oli ohraruuduissa suurempi kuin vehnäruiduissa, nitraattitypen päinvastoin.



**Kuva 20.** Maan mineraalitypen määrä (kg/ha) kerroksessa 0 – 90 cm ohran ja vehnän puintien jälkeen keskimäärin vuosina 2016 ja 2017. Koejäsenten käsittelyt on selitetty taulukossa 1.

Viherlannoituskäsittelyjen välillä oli joitakin tilastollisesti merkitseviä eroja. Ohran puinnin jälkeen otetuissa näytteissä minN oli koejäsenissä 2 ja 3 isompi kuin koejäsenissä 1 ja 5. Öljyretikkäkäsittelyistä koejäsenen 5 minN oli pienempi kuin koejäsenten 4 ja 6. Vehnän puinnin jälkeen minN oli isompi koejäsenessä 6 kuin koejäsenissä 1 ja 4.

Tulosten perusteella kohtuullisen hyvää viljan kasvua ja edelleen jatkuvaa typen vapautumista voisi olla odotettavissa myös toisena jälkivaikutusvuonna. Aikaisin maahan kynnetty virnakesanto ei ehkä luovuta enää niin paljon typpeä kuin myöhään kynnetty. Myös parhaiten typen talteen ottaneet kerääjäkasvikäsittelyt voisivat jo seuraavana vuonna luovuttaa enemmän typpeä viljelykasvin käyttöön kuin aikaisin kynnetty virna ilman kerääjäkasveja. Erot pidemmän ajan typen luovutuksessa olisi mahdollisesti saatu selville, jos kokeet olisivat jatkuneet kolme tai jopa neljä vuotta. Koska jatkovuodet eivät sisältyneet kokeisiin, on tyydyttävä oletukseen, että kerääjäkasvien sitoman typen vähittäinen vapautuminen jatkui edelleen.

## 4. Johtopäätökset

### 4.1. Kasvustojen biomassa ja typpi

Rehu- ja ruisvirna tuottavat suuren viherlannoitusmassan paitsi ns. normaalina kesänä, myös erittäin märissä ja koleissa kasvuoloissa. Rehu- ja ruisvirnan sekä kauran seos tuotti vuodesta riippumatta heinä- ja elokuun vaihteeseen mennessä noin 6000 kg/ha kuiva-ainesadon. Kasvu jatkui vahvana siitä eteenpäinkin, ja lokakuun alkuun mennessä kuiva-ainesato noin kaksinkertaistui. Virnat ovat palkokasveja ja kauran osuus kasvustossa oli pienehkö, joten viherlannoitusmassan typpipitoisuus ja typpisadot olivat suuret. Heinäkuun lopulla lopetettujen kasvustojen typpisato oli yli 150 kg/ha ja lokakuun alussa lopetetun peräti lähes 400 kg/ha. Molempia tilanteita voi pitää riskinä typen huuhtoutumisen kannalta, ensimmäistä aikaisen muokkaamisen vuoksi ja jälkimmäistä erittäin suuren typpimäärän takia. Juuristoja ei mitattu. Virnojen juuriston typpimäärä on aikaisempien kokeiden perusteella melko pieni maanpäälliseen typpimäärään verrattuna (Känkänen ym. 1999).

Viherlannoitustypen huuhtoutumista voi estää syksyn ajan kasvavan kerääjäkasvin avulla, mutta kerääjän ottama typpi ei välttämättä siirry tehokkaasti seuraavalle kasville. Typen vapautumisen rytmi riippuu kerääjäkasvilajista ja jossain määrin tavasta, jolla sekä edeltävä viherlannoituskasvusto että kerääjäkasvi lopetetaan.

Kokeet osoittivat, että kun tyypeä on runsaasti tarjolla, ehtivät kerääjäkasvit kasvaa syksyn aikana runsaan kasvuston. Virnojen alta kasvuaan jatkaneen italianraiheinän kuiva-ainesato oli noin neljä tonnia ja virnojen jälkeen kylvettyjen öljyretikoiden keskimäärin noin kolme tonnia hehtaaria kohti. Öljyretikan kasvua lisää, jos viherlannoituskasvusto niittomurskataan ja öljyretikka kylvetään kevyt-muokattuun maahan, verrattuna virnan kyntämiseen maahan ilman murskaamista. Toisaalta jättäminen kasvamaan talveen asti lisää öljyretikan kasvua myös, näissä kokeissa kuiva-ainesato lisääntyi lokakuun aikana 800 kg/ha.

