



Kasvuvoimaa luomuohralle

Jaana Väisänen, Kristian Forsman, Sanna Kakriainen-Rouhiainen,
Timo Lötjönen ja Hanna Avikainen



Maa- ja elintarviketalous 52
89 s.

Kasvuvoimaa luomuohralle

Jaana Väisänen, Kristian Forsman, Sanna Kakriainen-
Rouhiainen, Timo Lötjönen ja Hanna Avikainen

ISBN 951-729-881-1 (Painettu)
ISBN 951-729-882-X (Verkkajulkaisu)
ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)
www.mtt.fi/met/pdf/met52.pdf

Copyright

MTT

Jaana Väisänen, Kristian Forsman, Sanna Kakriainen-Rouhiainen,

Timo Lötjönen ja Hanna Avikainen

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2004

Kannen kuva

Sanna Kakriainen-Rouhiainen

Painopaikka

Data Com Finland Oy

Kasvuvoimaa luomuohralle

Jaana Väisänen¹⁾, Kristian Forsman²⁾, Sanna Kakriainen-Rouhiainen¹⁾,
Timo Lötjönen³⁾ ja Hanna Avikainen¹⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristön tutkimus, Ekologinen tuotanto, Huttulantie 1, 51900 Juva

²⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki

³⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Maatalousteknologian tutkimus, Maatalousteknologia, Vakolantie 55, 03400 Vihti
sähköpostit etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Ohra menestyy muita viljalajeja heikommin luomutuotannossa. Jotta luomuohrasta saataisiin elintarviketeollisuuden raaka-ainetta, tässä tutkimuksessa paneuduttiin ratkomaan ohran ravinnehuollon ongelmia. Tutkimus lähti oletuksesta, että karjattomilla luomutiloilla ohra lannoitetaan pääasiassa viherlannoitusnurmella.

Muokkaustekniikalla voidaan parantaa viherlannoituksen esikasviarvoa viljalle, mutta patenttiratkaisua ei ole olemassa. Maalaji, esikasvinurmiseos ja ilmasto-olot määrittelevät kullekin paikalle sopivimman ratkaisun. Etelä-Savossa parhaat ohrasadot saatiin, kun esikasvinurmi kultivoitiin ensimmäisen niiton jälkeen, kesannottiin kuukausi ja kylvettiin pyydyskasvi. Nurmen esihajotus tarjosi ohralle eniten tyypeä kasvukauden alussa ja kukkimisaikaan, mikä näkyi sadon määrässä ja laadussa. Tekniikalla saatiin hallintaan myös juolavehna ja valvatti. Ruukissa taas esikasvinurmen kevätkyntö toi suurimmat sadot. Kevätmuokkauksessa maan lämpöolot paranivat antaen oraille parhaimman kasvuunlähdön.

Viherlannoituksen täydennykseksi annettava liete lisää teoriassa ohran pensastumista ja tähkätiheyttä. Viherlannoituksen lisäksi annetun lietteen vaikutus ei riippunut siitä, annettiinko liete ennen kylvöä vai oraille. Lannoitusvaste jäi heikoksi, koska koepaikan rehevyys peitti lietteen vaikutuksen. Viherlannoitus vastasi kokeessa 10 tonnin lietemäärää.

Kylvön myöhästäminen normaaliajasta alentaa ohran satoa ja laatua. Myöhempien kylvöjen heikentynyt sato ei saatu korjattua lisäämällä kylvötiheyttä. Ohra on siis syytä kylvää aikaisin, koska viljelyn pääongelma ei ole typenpuute, vaan lehtilaikkutaudit, jotka tuhoavat lehtialaa ennen jyvien täyttymistä, jolloin jyvät jäävät pieniksi.

Riviväliharaus nosti rehuviljojen satoa vain niukasti. 18 cm:n riviväliä käytettäessä sadot jäivät keskimäärin alhaisemmiksi kuin 12,5 cm:n rivivälillä. Maan liukaisen typen määrä oli harauksen jälkeen säännöllisesti pienempi kuin ilman harausta. Harauksen vaikutus perustuu rikkakasvien vähentymiseen ja maan pinnan parantuneeseen rakenteeseen.

Avainsanat: ohra, viherlannoitus, luonnonmukainen maataloustuotanto, karjanlanta, hoitomuokkaus, haraus, riviväli, kylvöaika

Growth vigour for organic barley

Jaana Väisänen¹⁾, Kristian Forsman²⁾, Sanna Kakriainen-Rouhiainen¹⁾,
Timo Lötjönen³⁾ and Hanna Avikainen¹⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, Ecological Production, Huttulantie 1, 51900 Juva, Finland

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, North-Ostrobothnia Research Station, Tutkimus-
asemantie 15, 92400 Ruukki, Finland

³⁾ MTT Agrifood Research Finland, Agricultural Engineering Research, Agricultural Engi-
neering, Vakolantie 55, 03400 Vihti, Finland

email: first name..surname@mtt.fi

Abstract

As barley is less productive than the other cereals in organic farming, the research project focused on nutrition problems of organic barley, in order to enhance the production for the food industry. The research questions considered that green manure usually precedes barley in organic crop rotations.

The pre-crop effect of green manure can be improved by suitable tillage methods, but there is no best practice as the soil type, climate and the type of green manure define the most suitable practices. In South-Savo, the best management of pre-crop was the clover grass sward with incorporation into soil directly after the first cut in July and a catch crop sowing after a month of fallowing. This sward pre-decomposition provided more nitrogen for barley in the following spring. Couch grass and perennial sow thistle were also controlled. In North-Ostrobothnia the spring plowing produced the highest yields on humus rich soils due to higher temperatures in the spring plown soils.

Additional nitrogen in spring improves tiller number and ear density. The effect of slurry on green manured barley proved to be independent of the application time, either applied at sowing or at shooting. The good soil fertility hid part of the fertilization effect of slurry.

Delayed sowing decreased tiller number, yield and quality of barley. Increased seed rate could not compensate the decrease. The main reason for the small grain sizes and yields in organic barley is not the soil nitrogen level in the period of tillering but the leaf diseases destroying the leaves too early.

Row hoeing improved the cereal yields only slightly. After the row hoeing soil mineral nitrogen content was regularly lower than that of untreated soils. Crops sown by 18 cm row distance yielded less than crops by 12,5 cm. The slightly better yields seem to be consequences of better weed control and structure of the soil surface.

Key words: barley, green manure, farmyard manure, hoeing, sowing time, organic farming

Alkusanat

Luomuohran heikon menestymisen syynä ovat nopean kehitysrytmin mukanaan tuoma vaatimaton typen saanti alkukesällä, heikko kilpailukyky rikkakasveja vastaan ja lehtilaikkutaudit, jotka tuhoavat lehtialan jyvien täyttymisvaiheessa. Kasvuvoimaa luomuohralle –hankkeessa paneuduttiin erityisesti ohran alkukehitysvaiheen typpihooltoon, jolloin lisätypellä voidaan saada kohotettua tähkätiheyttä ja jyvämäärää. Ohran tyypilliset esikasvit, apilanurmi tai virmavaltainen viherlannoitusseos, näet lisäävät ohran typen saantia yleensä vasta myöhemmin kasvukaudella. Hankkeessa tutkittiin harauksen, karjanlantalisiäyksen ja nurmen muokkaustekniikoiden sekä kylvöajan vaikutusta ohran typen saantiin.

Työn kuluessa jouduttiin toteamaan, että vähintään yhtä tärkeää kuin typensaanti, olisi ratkaista myös kasvitautiongelmat, jotta ohrasatojen laatua ja määrää saataisiin parannettua. Ohran pienen jyväkoon taustalla ovat lehtilaikkutaudit, joiden torjuntaan on markkinoilla vain yksi biologinen luomutuotantoon hyväksytty valmiste. Tutkimusta tarvitaan siis edelleen!

Kasvuvoimaa luomuohralle –hanke toteutettiin tiiviissä yhteistyössä Kestorikkakasvit viljantuotannon uhkana –hankkeen kanssa. Yhteistyössä saimme selvitettyä erilaisten viljelytekniikoiden vaikutusmekanismeja sekä kestorikkakasvien että viljakasvien kilpailukykyyn ja viherlannoitustypen dynamiikkaan peltomaassa.

Hankkeessa ei varsinaisesti selvitetty luomuviljantuotannon typpipäästöjä, mutta Kymenlaaksossa, Etelä- ja Itä-Savossa, Uudellamaalla sekä Pohjois-Pohjanmaalla toteutettujen kenttätutkimusten avulla saa hyvän käsityksen luomuviljatilojen peltojen typpitilanteesta. Eniten havaintoja tehtiin liukoisen typen määristä loppusyksyllä viherlannoitusnurmiin päättämisen yhteydessä ja kylvöaikana seuraavana keväänä.

Hanketta rahoittivat maa- ja metsätalousministeriö, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus sekä ProAgria Kymenlaakson Maaseutukeskus. Kiitämme rahoittajia, luomuviljelijöitä sekä Luomuliittoa rakentavasta yhteistyöstä.

Tekijät

Sisällysluettelo

Viherlannoituksen esikasviarvo viljoille – kirjallisuuskatsaus <i>Kristian Forsman, Jaana Väisänen, Sanna Kakriainen-Rouhiainen ja Timo Lötjönen</i>	7
Viherlannoituksen typen käyttökelpoisuus suhteessa ohran kylvöaikaan <i>Jaana Väisänen, Sanna Kakriainen-Rouhiainen ja Hanna Avikainen</i>	23
Lietelantana annettavan lisätypen vaikutus viherlannoitettuun luomuohraan <i>Kristian Forsman</i>	34
Viherlannoitusnurmen muokkaustekniikalla typpeä ohralle <i>Jaana Väisänen & Sanna Kakriainen-Rouhiainen</i>	44
Maahanmuokkaustapojen vaikutus viherlannoitustypen vapautumiseen <i>Kristian Forsman & Esa Lehto</i>	56
Riviväliharauksen vaikutus typen mineralisoitumiseen <i>Timo Lötjönen</i>	64
Maalaji ratkaisee kestorikkakasvien torjuntatekniikat luomuviljanviljelyssä <i>Sanna Kakriainen ja Jaana Väisänen</i>	73

Viherlannoituksen esikasviarvo viljoille – kirjallisuuskatsaus

Kristian Forsman²⁾, Jaana Väisänen¹⁾, Sanna Kakriainen-Rouhiainen¹⁾ ja Timo Lötjönen³⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristön tutkimus, Ekologinen tuotanto, Huttulantie 1, 51900 Juva

²⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki

³⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Maatalousteknologian tutkimus, Maatalousteknologia, Vakolantie 55, 03400 Vihti
sähköpostit etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Sadat tutkijat eri puolilla maailmaa selvittävät, mitkä tekijät säätelevät viherlannoituksen jälkivaikutusta satokasveille. Viherlannoituksen esikasviarvo näyttää riippuvan ilmaston, maalajin ja viljelytavan muodostamasta kokonaisuudesta. Viherlannoituksen esikasviarvon mittarina on yleensä maahan muokattu typpimäärä ja viherlannoituskasvuston typpipitoisuus, mutta ilmeisesti kyse on sekä viherlannoituksen typpimäärästä että viherlannoituksen maahan tuottamasta ravinnosta mikrobeille, eli juuristomassasta ja juuristoritteistä. Kirjallisuusselvityksessä tarkastellaan erilaisia viherlannoitustekniikoita ja sen esikasviarvon säätelymekanismeja.

Viljakasvin kehitys ja typen tarve

Maan typpipitoisuus vaikuttaa kevätviljan sato- komponenttien muodostumiseen

Pohjoisessa ilmastossa viljakasvien kehitys keväällä on erittäin nopeaa. Viljan orastuttua ja yhteyttämisen alettua se alkaa tuottaa sivuversoja ja pian sen jälkeen erilaistuvat tähkäaihiot ja niiden eri osat. Pitenevä päivä nopeuttaa erilaistumista ja lyhentää erilaistumisjakson kestoa. Satokomponentit tähkätiheys pinta-alayksikköä kohti ja tähkän jyvämäärä riippuvat viljan alkukehitysvaiheessa saatavissa olevan typen määrästä. Kolmas komponentti, eli jyvän paino, riippuu enemmänkin viljan kukinnan jälkeisen yhteyttämisen kestosta. Hyvän viljasadon saamiselle vähintään yhtä tärkeää kuin alkukesän maan typpitila on kuitenkin tasainen orastuminen, jonka takaavat tasainen kylvöalusta, maan kosteus ja lämpö.

Runsas maan typpimäärä kylvöaikaan voimistaa viljan pensastumista. Välttämättä kuitenkaan kaikki sivuversot eivät tuota tähkiä. Espanjalaisessa tutkimuksessa todettiin pensastumisen loppuvaiheessa havainnoidun versotihedeyden selittävän tuleentumisaikaisesta tähkätiheydestä vain 45%. Vain 40 % sivuversoista tuotti tähkiä (Baethgen ym. 1995). Varsinkin, jos typen saata-

vuus huononee korsiintumisen käynnistyttyä, osa sivuversoista kuolee, ja kasvi siirtää sivuversojen fotosynteesituotteet muodostuvien tähkien käyttöön.

Sään vaikutus satokomponenttien muodostumiselle on erilainen kasvin ollessa eri kehitysvaiheessa. Keski-Euroopassa toukokuun lämpimyyys ja haihtumista lisäävät olosuhteet pienensivät ohran tähkää. Kesäkuussa samat olosuhteet pienensivät tähkätiheyttä ja heinäkuussa jyvän painoa. Kylvöaikaan huhtikuussa aurinkoisuus ja evaporaatiota lisäävät olosuhteet puolestaan lisäsivät tähkätiheyttä (Chimielewski & Köhn 1999). Ohran kannalta on siis edullista, että kylvöaikaan on lämmintä. Jotta ohran tähkä- ja tähkyläaihioiden erilaistumisjakso olisi mahdollisimman pitkä, tulisi ilman pysyä pensastumisvaiheen ajan viileänä ja kosteana. Toukokuun säätila selitti 42,9 % ja kesäkuun säätila 22,6 % ohran jyväsadon vaihtelusta Berliinin ympäristössä tehdyssä koesarjassa (Chimielewski & Köhn 1999).

Viherlannoituksen tyyppi vaikuttaa lehtialaan ja kukinnan jälkeisen lehtialan säilymiseen

Viherlannoituksen esikasviarvo kevätiljoille perustuu kasvijätteessä olevan typen vapautumisrytmiin. Vilja hyödyntää vapautuvaa typpeä kasvukauden alusta jyvien täyttymiseen saakka. Kasvijätteen typen vapautumisnopeus riippuu kasvijätteen ominaisuuksista, muokkausajasta sekä kasvukauden lämpö- ja kosteusoloista. Suomen lyhyt kesä alentaa maan biologista aktiivisuutta. Maan alhainen biologinen aktiivisuus hidastaa eloperäisen aineen hajoamista. Toisaalta lyhyt kasvukautemme vähentää myös esikasvinurmien biologisen typensidonnan määrää (Hannukkala 1995).

Viherlannoituksen vaikutus ilmeni lehtialan lisääntymisenä ohrassa selvemmin kuin vehnä- tai kaurakasvustossa. Viherlannoitus pidensi kaiken kaikkiaan viljojen kukinnan jälkeisen lehtialan säilymistä vaikuttaen siten edullisesti jyvien täyttymiseen. Viherlannoituksen syksyinen maahan muokkaus oli edullisempi ohran lehtialan säilymiselle kuin menetelmä, jossa viherlannoitus oli keväällä minimimuokattu ohran kylvöön. (Peltonen-Sainio ym. 1997.)

Viherlannoituskasveista

Viherlannoituksen merkitys luomuviljelyssä on kaksitahoinen. Sen avulla kierrätetään syvemmistä maakerroksista typpeä ja muita ravinteita pintamaahan, ja toisaalta viherlannoitusseoksen palkokasvit lisäävät viljelysystemiin ilmakehän typpeä. Palkokasvit ovat juurinyströiden biologisen typensidonnan takia yleensä ylivoimaisia vihermassan tuottajia (Känkänen 2001b).

Viherlannoitus kynnetään yhden tai useamman kasvukauden jälkeen maahan lannoitteeksi seuraaville kasveille. Typensitojakasveina viherlannoituksessa käytetään vinnaa (*Vicia sativa*), valkoapilaa (*Trifolium repens*), puna-apilaa (*Trifolium pratense*), persianapilaa (*Trifolium resupinatum*), hernettä (*Pisum sativum*), rohtomesikkää (*Melilotus officinalis*) tai härkäpapua (*Vicia faba*) (Wivstad 1989). Hannukkalan (1995) mukaan yksivuotisista palkokasveista parhaiten ovat menestyneet suurisiemeniset lajit, kuten herne, härkäpapu ja vinnat.

Viherlannoituskasvien typpisadot

Viherlannoituskasvustosta saatavaan typpisatoon vaikuttavat sadon määrä sekä typpipitoisuus (Wivstad 1989). Viljelykasveista eniten typpeä sisältävät palkokasvit, mutta niidenkin typpipitoisuuksissa on eroja (Taulukko 1) (Känkänen 2001a). Kasvien juurissa on typpeä noin kolmasosa maanpäällisen kasvimassan typpimäärästä (Känkänen 1994).

Maahan viherlannoituskasvustosta saatavaa typpimäärää voidaan lisätä viherlannoituskasvuston niitolla. Niitto lisää seoskasvustoon typensidontaa, sillä yleensä palkokasvin osuus lisääntyy niiton jälkeen. Seoskasvustojen käytöllä ei kuitenkaan saada lisättyä odelman määrää (Wivstad 1989).

Taulukko 1. Yksivuotisten viherlannoituskasvien typpisisältö, typpipitoisuus sekä C/N-suhte. Typpisisällöstä ja C/N-suhteesta ilmoitettu keskiarvo \pm keskivirhe. Mukaellen (Wivstad 1989, Känkänen 1994).