Kerääjäkasvustot pystyivät ottamaan varsiin ja lehtiin suuren määrän, jopa yli sata kiloa viherlannoituksen tyypeä hehtaaria kohti. Öljyretikoiden suuren typpipitoisuuden ansiosta niiden typpisato oli italianraiheinää suurempi. Juuristoja ei mitattu, mutta niiden merkitystä typen välivarastona ei voi sivuuttaa. Aluskasvikokeiden perusteella (Känkänen ja Eriksson 2007) italianraiheinän juuret sisälsivät näissä kokeissa tyypeä ainakin 50 kg/ha. Myöskään öljyretikan paalujuuren ja sivujuurien merkitys ei liene vähäpätöinen (kuva 21).



**Kuva 21.** Öljyretikan juurta kultivoinnin jäljiltä maan pinnassa 6.10.2016. Paksun osan pituus juuresta oli noin 10 cm.

## 4.2. Maan helppoliukoinen typpi talven edellä

Samanlaisten kasvustojen jälkeen voi maan helppoliukoisen typen määrässä olla valtava ero pelkätään syksyn oloista johtuen, mikä tuli kahtena peräkkäisenä vuonna aloitetuissa kokeissa vahvasti ilmi. Koekasvien runsaiden typpisatojen lisäksi pellolla ennen kokeita kasvanut rehevä apilakesanto lisäsi typen talteen otton merkitystä, mutta vaikeutti osaltaan tulosten tulkintaa. Haasteelliseksi tulosten tulkinta kävi myös säiltään kahden hyvin erilaisen aloitusvuoden vuoksi. Voidaan todeta, että viherlannoituksen lopetusmenetelmien ja kerääjäkasvien merkitys muuttuu olojen myötä, mutta myös yleistäviä johtopäätöksiä on vedettävissä.

Jo aiemmat kokeet ovat osoittaneet, että runsaan palkokasvikasvuston aikainen maahan muokkaaminen lisää typen huuhtoutumisen riskiä loppusyksyn ja talven aikana (Känkänen ym. 1998). Näissä kokeissa aikainen maahan muokkaaminen näkyi erittäin suurena maan nitraattitypen määränä marraskuussa, kun sääolot olivat lähellä normaalia vuonna 2016. Maahan muokkaaminen aikaisin, heinäkuun lopulla, johti myös molempina aloitusvuosina siihen, että ammoniumtypen määrä oli syksyllä muita koejäseniä pienempi. Kerääjäkasvien tai myöhäisen maahan muokkaamisen avulla syksyn nitri-fikaatio väheni, eli ammoniumtypen osuus mineraalitypen kokonaismäärästä oli suuri.

aikka virnakasvuston maahan muokkaamisen viivyttäminen lähemmäs talven tuloa pienensi nitraattitypen määrää loppusyksyn maanäytteissä, kasvustoon kertynyt suuri typen määrä sisältää riskin huuhtoutumiseen. Kerääjäkasvin kylvö kasvamaan loppukesäksi ja syksyksi vähensi huuhtoutumisen riskiä oleellisesti. Tehokkain oli niittomurskauksen jälkeen virnan alta kasvanut italianraiheinä. Öljyretikan tehoa paransi, jos sitä edeltävä virnakasvusto niittomurskattiin ja muokattiin lautasmuokkarilla. Murskaus kylläkin nopeutti typen vapautumista, mutta huuhtoutumisriski ei kasvanut, koska öljyretikan kasvu voimistui. Samoin öljyretikan huuhtoutumista vähentävä vaikutus parani, kun öljyretikkaa ei muokattu maahan lokakuun alussa, vaan sen annettiin kasvaa pakkasiin asti, eikä maata muokattu ennen kevättä. Öljyretikan kohdalla siis huuhtoutumisen vähentäminen noudatti sääntöä: mitä suurempi kerääjäkasvin sato, sitä pienempi typen huuhtoutuminen.