Viherlannoituskasvusto	Kasvuston sisältämä N kg/ha	N % ka:sta	C/N
Italian raiheinä	40 \pm 10	1,3	34,1 \pm 2,7
Persianapila	145 \pm 23	2,8	16,2 \pm 0,8
Persianapila 1)	96 \pm 17	2,5	18,0 \pm ,07
Rehuvirna	181 \pm 26	3,1	15,0 \pm 0,8
Herne/rehuvirna	154 \pm 26	2,9	15,7 \pm 1,1
Hunajakukka/persianapila	132 \pm 17	2,7	16,5 \pm 0,9
Rohtomesikkä 1)	97 \pm 26	2,1	24,8 \pm 2,8
Kaura/herne/rehuvirna	136 \pm 21	3,1	15,2 \pm 0,5
Kaura/herne/persianapila	130 \pm 22	2,8	16,2 \pm 0,7
Kaura/härkäpapu/rehuvirna	120 \pm 16	3,1	14,4 \pm 0,5
Kaura/herne/rehuvilja/kevätrapsi/persianapila	139 \pm 23	2,8	16,3 \pm 0,8

1) Kasvustoa ei niitetä kesällä

Juuristomassa on tärkeä esikasviarvon elementti

Juuriston ja sängin määrä vaikuttavat kasvuston typpipitoisuuden lisäksi viherlannoituksen esikasviarvoon. Vaikutus korostuu monivuotisissa kasvustoissa, sillä jo toisen vuoden nurmessa sängin ja juuriston osuus on yhtä suuri kuin versoston vihermassa (Leinonen 2000). Puhdaskasvustot sitovat ja luovuttavat typeä seoskasvustoja enemmän (Wivstad 1989).

Thorup-Kristensenin ym. (1998) mukaan esikasvilaji on valittava sen perusteella, mitä kasvilajia esikasvin jälkeen kylvetään. Syväjuurista esikasvia voidaan käyttää keräämään typeä syvistä maakerroksista, jonne seuraavaksi viljeltävä matalajuurinen kasvi ei ylety, esimerkiksi ristipölytteiset kasvit esikasvina viljoille ja nurmikasveille. Hänen oma tutkimuksensa kylläkin osoitti, ettei matalajuurisen jäävuorisalaatin esikasvina olleilla palkokasvilajeilla – valko-, puna- ja alsikeapila, rohtomesikkä, sini- ja nurmimailanen, keltamaite sekä valkoapilan ja raiheinän seos – ollut vaikutusta salaattisadon määrälle saatikka sen nitraattipitoisuudelle, vaikka näissä lajeissa oli sekä syvä- että matalajuurisia lajeja (Sorensen, J.N. & Thorup-Kristensen, K. 2003).

Viherlannoituskasvuston juuristolla on sen maahan tuomaa typpimäärää suurempi esikasviarvo. Tämän totesivat mm. Poutala ja Hannukkala (1995) saadessaan yhtä suuret vehnäsadot kun pelkkä persianapilaviherlannoituksen juuristo (vehnäsato 2750 kg/ha) tai koko kasvimassa (vehnäsato 2900 kg/ha) kynnettiin vehnän lannoitukseksi. Vaikutus toistui seuraavassa kokeessa, jossa viherlannoitteena oli ruisvirna. Ruisvirnan juuristolla ”lannoitettu” vehnä tuotti 3030 kilon sadon, kun koko kasvimassan käytöllä sato oli 2920 kg/ha ja pelkän versoston lannoitusarvo jäi heikoimmaksi, 2240 kg/ha. Juuriston merkitys lienee siinä, että juuristoeritteet aktivoivat mikrobien toimintaa vielä silloinkin, kun yhteyttämiskoneisto eli versosto ei enää työnnä hiiliyhdisteitä juuristovyöhykkeeseen.

Typen vapautuminen kasvijätteestä

Kasvustosta vapautuu typeä sitä enemmän mitä suurempi kasvuston typpimäärä ja typen kokonaispitoisuus ovat ja mitä pienempi on materiaalin hiilen ja typen suhde. Esimerkiksi ruisvirnan maahan muokkauksen jälkeen oli 0-30 syvyydellä liukoisien typen pitoisuus kaksinkertainen (23 kg/ha) verrattuna muihin palkokasveihin ja nelinkertainen heinän ja apilan seoksiin verrattuna (Känkänen 1994). Nuoresta kasviaineksestä typpi vapautuu nopeammin kuin vanhasta puutuneesta materiaalista.

Kasviaineksen hajotus käynnistyy välittömästi maahanmuokkauksen jälkeen riippumatta maan lämpötilasta. Osa kasviaineksen tpestä immobilisoituu joksikin aikaa mikrobimassaan (Jensen 1997). Esimerkiksi herneen oljen maahanmuokkauksessa maan liukoisen typen pitoisuus ensin aleni voimakkaasti ja nousi kontrolliruidun pitoisuutta suuremmaksi vasta 50 päivän kuluttua muokkauksesta (Jensen 1997). Typpipitoisesta hajoamisjätteestä alkaa myöhemmin vapautua typpeä maanesteeseen, kun taas hiili-typpisuhteeltaan korkeissa kasvijätteissä typpi jää suurelta osin pidättyneeksi. Mitä lämpimämpää, sitä nopeampaa on typen immobilisoituminen mikrobimassaan (Jensen 2000).

Aiemmin pidettiin itsestään selvänä, että kasviaineksen hajotustoiminta lakkaa, kun maan lämpötila on lähellä nollaa tai pakkasen puolella. Asia on osoittautunut mutkikkaammaksi. Viime vuosikymmenellä tehdyissä tutkimuksissa havaittiin, että lämpötilan ja kasvijätteen hiiliyhdisteiden hajoamisnopeuden välillä on tiivis positiivinen yhteys, eli kylmässä hiiliyhdisteiden hajoitus on vähäistä. Kasvimateriaalin typpiyhdisteiden hajotusnopeudelle on kasviaineksen ominaisuuksilla kuitenkin lämpötilaa suurempi merkitys (Magid ym. 2001). Eräissä tutkimuksissa todettiin typen mineraloitumisen kyllä riippuvan viherlannoitusmassan hiili-typpisuhteesta, mutta todettiin sen olevan suurempaa, kun maan lämpötila oli 0 – 5 °C kuin silloin kun se oli 15 – 25 °C. Ero johtui siitä, että lämpimässä kasviaineksen typpiyhdisteet immobilisoituivat nopeasti mikrobimassaan, mutta immobilisoituminen oli vähäisempää kylmässä (Jensen 2000, Andersen & Jensen 2001). Eräs selitys typen mineraloitumisen jatkumiselle kylmissä oloissa mutta hiiliyhdisteiden hajoituksen heikkenemiselle, on oletus siitä, että kylmässä mikrobien kyky hajottaa pitkäketjuisia hiilipolymeerejä heikkenee, jolloin ne pyrkivät ottamaan hiiliravintonsa helpommin hajoavista typpiyhdisteistä. Silloin ylimääräinen typpi vapautuu maanesteeseen (Magid ym. 2001).

Maahan muokatun viherlannoituskasvuston jätteistä siis mineralisoituu typpeä talven aikana. Esimerkiksi Müller ja Sundman (1988) totesivat Etelä-Suomen olosuhteissa voimakasta typen mineraloitumista maahan haudatusta apilamateriaalista 6,5 kk talvijakson aikana, josta maa oli jäätyneenä viisi kuukautta. Myös Norjan Apelsvollissa tehdyssä kenttäkokeessa syksyinen ohransängen ja aluskasvina viljellyn valkoapilakasvuston kyntö kohotti ylimmän 45 cm maakerroksen liukoisen typen pitoisuutta noin 35 kg verrattuna aluskasvittoman ohran sängen kyntöön (Korsaeth ym. 2002). Poutalan ja Kuikmanin (1998) astiakokeessa maasta ei 0 °C alapuolella mineraloitunut typpeä. Sen sijaan olosuhteet, joissa maa jäätyni ja suli vuorotellen, lisäsi typen mineraloitumista. Tutkimus siis puoltaa viherlannoituskasvustojen myöhäistä maahanmuokkausta sekä talvehtivien viherlannoituskasvien muokkauksen siirtämistä kevääseen. Kevätkyntö aiheuttaa vähiten typen huuhtoutumisriskiä, mutta vain jos kasvusto talvehtii hyvin eikä talvehtimis-

tappioita ilmene.

Mikrobeihin sitoutuu siis aikaisessa maahan muokkauksessa enemmän typpeä kuin myöhemmissä muokkauksissa. Juuri ennen roudan tuloa muokatussa maassa mineraalityppi on pääosin ammoniummuodossa. Aiemmissä muokkauksissa typpi on ehtinyt nitrifioitua mikrobihajotuksessa nitraattimuotoon. (Poutala & Kuikman 1998). Typen lisäksi aikaisessa muokkauksessa voimakas hajotustoiminta ehtii hajottaa hiiliyhdisteitä hiilidioksidiksi enemmän kuin myöhemmissä muokkauksissa. Pakkasella tämä maahengitys on siis hyvin vähäistä, (ks. yllä). Silloin myös hiilen hävikki on hyvin pientä. Mikrobimassassa typpi on ”tilapäissäilössä” ja saattaa mineraloitua talvikauden aikana. Mikrobimassaan pidättynyt typpi ei siis ole yhtä turvassa huuhtoutumiselta kuin talvehtivaan kasvustoon pidättynyt typpi.

Viherlannoituskasvustoja voisi tämän tutkimuksen perusteella hyödyntää rehuntuotantoon esikasviarvon heikentymättä. Olennaista hyvälle esikasviarvolle tietenkin on, että viherlannoituskasvuston kasvu on voimakasta.

Viherlannoituksen niitto ja muokkaustekniikka

Niittoaajalla voi säädellä typensidontaa ja kasvuston keräämää typpimäärää

Viherlannoituskasvuston tavoitteena on mahdollisimman suuri typpisaalis. Niittoaajankohdat kannattaakin valita typensitojakasvin kannalta sopivimpaan aikaan. Palkokasvien typensidonta on yleensä maksimissaan kukintavaiheessa ja vähenee yleensä siementen tuleentuessa. Oikea-aikainen niitto pitää viherlannoituskasvuston aktiivisessa kasvussa ja tyypeä tehokkaasti sitovana mahdollisimman pitkään. Typensitojakasvin kannalta liian myöhäisessä kasvuvaiheessa tehty niitto, tai niitto liian lyhyeen sänkeen heikentää jälkikasvua (Leinonen 2000).

Leinosen (2000) mukaan virnat kannattaa niittää viimeistään kukinnan alkessa, jotta jälkikasvu käynnistyy. Apilanurmille sopivat niittoaajankohdat puolestaan vastaavat säilörehu- ja heinäurmien korjuuaikoja. Hyvän jälkikasvun saamiseksi kaura tulee niittää juuri tähkälletulovaiheessa ja herne kukinnan alkuvaiheessa (Wivstad 1989).

Niittäminen voi siis johtaa viherlannoituksen typpisisällön vähenemiseen tai kasvuun. Viherlannoituskasvuston silppuaminen nopeuttaa typen mineralisoitumista, mutta toisaalta liian voimakas murskaus voi lisätä ammoniakkin haihtumista. Leinosen (2000) arvion mukaan typpitappio voi kasvustoa murskattaessa olla 5 kg/ha, kun taas silppuamisen ansiosta mineraloituva typpimäärä kasvaa noin 10 kg/ha. Nurmisiilpusta vapautuva typpi päättyy uudestaan nurmen lannoitteeksi. Niittokoneista sormipalkkikone olisi typen haihtumishävikin vähentämisen kannalta paras väline, mutta se on vaatimaton työsaavutukseltaan. (Leinonen 2000). Niitosta johtuvat haihtumistappiot ovat vähäisimmät tyynellä ja pilvisellä säällä, ja olosuhteissa, joissa kasvuston hengitys ja evaporaatio on vähäistä.

Lötjösen ja Mikkolan (1999) kokeessa puna-apila-timoteikasvusto niitettiin kahteen kertaan, yhteen kertaan tai ei ollenkaan kesän mittaan, jonka jälkeen nurmi muokattiin ja siihen kylvettiin ruis. Kahteen kertaan niitetty koejäsen tuotti lievästi muita paremman ruissadon, mutta ero ei ollut suuri. Kokeessa havaittiin, että kasvuston oikea-aikainen niitto/niitot paransivat muokkauksen ja seuraavan viljan kylvön onnistumismahdollisuuksia. Tällä saattaa olla viljan satoon suurempi vaikutus kuin maahan kertyneellä typpisaaliilla eri niittotavoissa.

Wivstadin (1989) mukaan niitto yleensä nostaa viherlannoituksen kokonais-typpisatota, vaikka niitetystä kasvustosta niitossa häviää typpeä. Wivstadin mukaan rehuvirna, persianapila ja rohtomesikkä ovat viherlannoituskasveja, joiden niitto on kannattavaa vain rikkakasvien torjunnan kannalta.

Viherlannoitusnurmen ikä ja jälkivaikutus

Viherlannoituksen kasvuaika vaikuttaa sen biomassaan ja typpipitoisuuteen. Erityisesti juurten määrä voi lisääntyä kasvuajan pidentyessä ja monivuotisuus lisää biomassan tuotantoa. Kasvuajan piteneminen merkitsee suurempaa vaikutusta seuraavaan kasviin. Monivuotisten viherlannoituskasvien jälkivaikutus kohoaa, kun niiden annetaan kasvaa kaksi kasvukautta. Monivuotiset viherkesannot kannattaa päättää ennen kuin niiden palkokasvipitoisuus vähenee (Känkänen 2001b).

Nykänen ym. (1998) saivat parhaat kevätvehnä- ja syysruissadot 2-vuotisen apilapitoisen nurmen jälkeen. Sadot jäivät alhaisemmiksi 1- ja 3-vuotisissa nurmissa. Kaksivuotisen apilanurmen lannoitusvaikutus oli maaperästä riippuen 100-300 kg/ha.

Syyskyntö vai kevätkyntö? Ja millä muokataan?

Yksivuotisten viherlannoitusseosten parhaaksi muokkausajankohdaksi on osoittautunut myöhäinen syyskyntö. Yksivuotiset kasvustot kuolevat pakkasen tullessa ja niiden solukoista ravinteet pääsevät haihtumaan ja huuhtoutumaan talven aikana ja lumen sulamisvesien myötä. Talvehtivissa kasvustoissa optimaalisen muokkausajankohdan määräävät maalaji, varmuus kasvuston talvehtimisestä ja seuraavan viljakasvin työntarpeen ajoittuminen. Jos talvehtimisolosuhteet ovat heikot, jolloin osa kasvustosta todennäköisesti kuolee, on syysmuokkaus parempi vaihtoehto.

Maahanmuokkausvälineistöllä näyttää olevan selvästi vähemmän merkitystä viherlannoituksen jälkivaikutukseen kuin maahanmuokkausajalla. Välineet, joilla kasvusto saadaan silputtua tehokkaasti voivat nopeuttaa orgaanisen aineksen hajoamista, mutta samalla ne tehostavat typen immobilisoitumista mikrobimassaan (Ambus & Jensen 1997).

Fosterin (1990) kolmivuotisessa koesarjassa selvitettiin viherlannoksen maahan muokkauksen ajankohdan ja maahan muokkausvälineistön vaikutusta kevätevehnälle. Muokattavana viherlannoksena oli suojaviljaan muokkausta edeltävänä vuonna perustettu rohtomesikkäkasvusto. Mesikkäkasvusto muokattiin maahan joko 15.6., 1.7. tai 15.7., eli kuten keskikesän kesannoinnissa. Muokkausvälineinä verrattiin kyntöauraa, jyräintä, tavallista lautasäestä, lautasäestä porrastetuilla akseleilla sekä kultivaattoria. Muokkausvälineillä ei saatu aikaan eroja vehnän jyväsatoihin. Sadot olivat sitä paremmat mitä aikaisemmin viherlannos muokattiin (satoerot 6 ja 17 %). Aikainen muokkaus lisäsi liukoisen typen määrää maassa kevätevehnän kylvövaiheessa (ero 7 ja 20 kg N/ha). Tämä siitäkkin huolimatta, että mesikän sato oli 32% pienempi aikaisessa maahan muokkauksessa kuin myöhemmissä.

Poutalan ja Hannukkalan (1995) mukaan savipitoisilla mailla virnaviherlannoituksen syyskyntö oli keväällä tai syksyllä tehtyä kevennettyä muokkausta parempi vaihtoehto, sillä syyskynnöllä saavutettiin 20-33% kevennettyä muokkausta parempi sato. Tutkimuksessa kevytmuokkauksella tarkoitettiin sänkimuokkausta lautasäkeellä joko syksyllä tai keväällä. Kylvöalusta tasattiin joustopiikkiäkeellä. Sadon määrän lisäksi myös jyvien laatu (hehtolitraino, tuhannen jyvän paino, sakoluku, valkuaispitoisuus) oli parempi syyskynnön jälkeen. Jyvien typpipitoisuus oli alhaisin kevätkuokkauksen jälkeen. Vehnäkasvuston typpipitoisuus oli myös korkeampi syyskynnetyin viherlannoituksen jälkeen kuin jos se oli kevytkuokattu.

Virnaviherlannoitusta käytettäessä typen hävikkiriski on suurin silloin, kun kasvuston kyntö on jätetty kevääksi. Tuolloin talven aikana virnan sisältämästä typestä voi hävitä 50 – 75 %. (Känkänen 1994a, b). Kevätkyntö ja syksyinen kevytmuokkaus osoittautuivat sadon saannin kannalta syyskyntöä epäluotettavammiksi menetelmiksi (Känkänen ym. 1999).

Syyskyntö lisäsi keväällä tehtyyn virnaviherlannoituksen muokkaukseen verrattuna (jyrsintä+äestys) kevätevehnän satoa noin kolmasosan, kun viherlannoksen lisäksi ei käytetty muita lannoitteita. Syyskyntönsä seurauksena viljan lehtialan kesto lisääntyi, mikä pidensi jyvän täyttymisaikaa ja lisäsi tähkän painoa (Peltonen-Sainio & Poutala 1995.).

Lötjösen ja Mikkolan (1999) rukiinviljelykokeessa kokeiltiin viherlannoituskasvuston eri niittotapojen lisäksi myös kasvuston muokkaamista maahan kyntämällä, lautasäestämällä tai jankkuroimalla. Mikäli kyntö onnistui kunnolla, se tuotti yleensä lautasäestettyä hieman paremman sadon. Niittämättömän apila-timotein kyntäminen oli tietyillä koeruuduilla hankalaa, jolloin niiton + lautasäestysten sato ei jäänyt tätä huonommaksi. Lautasäestystä ei edes yritetty niittämättömillä ruuduilla. Jankkuroinnin jäljiltä rukiin sato oli heikoin, se ei selvästikään muokannut maata tarpeeksi, jotta nurmen kasvu olisi pysähtynyt ja ruis olisi saatu orastumaan tasaisesti.