Syksyn 2017 märkien olojen seurauksena nitraattityppeä oli maassa talven tullen vähän. Osittain sitä lienee valunut näytekeroiksi syvemmälle, mutta yhtä tärkeä syy voi olla, että veden kyllästävässä maassa, hapettomissa oloissa, nitri-fikaatio jäi vähiin. Ylimmässä näytekerouksessa oli nyt eniten nitraattityppeä niissä käsittelyissä, jotka edellisen vuoden kokeessa estivät tehokkaimmin nitraattitypen liiallista nousua. Syksyn 2017 oloissa ylimmän kerroksen suurimpia nitraattitypen määriä voi pitää myönteisinä. Italianraiheinä ja koko syksyn kasvava öljyretikka pitivät maata kuivempana ja estivät nitraattitypen valumista syvemmälle. Myös näissä märissä oloissa suurimman huuhtoutumisen aiheutti viherlannoituksen aikainen kyntö ilman kerääjäkasveja, mikä näkyi syvempien maakerrosten muita isompana nitraattitypen määränä.

Öljyretikan lopettamistavan ja myös sitä edeltävien käsittelyjen merkitys äärimmäisen märissä oloissa jäi normaalivuoden tilannetta avoimemmaksi. Parhaaseen tulokseen voidaan silti todeta päästävän, kun öljyretikka kasvaa hyvin ja pitkään. Paras menetelmä olisikin siten kahden koejäsenen yhdistelmä: viherlannoituskasvusto murskataan ja muokataan maan pintakerrokseen, minkä jälkeen kylvetyn öljyretikan annetaan kasvaa talveen asti ilman muokkauksia. Tätä ratkaisua helpottaa se, että öljyretikan kasvusto hapertuu keväeseen mennessä helposti muokattavaksi.

## 4.3. Viljojen sato ja typen otto

Viljojen typen otto jäi toisessa kokeessa ensimmäistä koetta pienemmäksi. Ei voida varmuudella todeta, oliko osittain syynä edeltävän syksyn märkyys ja siitä seurannut vähäinen liukoisen typen määrä. Viljat nimittäin kasvoivat kesällä 2018 poikkeuksellisen kuumissa oloissa ja kuivuuskin vaivasi,

mikä lienee ollut pääsyy edellistä koetta pienempiin satoihin. Koealueen hyvän kasvukunnon ja ilmeisesti kokeita edeltäneen apilakesannonkin ansiosta ohra ja kevätvehnä kasvoivat kuitenkin oloihin nähden hyvin, ja kohtalaisesti myös kauran jälkeen. Viherlannoitus lisäsi kauraesikasviin verrattuna viljojen jyväsatoa keskimäärin noin kahdella tonnilla per hehtaari vuonna 2017 ja tonnilla vuonna 2018.

Sääoloilla näyttää olevan merkitystä viherlannoituksen muokkausajankohdan satovaikutuksen kannalta. Kun normaalin syksyn jälkeen ei pelkkä virnakesannon muokkausajankohta vaikuttanut viljasadon määrään, johti myöhäinen muokkaus märän syksyn oloissa aikaista muokkausta suurempiin jyväsatoihin.

Kerääjäkasvien kyky ottaa talteen typpeä ja estää sen huuhtoutumista ei näytä johtavan suurempaan seuraavan vuoden viljasatoon, pikemminkin päinvastoin. Märän syksyn jälkeen viljasadot tosin olivat kilpailukykyisempiä pelkkään virnakesantoon nähden, mutta silloinkin virnan myöhäinen maahan muokkaaminen johti suurimpiin viljasatoihin.

Etenkin tehokkaasti typpeä keräävä italianraiheinä näyttää johtavan pienempään seuraavan kesän viljasatoon silloin, kun viherlannoitusvuosi on oloiltaan ns. normaali. Öljyretikoita pienemmän typpipitoisuutensa vuoksi raiheinä ei ehtinyt vapauttaa sitomaansa typpeä ainakaan seuraavalle viljalle, eikä se myöskään jättänyt suurta määrää virnojen typpeä viljan käyttöön. Sen sijaan syksyn 2017 märkien olojen jäljiltä italianraiheinä pystyi säästämään typpeä niin, että se oli viljan jyväsatonä mitalten kilpailukykyinen muihin nähden.

Tulevan viljasadon kannalta öljyretikka näyttää italianraiheinää paremmalta kerääjäkasviltä, jos viherlannoitusvuosi on sääoloiltaan normaali, ja märissäkin oloissa yhtä hyvältä. Märän vuoden öljyretikan kasvua voimistaneet käsittelyt (viherlannoituksen niittomurskaus ja kevytmuokkaus ennen öljyretikan kylvöä) paransivat sen vaikutusta seuraavan viljan jyväsatoon.