Tietyissä viherlannoituskasvuston päättämistavoissa seuraavan viljelykasvin alhaiseksi jäänyt sato saattaa selittyä sillä, ettei käytetty teknologia ole sopinut vallitseviin olosuhteisiin. Esimerkiksi savipitoisella maalla kasvavan viherlannoituskasvuston maahanmuokkaus keväällä on riskialtista, koska kevätkuokattu savimaa kuivuu helposti liikaa, jolloin seuraavan kasvin orastuminen vaarantuu. Huonoon satoon voi silloin olla syynä typen huuhtoutuminen talvella, heikko orastuminen tai molemmat.

Viherlannoituksen erilaiset käyttömuodot

Viherlannoitus + muokkaus syksyllä + kevätilja

Viherlannoitusnurmi kevätiljan esikasvina kannattaa typen huuhtoutumisen vähentämiseksi muokata maahan myöhään syksyllä. Känkänen ym. (1999) mukaan kyntö lokakuussa hillitsi tehokkaasti typpipitoisten kasvustojen typen vapautumista verrattuna kyntöön syyskuussa. Typpihävikin riski on sitä suurempi mitä typpipitoisempi muokattava kasvusto on. Syyskyntöt onkin suositeltavaa aloittaa viljapelloilta ja kyntää typpipitoisimmat viherkesannot viimeiseksi (Känkänen 2001b).

Lindén & Wallgren (1989) vertasivat aikaisen (pian puinnin jälkeen) ja myöhäisen (juuri ennen roudan tuloa) kynnön vaikutusta typen mineralisointumiseen. Aikainen kyntö lisää typen mineralisointumista syksyllä. Myöhäisestä kynnöstä vapautuu aikaista enemmän typpeä seuraavana kasvukauden aikana myös kyntöä seuravana vuonna. Leuto talvi lisää typpitappiota ja suurimmiksi tappiot voivat muodostua aikaisin kynnetyillä palkokasvipitoisilla nurmilla. Raskaissa maalajeissa typen huuhtoutumisriski on kevyitä maita vähäisempää. (Lindén & Wallgren 1988, 1989.)

Känkäsén ym. (1999) mukaan viherkesannon syyskynnön ajankohdalla ei ollut merkitystä ohran kasvulle (ks. yllä syyskynnön ajankohdan vaikutus maan typpimääriin), mutta sen sijaan kevätkyntö tai kevennetty muokkaus olivat sadon saannin kannalta epäluotettavampia menetelmiä.

Poutala & Kuikmanin (1998) tutkimuksessa vertailtiin viherlannoituksen muokkausajankohdan vaikutusta ohran satopotentiaalini muodostumiseen. Myöhäisen syysmuokkauksen (23.12.) jälkeen alkukesällä vehnän oraiden ottama typpimäärä oli heti orastumisen jälkeen suurempi kuin kevätkuokkauksen (3.5.), aikaisen (1.9.) tai viivästetyn syysmuokkauksen (20.10) jälkeen. Heinäkuun lopussa vehnäkavuston ottama typpimäärä oli suurin (103 – 107 kg/ha) viivästetyn ja myöhäisen syysmuokkauksen jälkeen. Tällöin aikaisen virnaviherlannoituksen syysmuokkauksen ja kevätkuokkauksen sekä viherlannoittamattoman vehnän ottamat typpimäärät olivat 71, 86 ja 57 kg/ha. Virnan lisäksi keväällä annettu 50 kilon väkilannoitetyppiannos lisäsi vehnäkavuston typenottoa keskimäärin 20 kilolla heinäkuun loppuun mennessä, mutta ero lisälannoitettujen ja viherlannoitettujen kasvustojen typenotossa lisääntyi vain heinäkuun ensimmäiselle viikolle asti. Väkilannoitteella lannoitetussa maassa liukoista typpeä oli kylvön jälkeisellä neljän - kuuden viikon jaksolla jopa kolminkertaisesti viherlannoituksesta mineralisoituvaan typpeen verrattuna. Tämän jakson aikana määräytyvät ohran tähkäluku ja jyväihioiden lukumäärä. Tulokset eivät paljasta, rajoittiko typen saanti vehnän alkukehityksen aikana tähkätiheyttä tai tähkäkoon muodostumista myöhään ja viivästetyissä syyskyntövaihtoehdoissa, vai johtuiko ero lisälannoitettuihin jyvän täyttymisvaiheen aikaisesta paremmasta fotosynteesituotteiden saannista.

Peltonen-Sainio ym. (1997) havaitsivat, että Suiussa savimaalla virnaviherlannoituksen syyskynnön jälkeen ohrasta saatiin 1000 kg/ha enemmän satoa keväällä tehtyyn viherlannoituksen muokkaukseen verrattuna. Typpi tosin vapautui vasta korrenkasvuvaiheen jälkeen. Viherlannoituksen typpi ei ehtinyt vaikuttaa sivuversojen, tähkylöiden eikä jyvien määrään, mutta se lisäsi tähkylöiden ja tähkän täyttymistä. Tutkimusryhmä totesi viherlannoituksen lisäävän pensastumisen jälkeistä lehtialaa (LAI), etenkin jos maassa oli lisätyppeä. Viherlannoitus lisäsi 40 % kukinnan jälkeisen lehtialan kestoa ja

LAI-huippua tähkimisen aikaan viherlannoittamattomaan verrattuna.

Kevätvehnässä viherlannoituksen täydennykseksi annettu väkilannoitustyyppi kasvatti sivuversojen määrää. Väkilannoitetyppi, 50 tai 100 kg/ha, lisäsi keväätvehnän sivuversojen osuutta lehtialan muodostumiseen. (Peltonen-Sainio & Poutala 1995.)

Vaihtoehdot: Viherlannoitus + syysvilja tai viherlannoitus + kesanto + pyydys + vilja

Syysvilja vähentää viherlannoitusnurmesta vapautuvan typen huuhtoutumisriskiä. Tehokkaimmin tyyppiä kuluttaa syksyllä syysrypsi, joka voi ottaa tyyppiä ennen talven tuloa 50 – 100 kg/ha. Normaalitiheydellä kylvetty ruis ottaa tyyppiä 20 – 50 kg/ha ja 2 – 3-lehtivaiheeseen ehtivä syysvehnä vain 5 – 10 kg/ha (Lindén & Wallgren 1988).

Viherlannoituksesta mineralisoituvan typen määrä lisääntyy ennen syysviljan kylvöä tehdyn kynnon ajankohdasta loppusyksyyn (Lindén & Wallgren 1989, Wivstad 1989). Syksyllä maassa olevan typen määrä on suurin pintakerroksessa (0-30 cm). Kevääseen mennessä tyyppi valuu alempiin maakerroksiin, jolloin sitä on lähes saman verran maakerroksissa 30 – 60 cm ja 60 – 90 cm (Wivstad 1989).

Viherlannoitusnurmen käsittelytekniikasta, jossa nurmi päätetään keskikesän kesantoon ja kylvetään syksyksi pyydyskasvusto, on varsin vähän esimerkkejä tieteellisessä kirjallisuudessa. Tätä tekniikkaahan on meillä käytetty muun muassa vihannesmaiden valmistamiseen, kestorikkakasvien torjumiseen ja hyvän tasaisen kylvöalustan tuottamiseen vihannesvuotta varten. Nurmesta otetaan viimeinen sato heinäkuun alkupuolella, jonka jälkeen sänkeä aletaan kultivoida tai jyrsiä. Avokesantoa hoidetaan mekaanisesti vajaa kuukausi. Sen jälkeen siihen kylvetään tiheä pyydyskasvi, usein ruis tai ohra. Keski-Euroopassa pyydyskasvina käytetään mm. syysrypsyä ja sinappia. Pyydyskasvin vaikutusta maan typpitilaan syksyllä voinee arvioida myös tutkimalla aluskasvien typenottoa (ks. viljat + aluskasvit -kappale).

Wallgrenin ja Lindénin (1991) tutkimuksessa tarkasteltiin avokesannon ja yksivuotisten kesantokasvien esikasviarvoa syysvehnälle ja niiden vaikutusta maan typpitilaan. Koepaikkoja oli yhteensä 14. Koesarjassa keskikesän kesanto -vaihtoehtoa muistutti kaura-herne- Valkosinappiviherlannoitus, joka muokattiin heinäkuun lopussa maahan ja kuukauden kuluttua siihen kylvettiin syysvehnä. Muut vaihtoehdot olivat kevätohra, avokesanto tai keväällä kylvytetyt persianapila tai puna-apila-raiheinäseos, jotka kynnettiin maahan

elokuun lopussa ennen syysvehnän kylvöä.

Yksivuotisten viherlannoitusseosten kynnön jälkeen syysvehnämaassa oli loppusyksyllä tyypeä keskimäärin 57 – 59 kg/ha, eli vain 12 – 14 kg enemmän kuin ohran jälkeen. Persianapilan puhdaskasvuston jälkeen maassa oli tyypeä 32 kg enemmän kuin ohran jälkeen. Koko kesän mekaanisesti hoidettu avokesanto nosti loppusyksyn vehnämaan typpipitoisuuden keskimäärin 105 kiloon/ha, kun ohran jälkeen samasta maakerroksesta (0 – 90 cm) mitattiin 45 kg/ha. Mekaanisen avokesannon jälkeen maassa oli tyypeä 30 kg/ha enemmän kuin kemiallisesti hoidetun jälkeen (Wallgren & Lindén 1991).