Kerääjäkasvien vaikutus jyvien typpipitoisuuteen ja typpisatoihin oli samansuuntainen kuin jyväsadon määrään. Kerääjäkasvit, erityisesti italianraiheinä, pienensivät viljakasvuston kokonaistyyppisatoa vuonna 2017, mutta märän syksyn jäljiltä jyvien typpisato ja kokonaistyyppisato olivat niiden jälkeen vähintään samaa luokkaa kuin aikaisin kynnetyin virnakesannon jälkeen.

#### 4.4. Maan liukoinen typpi viljojen jälkeen

Vuoden 2017 ohra- ja vehnäruutujen näytteenoton välisen kuukauden aikana mineraalitypen määrä maassa lisääntyi. Ammoniumtypen määrä tosin hieman väheni, mutta nitraattitypen määrä lisääntyi selvästi. Toisin sanoen typen vapautuminen ja nitrifikaatio jatkuivat vielä sen jälkeen, kun viljojen typenotto oli päättynyt.

Samansuuntainen mutta pienempi muutos tapahtui vuonna 2018, jolloin näytteet otettiin peräkkäisinä päivinä. Se on yllättävää etenkin, kun vehnä otti kasvuunsa enemmän typpeä kuin ohra. Tulos viittaisi siihen, että ohra ja vehnä vaikuttivat eri tavoin maan typen kiertoon. Syy voisi kenties olla viljojen erilainen typenoton rytmi, mutta mitään varmaa ei tästä voi todeta.

Mineraalitypen määrä oli varsin runsas vielä viljan puintien jälkeen. Koska kauraruuduissakin määrä oli melko suuri, on koetta edeltäneen apilakesannon kasvumassasta täytyntä yhä vapautua typpeä, vaikka jälkimmäisessä kokeessa apilakesannon maahan kynnöstä oli kulunut melkein kolme vuotta. Tämä vahvistaa muiden tutkimusten tuloksia, että vaikka suurin osa monivuotisen viherkesannon tyyppistä vapautuu ensimmäisenä vuonna lopetuksen jälkeen, vapautuu typpeä jopa useamman vuoden ajan.

Jälkimmäisessä kokeessa märän syksyn hapettomissa oloissa kasvustoista mitä ilmeisimmin säilyi vapautumatonta typpeä, vaikka huuhtoutumisellekin olot olivat alttiit. Mineraalitypen suuret erot viherlannoitusvuoden syysnäytteissä eivät näkyneet lainkaan viljanpuintien jälkeen otetussa mineraalitypen määrässä.

Ammoniumtypen määrä oli molempien viljojen puintien jälkeen isoin myöhään kynnetyn viherlannoituksen ja italianraiheinän kohdalla. Vaikka ero muihin ei kovin suuri ollutkaan, se viittaa eniten typpeä tuottaneen viherlannoitusmassan jäljiltä olevan edelleen muita enemmän typpeä tarjolla, mutta kertoo myös italianraiheinään sitoutuneen typen vapautumisesta. Öljyretikan kasvun jatkuminen talveen asti voi myös viivyttää typen vapautumista, sillä sen kohdalla oli merkkejä hieman muita rettikkäsittelyjä isommista nitraattitypen määristä viljan puintien jälkeen.

Edelleen jatkuvan typen vapautumisen ansiosta näyttäisi kohtuullisen hyvä viljan kasvu olevan mahdollinen myös toisena jälkivaikutusvuonna. Aikaisin maahan kynnetyn virnakesannon lannoitusteho näyttää hiipuvan aikaisemmin kuin myöhään kynnetyn tai parhaiden kerääjäkasvivaihtoehtojen.

Etenkin nitraattitypen määrän lisääntyminen jälkivaikutusvuoden alkusyksyllä antaa vahvan viestin siitä, että runsaasti typpeä sisältävien viherlannoitusten jäljiltä typpeä on saatavilla – ja sen talteenotosta tulee huolehtia – seuraavan viljelykasvin jälkeenkin. Jälkiviisaasti on todettava, että kokeet olisivat vaatineet vähintään toisen jälkivaikutusvuoden seurannan, jotta typen lopullinen vapautuminen ja myös eri käsittelyjen kokonaisvaikutus olisi saatu tarkemmin selville.