Avokesannoiduista vaihtoehdoista todettiin seuraavana keväänä hävinneen eniten tyypeä talven aikana. Palkokasviherlannoitusvaihtoehdoista kevyillä mailla oli myös huuhtoutunut tyypeä talven aikana. Tyypeä oli syysvehnäkasvuston käytettävissä avokesantovaihtoehdoissa 45 (mekaaninen kesanto) ja 36 kg/ha (kemiallinen kesanto) enemmän kuin ohravaihtoehdossa. Viherlannoitusten jälkeen syysvehnäällä oli käytettävänä tyypeä vajaat 30 kg/ha enemmän kuin ohran jälkeen. Herne-kaura-valkosinappiseoksen muokkauksen jälkeinen kuukauden avokesantovaihe ei vaikuttanut maan typpitilaan syksyllä saatikka keväällä verrattuna apila-heinäseokseen. Typpisisällöltään vähäisin vaihtohto tuotti muita viherlannoituksia heikomman vehnäsadon 3550 kg/ha. Persianapilan ja apila-heinäseoksen jälkeen syysvehnäsato oli 3980 ja 3970 kg/ha. Ohran jälkeen syysvehnän sato jäi vajaaseen 3 tonniin. (Wallgren & Lindén 1991.)

Viljat + aluskasvit

Viljalla käytetään aluskasveja joko tuottamaan tyypeä viljelykiertoon (apilat) tai hillitsemään typen huuhtoutumista (heinät), sillä ilman aluskasvia ruokamultakerroksessa mineralisoituva typpi huuhtoutuu alempiin maakerroksiin. Aluskasvit eivät juuri kilpaile viljan kanssa ravinteista alkukehitysvaiheessa. Viljojen alle on syytä valita sellaiset lajit, jotka eivät helposti nouse viljakasvuston päälle. Matala valkoapila sopii ohran, vehnän ja kauran aluskasviksi (Källander 1993).

Italianraiheinä on tehokas maan liukoisen typen ottaja syksyllä viljan puinnin jälkeen. Känkäsen tutkimuksessa italianraiheinä vähensi maan nitraattitypen määrän puoleen (0 – 90 cm kerroksessa) aluskasvittomaan verrattuna. Alkukevään typpitilanne puolestaan osoitti, että tehokkaimmat typenottajat syksyllä olivat olleet italianraiheinä ja timotei. Niiden kohdalla maassa oli liukoista tyypeä aluskasvittomia ruutuja vähemmän. Palkokasvitkaan eivät lisänneet maan nitraattitypen määrää (Känkänen 2001b). Känkäsen (2001b) mukaan aluskasvien kylvötiheydellä ei ole merkittävää vaikutusta nitraattitypen määrään maan pintakerroksessa (0 – 30 cm) syksyllä. Aluskasvien vuosittainen käyttö ei myöskään vaikuta syksyn nitraattitypen määrään syvemmällä (60-90 cm). Kynnetyistä aluskasveista mineralisoituvan nitraat-

titypen määrä on yleensä korkeimmillaan ennen kevätkylvöä.

Puna-apila kasvoi viljan aluskasvina italianraiheinää heikommin, mutta silti sen typenotto muodostui italianraiheinää suuremmaksi (43 kg/ha), koska apilan kasvu voimistui viljan puinnin jälkeen (Beck-Friis ym. 1994). Puna-apila aluskasvina nosti seuraavan viljan jyvien valkuaispitoisuutta noin 0,1 %-yksikköä, kun aluskasvi oli muokattu maahan syksyllä ja noin 0,3 %-yksikköä kevätkynnetyn aluskasvinurmen jälkeen. Raiheinän jälkeen jyvät sisälsivät typpeä keskimäärin 17 kg/ha enemmän kuin ilman aluskasvia. Puna-apilan jälkeen vastaava ero oli lähes 40 kg. Työryhmä havaitsi aluskasvien saavan aikaan typen kerrostumista. Ylimmässä maakerroksessa (0-30 cm) oli eniten typpeä, kerroksessa 30 – 60 oli typpeä vähiten ja typen määrä nousi jälleen syvyydellä 60 – 90 cm.

Aluskasvien merkitys typen kerääjänä korostuu viljan tuleentumisen jälkeen. Aluskasvittomaan ruutuun verrattuna aluskasvi (italianraiheinä) keräsi viljan keltatuleentumisen jälkeen typpeä jopa kymmeniä kiloja hehtaaria kohden (Beck-Friis ym. 1994).

Paraneeko viherlannoitusnurmen esikasvi-arvo kylvöä myöhästämällä?

Viherlannoituksen ja kylvön myöhästämisen yhdysvaikutuksesta ei kirjallisuudessa ole mainintoja. Pelkkää kylvön myöhästämistä on tutkittu laajasti, mutta tuloksissa ei ole yleensä kerrottu peltolohkolla kasvaneesta esikasvista mitään. Riippumatta esikasvista, olemassa olevan kirjallisuuden perusteella optimikylvöaika näyttää määräytyvän maalajin, viljakasvin ja leveysasteen perusteella. Alkukesän sateiden ajoittuminen tuottaa myös lisää vaihtelua.

Kylvön myöhästämistä käytetään useimmiten siemenrikkakasvien torjumiseksi. Samalla kuitenkin vaikutetaan taimettuvan viljelykasvin kasvuedellytyksiin, koska maan ja ilman lämpötilan ja päivänpituus lisääntyvät kasvukauden edetessä. Kylvön myöhästäminen kiihdyttää kasvin kasvurytmiä, mutta myös maan mikrobiaktiivisuutta. Englantilaisen tutkimuksen mukaan oraiden kasvunopeus kiihtyy päivänpituuden kasvaessa 16 tuntiin, mutta ei enää sen jälkeen (Kirby & Ellis 1980). On mahdollista, että myöhästykseen ansioista lämpimämmässä maassa kehittyvillä orilla on enemmän typpeä käytettävissä, kuin aikaisiin kylvetyillä. Toisaalta taas viljakasvin kasvurytmin nopeutuminen voi alentaa satotasoa monella tasolla. Nopea kehitysrytmi lyhentää versomisaikaa, joten jos tyyppi tai maan kosteus ovat kasvua rajoittavia tekijöitä, voi tähkä- ja jyväaihioiden muodostuminen heikentyä.

Aikaisen kylvön runsaamman versoutumisen ovat havainneet mm. Stabbe-
torp (1980) ja Geisler (1983). Myöhäisen kylvön alentunut sato selittyi Geis-
lerin (1983) mukaan pienemmällä tähkylöiden määrällä tähkässä. Jyväluku
tähkässä muodostui suurimmaksi aikaisin tai normaaliaikana kylvetyssä
kasvustossa. Stabbe-
torpin (1980) mukaan kaurassa ja vehnässä 2/3 myöhäi-
sen kylvön sadonalennuksesta johtui pienemmästä jyvämäärästä tähkässä.
Kuusitahoisessa ohrassa jyväluvun väheneminen selitti lähes kokonaan myö-
häisen kylvön sadonalennuksen. Kaksitahoisessa ohrassa vaikuttavin tekijä
oli myöhäisen kylvön vähäinen versoutuminen eikä jyväluku (Rahkonen &
Esala 1988).

Simojoki (1992) torjui rikkoja kylvöä myöhästämällä. Koepaikkoja oli sekä
hiesu- että hietamailla ja koekasvina oli sekä ohra että kaura. Varsinainen
kylvömuokkaus tehtiin 5 – 7 päivän päästä ensimmäisestä muokkauksesta.
Myöhästetty kylvö onnistui hietamaalla hyvin. Hiesulla menestys oli vaihte-
leva, ja yhtenä vuonna ei koekenttää pystytty kylvämään lainkaan, kun en-
simmäisen äestyksen jälkeen kenttä sai 50 mm sadetta ja kuoretui. Kylvön
myöhästäminen aiheutti Simojoen koesarjassa versoutumisen niukentumista
ja mutta lisäsi myös lakoa. Viljan kasvuaika pysyi samana. Myöhästäminen
vähensi sekä rikkoja että jyväsatoa niin hiesulla (-22 %, ohra) kuin hiedalla-
kin (-13 %, kaura). Kun myöhästetyssä kylvössä siemenmäärää lisättiin
puolella, satoa saatiin lähes yhtä paljon kuin normaalilla kylvöajalla.

Etelä-Pohjanmaan hiesusavimaalla tutkittiin vuosina 1973-80 kylvöajan
(11.5., 21.5. ja 31.5.) vaikutusta kolmen ohralajikkeen satoon. Toinen kylvö-
aika tuotti suurimman sadon. Sadonlisäys aikaisempaan kylvöön verrattuna
oli kaikkien lajikkeiden keskiarvona 330 kg/ha (+ 7 %) ja myöhäisempään
kylvöön verrattuna 580 kg/ha (+ 13 %). Ensimmäisen kylvön ajankohdaksi
oli selvästi valittu turhan aikainen päivämäärä, jolloin maa oli usein vielä liian
märkkää ja huonosti muokkautuvaa. Kylvön viivästyessä kolme viikkoa kor-
juu siirtyi kaksi viikkoa myöhäisemmäksi, joten myöhäisempi kylvö otti
aikaisempien kylvöjen etumatkaa jonkin verran kiinni. Samalla kasvuston
lakaisuus lisääntyi. Hehtolitraino ja tuhannen jyvän paino olivat kor-
keimmat aikaisin kylvetyssä ja alenivat jonkin verran 10 päivää myöhempään
kylvöön verrattuna, mutta jo selvästi myöhäisimpään kylvöön verrattuna.
Orastuminen jäi myöhäisimmässä kylvössä keskimäärin 10 %-yksikköä
muita kylvöaikoja heikommaksi. Yhdellä lajikkeella myöhäisin kylvöaika
tuotti keskimäärin parhaan orastumisen, mutta se ei vaikuttanut enää satotu-
loksissa. Kirjoittajat arvelivat optimaalisen kylvöajan olevan jossain ensim-
mäisen ja toisen kylvöajan välissä. Yksittäisessä multamaalla tehdyssä ko-
keessa vuonna 1980 kylvöajalla ei näyttänyt olevan niin suurta merkitystä
kuin savimaalla. (Esala & Hautala 1981.)

Kylvön myöhästäminen on savimailla hyvin haitallista, ja aivan erityisen haitallista se on hiesumailla, joilla optimikylvöajan määrää kevätkesteys. Kivisaaren ja Larpeksen (1983) erityyppisillä savimailla Tikkurilassa tekemässä kuuden kylvöajan vertailussa hietamaat olivat kaikkein tuottoisimpia. Niillä maksimisadot saatiin vehnässä ja ohrassa kolmantena kylvöaikana (9.5.), kun ensimmäinen kylvöaika oli 1.5. ja viimeisin 23.5. Hietamaan kokeissa kaurassa sadot eivät juuri eronneet kylvöajankohtien 1–3 välillä, mutta sen jälkeen kauran sadot laskivat jyrkästi. Hiuemaalla satoisin kylvöaika oli keskimäärin toinen kylvöaika, paitsi ohran viljelyssä, jossa kylvöajankohdilla 1–3 ei ole eroa.

Koesarjan johtopäätöksenä oli, että hyvin aikainen kylvö (1.5.), jolloin maa oli juuri ja juuri muokkaukelpoista, vähensi jonkin verran satoa kahteen seuraavaan kylvöaikaan verrattuna. Eniten satotasoon vaikutti tulevan kasvukauden sää. Sateiden ollessa runsaita ei kylvön viivästäminenkään ollut kohtalokasta, kun taas sadon aleneminen oli jyrkintä silloin kun alkukesä oli kuiva. Reilulla viikolla optimiajasta myöhästäminen maksoi sadossa kevätvehnässä hietasavella noin 90, hiuesavella noin 135 ja hiesusavella noin 70 kg/ha/pv. Ohrassa vastaavat luvut olivat noin 130, 160 ja 70 kg/ha/pv. Kaurassa vastaavat luvut ovat puolestaan noin 100, 230 ja 80 kg/ha/pv (Kivisaari & Larpe 1983).

Simojoen (1977) kokeissa Keski-Suomen hiesumailla parhaat ohra- ja kaurasadot saatiin toukokuun viimeisellä kolmanneksella (24.5.), jolloin roudan sulamisesta oli kulunut pari viikkoa. Tällöin ohran sato oli 72 % ja kauran sato 41 % parempi kuin ensimmäisessä kylvössä, joka ajoittui keskimäärin 12.5. Ensimmäinen kylvöaika oli ajoitettu noin viikkoa seudulla käytettyä kylvöaikaa varhaisemmaksi. Paras sato savutettiin silloin kun maan vesipitoisuus oli laskenut 30 %:iin ja lämpötila noussut 12 – 13 asteeseen.

Optimikylvöajan jälkeen sadot alkoivat pienentyä, mutta suurin pudotus oli kylvöaikojen 2.6. ja 6.6. välillä. Reilulla viikolla optimiajankohdasta myöhästyminen vähensi ohran satoa noin 30 kg/ha/pv ja kauran satoa noin 40 kg/ha/pv. Tärkein syy aikaisten kylvöjen heikkoihin satoihin oli ilmeisesti märän hiesun vatkautuminen ilmattomaksi massaksi, kun sitä muokattiin liian märkänä. Sellaisenaan se on huono kasvualusta niin viljalle kuin maan mikrobistollekin. Silloin peltoon ei myöskään muodostu kapillaarisen vedennousun estävää haihtumissuojaa, joten maa kuivuu syvältäkin.

Hietamaan kolmivuotisessa koesarjassa sadot olivat parhaimmat ensimmäisenä kylvöajankohtana (17.5.). Muut kylvöajat olivat 22.5., 28.5. ja 2.6. Ohran sadot pysyivät kuitenkin samalla tasolla kolmena ensimmäisenä kylvöajankohtana ja kauran sadot kahtena ensimmäisenä. Tulos kuvaa hietä-

maiden helppoutta hiesuihin nähden. Ohrassa sato putosi rajusti (180 kg/ha/pv) kolmannen ja neljännen kylvöajankohdan välillä. Kaurassa sato-tason lasku optimiajankohdasta oli noin 30 kg/ha/pv. (Simojoki 1977.)

Yhteenveto

Viherlannoituksessa toteutuva palkokasvien biologinen typensidonta on tärkein typpilähde luonnonmukaisessa viljelyssä. Viherlannoituksen esikasviarvo näyttää riippuvan ilmaston, maalajin ja viljelytavan muodostamasta kokonaisuudesta ja sen mittarina on yleensä maahan muokattu typpimäärä.

Viherlannoituksen esikasviarvoa voidaan parantaa muokkausajankohdan valinnalla. Monivuotisten kasvustojen niitto riittävän ajoissa lisää typensidontaa jälleenkasvussa. Muokkaus syksyllä parantaa viherlannoituskasvuston esikasviarvoa kevätiljalle. Toki se myös altistaa kasvuston typpihävikille talven aikana, varsinkin jos sää on leuto ja maa on roudaton.

Viljalla käytetään aluskasveja joko tuottamaan typpeä viljelykiertoon (apilat) tai hillitsemään typen huuhtoutumista (heinät). Aluskasvien merkitys korostuu liukoisen typen keräämisessä puinnin jälkeen syksyllä, jolloin aluskasvi ehtii kerätä typpeä jopa kymmeniä kiloja. Sopivan aluskasvilajin valinnalla ei synny kilpailutilannetta viljan kanssa.

Koska viherlannoitusnurmen typpi vapautuu kasvien käyttöön hitaasti, voisi olettaa kylvön myöhästämisen parantavan typen hyväksikäyttöä viljoilla. Kylvön myöhästämisen onnistuminen on kuitenkin hyvin riippuvainen sääoloista ja maalajista. Näiden lisäksi myös viljan kasvurytmiin tulee muutoksia, jotka voivat vaikuttaa sadon alentumiseen.

Viherlannoitustypen vapautuminen kasvien käyttöön ja siihen vaikuttaminen viljelytoimilla on monen eri tekijän summa. Tarkkojen toimintamallien hakeminen on lähes mahdotonta. Parhaiten viherlannoitusta hyödynnetään tuntemalla sen vaikutuksen pääpiirteet ja soveltamalla niitä oman toimintaympäristön olot huomioiden.

Viherlannoituksen typen käyttökelpoisuus suhteessa ohran kylvöaikaan

Jaana Väisänen, Kristian Forsman, Sanna Kakriainen-Rouhiainen

ja Hanna Avikainen

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristön tutkimus, Ekologinen tuotanto, Huttulantie 1, 51900 Juva
sähköpostit etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Koesarjassa selvitettiin, voidaanko myöhästämällä ohran kylvöä normaaliajasta tehostaa viherlannoituksesta vapautuvan typen hyväksikäyttöä. Esi-kasvina tässä Etelä-Savossa Juvalla ja Pohjois-Pohjanmaalla Ruukissa tehdyssä kokeessa oli virna-kaura. Juvalla kylvöä myöhästettiin 10 päivän ja Ruukissa viikon jaksoissa.

Koesarjan tulosten perusteella emme suosittele kylvöajankohdan siirtämistä normaaliajankohdasta myöhemmäksi. Viidestä kokeesta vain yhdessä kylvöajan viikon myöhästäminen tuotti suurimman sadon. Sadonlisä johtui voimakkaammasta pensomisesta. Jyvien valkuaispitoisuudet olivat selvästi korkeampia myöhäisten kylvöjen sadoissa riippumatta kylvömäärästä, mutta jyvien typpisato aleni.

Kun kylvö siirtyy myöhäisemmäksi, maan lämpötilan nousu ja päivänpituuden lisäys nopeuttavat kasvien kehitystä. Viljoissa tämä tarkoittaa pensastumisajan lyhenemistä. Suuremmalla kylvömäärällä ei voitu kuitenkaan parantaa myöhäisempien kylvöjen satotasoa, kun alentunutta tähkätiheyttä näin korjattiin. Tiheämpi kylvö pienensi jyvääkokoja. Myös oljen typpipitoisuus kohosi selvästi ja olkimassa suureni tai pysyi samansuuruisena kylvöä myöhästettäessä. Osasyynä oli jälkiversonnan lisääntyminen ja toiseksi typen siirtymisen estyminen jyviin.