## 4.5. Käytäntö ja kannattavuus

Tutkimuksessa lähdettiin ennakkoluulottomasti etsimään uusia mahdollisuuksia viherlannoitusmassan typen turvallisesta ja tehokkaasta siirrosta seuraavalle kevätkylvöiselle kasville. Kerääjäkasviratkaisut vähensivätkin oleellisesti typen huuhtoutumisen riskiä, mutta samalla etenkin tehokkain huuhtoutumisen estäjä italianraiheinä rajoitti seuraavan kevätiljan sadon määrää. Erityisen märän syksyn jäljiltä kerääjäkasviratkaisu oli seuraavan viljasadon osalta kilpailukykyinen, mutta kyseisenlaiset syksyt ovat ainakin tähän asti olleet harvinaisia.

Kaikki kerääjäkasviratkaisut lisäävät käytännön kannalta työtä ja kustannuksia pelkkään viherlannoituskasvustoon verrattuna. Pienin lisätyö syntyy, kun italianraiheinä kylvetään jo keväällä, kasvamaan viherlannoitusseoksen kanssa.

Erilaiset niitto- ja muokkausratkaisut lisäävät työtä ja kuluja. Kone- ja työkustannuksia ei varsinaisesti laskettu, mutta eri öljyretikkäsittelyjen välillä ne olivat laskemattakin pienimmät käsittelyssä, joka myös oli sekä typen hallinnan että jälkivaikutuksen kannalta paras. Öljyretikan kannattaa antaa kasvaa talveen asti ja muokata maahan kevään kylvömuokkauksen yhteydessä.

Paras ratkaisu seuraavan kesän satovaikutuksen ja kustannusten kannalta on silti antaa virnojen kasvaa myöhäiseen syksyyn ennen maahan muokkaamista. Muokkauksen jättämistä yli talven ei tässä tutkittu, mutta jopa 400 kg/ha typpeä sisältävän kasvuston maahan kyntö tuntuu turvallisemmalta vaihtoehdolta kuin jättää se pellon pintaan. Esimerkiksi kasvuston toistuva sulaminen ja jäätyminen altistavat typen vapautumiselle, ja pellon pinnan ollessa jäätyneenä voivat sade- tai sulamisvedet kuljettaa typpeä maan pinnalla kohti vesistöjä. Typpirikkaan kasvimassan muokkaaminen maahan myöhään syksyllä on jo aiemmissa tutkimuksissa todettu aikaista muokkaamista turvallisemmaksi huuhtoutumisriskin kannalta.

Näyttää siis siltä, että kerääjäkasveista ei löytynyt ainakaan lyhyellä tähtäimellä kilpailukykyistä vaihtoehtoa pelkälle viherlannoitusmassan myöhään syksyllä tapahtuvalle lopetukselle. Valitettavasti kokeita ei suunniteltu kolmivuotisiksi, jolloin parhaiden kerääjäkasviratkaisujen hyöty olisi voinut

parantua myös virnan myöhäiseen maahan kyntöön verraten. Suurista typpimääristä johtuen tilanne olisi voinut olla sama kuin ulkomaisissa aluskasvikokeissa havaittu typen saannin lisääntyminen, kun italianraiheinää on toistuvasti käytetty aluskasvina usean vuoden ajan (Hansen ym. 2000).

Virnaan perustuvan viherlannoituksen typpimäärä on niin suuri, että paras tapa ottaa sitä talteen olisi hyvä syysruis, kuten jo aiemmissa aiheita koskevissa tutkimuksissa ja ohjeissa on todettu (Känkänen 2001). Riskinä on rukiin epäonnistuminen, jolloin aikaisesta maahan muokkaamisesta johtuen vapautuva typpi helposti huuhtoutuu. Vaikka ruis onnistuisikin, on tämän tutkimuksen ja viimeisimpien aluskasvikokeiden (uusirahahanke.fi) valossa hyvä kylvää rukiin oraaseen keväällä kerääjäkasvi, jotta rukiin kasvun jälkeen edelleen vapautuva typpi saadaan myös talteen. Kevätkylvön ansiosta aluskasvin kilpailuvaikutus ruista kohtaan ei ole kova. Jos kuitenkin haluaa lievittää italianraiheinän voimakkaan typen talteenoton vaikutuksia, voi aluskasviseokseen lisätä apilaa. Toinen vaihtoehto on kylvää aluskasviksi monivuotinen heinälaji, jolloin kilpailu on varmuudella vähäistä, mutta rukiin puinnin jälkeen kasvu todennäköisesti kohtalaista. Tuolloin syksyllä tarvitaan luomutilan tapauksessa syyskyntöä, jotta heinästä ei aiheudu seuraavana kesänä ongelmia kovan kasvun vuoksi.

Tämän tutkimuksen kerääjäkasviratkaisut ovat perusteltuja lähinnä typen huuhtoutumisen estämisen näkökulmasta. Yksi taustasy kokeiden perustamiseen oli jo 30 vuotta sitten Jokioisilla tehty koe, jossa virnan typpi siirtyi heikosti seuraavan kesän ohralle. Silloinen koe tehtiin kuitenkin hietamaalla, jolla typen valuminen seuraavan kasvin ulottumattomiin voi olla nopeaa. Nyt kokeet tehtiin savi- maassa, jossa typen säilyminen viljan juurten ulottuvissa on parempaa. Voikin olla, että huuhtoutumiselle herkimmillä mailla kerääjäkasvit viherlannoituksen ja kevätkylvöisen kasvin välissä ovat perusteltuja myös satovaikutuksen kannalta.

Jos taloudellinen tulos on tärkein tekijä, edellyttäisi kerääjäkasviratkaisujen käyttöönotto viherlannoituksen yhteydessä korvausta samaan tapaan kuin on ympäristötuen kerääjäkasvitoimenpiteessä. Toisaalta on hyvä muistaa, että niin italianraiheinän kuin öljyretikan juuristolla ja maahan muokatun kasvimassan monipuolistamisella on todennäköisesti maan kuohkeutta ja muuta kasvukuntoa parantavia vaikutuksia pelkkään virnavoittoiseen kasvustoon verrattuna. Muitkin hyötyjä kuin typen vapautuminen myös tuleville vuosille voi siis olla.

Tutkimuksessa syntyi uutta perustietoa. Tällainen on ainakin öljyretikan jopa virnoja suurempi typpipitoisuus viherlannoituksen jälkeen kylvettynä ja sen helppo muokkaaminen maahan keväällä. Syntyi myös aiempaa tietoa vahvistavia tuloksia, kuten tulos kasvuston murskaamisen nopeuttavasta vaikutuksesta typen vapautumiseen.

Vaikka tutkimus ei johtanut uuteen, muita viherlannoitustapoja syrjäyttävään ratkaisuun, synnytti se tuloksia ja havaintoja, joita voidaan soveltaa eri tilanteisiin ja jotka voivat olla apuna ja innoittajana tulevien tutkimusten suunnittelussa.

Kiitän Luonnonmukaisen tuotannon edistämissäätöä tutkimuksen saamasta tuesta ja pyrin jatkossa hyödyntämään tutkimuksen tuloksia viherlannoituksesta tiedottamisessa ja uusien tutkimusten suunnittelussa.

Jokioisilla 18.4.2019

Hannu Känkänen, Luke

## 5. Kirjallisuutta

- Hansen, E.M., Djurhuus, J. & Kristensen, K. 2000. Nitrate leaching as affected by introduction or discontinuation of cover crop use. *Journal of Environmental Quality* 29: 4, 1110-1116.
- Känkänen, H., Kangas, A., Mela, T., Nikunen, U., Tuuri, H., Vuorinen, M. 1998. Timing incorporation of different green manure crops to minimize the risk of nitrogen leaching. *Agricultural and Food Science in Finland* 7, 5-6: 553-567.
- Känkänen, H., Kangas, A., Mela, T., Nikunen, U., Tuuri, H., Vuorinen, M. 1999. The effect of incorporation time of different crops on the residual effect on spring cereals. *Agricultural and Food Science in Finland* 8, 3: 285-298.
- Känkänen, H. (toim.) 2001. Viherkesannot ja aluskasvit viljan viljelyssä: Viljelyjärjestelmätutkimuksen loppuseminaari, Jokioinen, 7.3.2001. MTT:n julkaisuja. Sarja B 25: p. 8-12.
- Känkänen, H., Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield on spring barley. *European journal of agronomy* 27, 1: 25-34.
- UusiRaHa-hankkeen hankesivut [uusirahanke.fi](http://uusirahanke.fi)





luke.fi