Koesarjan pohjalta todettiin, että ohran menestymisen tärkein ongelma ei sittenkään ole kevätkeuhan vähäinen typpimäärä maassa, vaan lehtilaikkutaudit, jotka tuhoavat kasvuston yhteyttämiskapasiteetin, jolloin jyvät jäävät pieniksi. Jos lehtilaikkutautien torjuntaan olisi saatavilla tehokkaita biologisia torjunta-aineita, ohran kylvöaika ei olisi niin ratkaiseva satotasolle kuin mitä tällä hetkellä on.

Johdanto

Ohra kehittyy pohjoisessa ilmastossa varsin nopeasti vegetatiivisesta vaiheesta generatiiviseen vaiheeseen. Pitenevä päivä nopeuttaa oraiden kehitystä ja lyhentää pensastumisaikaa. Näissä olosuhteissa lyhenee myös tähkylöiden ja jyvien aihoiden muodostumisaika. Kasvustosta muodostuu pääversoaltainen, koska lyhyt ja kiivastahtinen kasvukautemme vaikuttaa siihen, että sivuversoja muodostuu vähän. Keski-Euroopassa se kylvetään huomattavasti harvempaan, koska oraiden kehitykselle ja sivuversojen muodostumiselle on siellä huomattavasti enemmän aikaa.

Tyypillisesti ohra tuottaa luomuviljelyssä pienijyväisen ja heikon sadon. Koska luomuohralle olisi käyttöä niin leipomo- kuin elintarviketeollisuudessa, haluttiin tässä Kasvuvoimaa luomuohralle -tutkimuksessa selvittää heikkosatoisuuden syitä. Mahdollisia tekijöitä voivat olla riittämätön typensaanti keväällä, joka heikentää ohran sivuversojen muodostumista vähentäen muodostuvien tähkien määrää ja tähkääkokoa, tai myöhemmin kesällä lehti-laikkutaudit, jotka alentavat jyvääkokoa. Mitä runsaammin typpeä on alkukesällä saatavilla, sitä suurempi on ohran satopotentiaali. Ohran heikkoa menestymistä luonnonmukaisessa viljelyssä selittää myös se, että se on kotimaisista viljoista kilpailukyvyltään heikoin kestorikkakasveja vastaan.

Viherlannoituksesta vapautuva typpi saattaa tulla ohran kannalta usein liian myöhään, jolloin se ei ehdi lisätä jyvämäärää, mutta kasvattaa jyvääkokoa (mm. Peltonen-Sainio ym. 1997). Kylvön myöhästämällä tavoitteena on synkronoida ohran suurin typentarve ja eloperäisen typen vapautuminen. Myöhästetyn kylvön vastavaikuttajana toimii maan lämpötilasta ja päivänpituudesta riippuva pensastumisen heikentyminen, jolloin tähkiä voi muodostua vähemmän ja jyvämäärä pudota. Myöhästettyä kylvöä käytettäessä heikompaa sivuversojen muodostumista voi kompensoida lisäämällä kylvötiheyttä, jotta tähkätiheys ei alenisi (Simojoki 1977).

Tässä koesarjassa testattiin ohran kylvön myöhästämisen, aluskasvien sekä tihennetyt ja harvennetut kylvösiemenmäärän vaikutusta ohran typensaantiin. Aluskasveina olivat englannin raiheinä ja englannin raiheinä-apila. Aluskasvien jälkivaikutusta selvitettiin ohravuoden jälkeen kylvetyillä vihan-takaura-raiheinäseoksella. Ohran esikasvina oli yksivuotinen virna-kaurakasvusto.

Aineisto ja menetelmät

Kenttäkokeet

Koesarja tehtiin vuosina 2000-2002 Juvalla ja Ruukissa. Juvan koesarjassa seurattiin paitsi kylvöajan vaikutusta ohraan, myös aluskasvien ja kylvöajan jälkivaikutusta ohran jälkeen viljeltyyn vihantakauraan.

Juvalla peltojen maalaji oli karkea hieta, ja ohran esikasvina oli aina virna-kaura-raiheinäseos (Viljavuustulokset taulukossa 1). Koe suoritettiin osaruutukokeena, jonka pääruututason tekijänä oli ohran kylvöaika. Kylvöt tehtiin kymmenen päivän välein, ja ensimmäinen kylvöpäivämäärä valittiin tutkimusaseman normaalin kylvöajan mukaan (Taulukko 2). Osaruutukäsittelynä oli aluskasvi: englanninraiheinä (siemenmäärä 7 kg/ha), englanninraiheinä-valkoapila (raiheinä 7 kg/ha ja apila 3 kg/ha) ja kontrollina aluskasviton ohra. Vuosina 2001 ja 2002 osaruutukäsittelynä oli myös tihennetty kylvö (600 itävää siementä/m²) toisessa ja kolmannessa kylvössä. Ohralajikkeena oli Filippa vuonna 2000 ja Saana vuosina 2001 ja 2002. Vuonna 2000 perustetussa kokeessa oli kuusi kerrannetta, 2001 ja 2002 perustetuissa neljä.

Ruukin kokeet sijoitettiin joka vuosi runsasmultaiselle hienolle hiedalle, jossa esikasvina oli aina virna-kaura. Ruukin kokeessa vertailtiin vain kylvöaikoja neljän kerranteen koemallilla. Vuonna 2002 mukana oli myös koejäsen, jonka esikasvina oli kaura. Tämä koejäsen kylvettiin ensimmäisen kylvöajan yhteydessä. Kylvöaikojen väli on seitsemän päivää. Ohralajikkeena oli Arturi. (Taulukko 2).

Taulukko 1. Juvan ja Ruukin peltojen viljavuustiedot. Ravinteiden pitoisuudet analysoitiin ammoniumasetaattiutosta.

Koevuodet	pH	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	P mg/l
Juva 00-01	6,1	1193	124	105	11
Juva 01-02	7,0	2416	109	153	39
Juva 02-03	6,6	1852	116	160	19
Ruukki 00	6,3	1980	62	146	16
Ruukki 01	6,8	2190	77	147	20
Ruukki 02	6,1	1170	95	94	16

Taulukko 2. Kylvöpäivät ja niihin mennessä kertyneet tehoisan lämpötilan summat (TLS).

Koe	Roudan sulamis-päivä*	Kylvö-päivä	TLS 1. kylvössä, °C	Kylvö-päivä	TLS 2 kylvössä, °C	Kylvö-päivä	TLS 3 kylvössä, °C
Juva 2000	20.4.	16.5.	83	26.5.	152	5.6.	220
Juva 2001	24.5.	14.5.	116	22.5.	147	4.6.	177
Juva 2002	30.4.	10.5.	103	22.5.	171	3.6.	263
Keskiarvo	1.5.		101		157		220
Ruukki 2000		24.5.	104	31.5.	141	8.6.	181
Ruukki 2002		22.5.	123	29.5.	167	5.6.	242
Keskiarvo			113,5		154		211,5

* Roudan sulamispäivä Mikkelissä

Kylvöaikaa ei kokeessa ajoitettu roudan sulamisaikaan nähden, koska routa-havaintoja ei Juvan asemalla tehdä. Mikkelissä Karilan tutkimusasemalla keskimääräinen roudan sulamisaika 11 vuoden keskiarvona (1993 – 2003) on 1. toukokuuta. Vuosina 2000-2002 routa Mikkelissä suli keskiarvoa aikaisemmin (Taulukko 2).

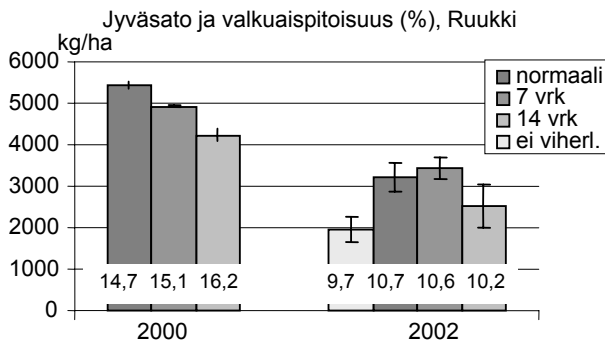
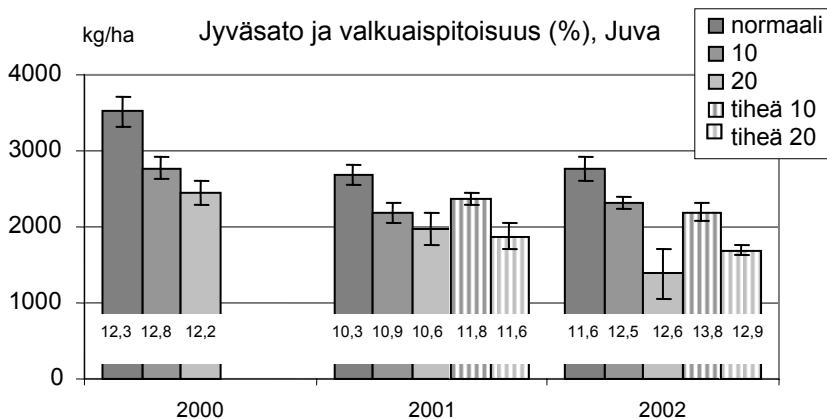
Ohrankasvuston kasvukuntoa seurattiin Minolta SPAD 502 -lehtivihreämittarilla kerran viikossa pensomisvaiheesta tuleentumiseen saakka ja mittaamalla kasvuston korkeus kukintavaiheessa. Lisäksi seurattiin maan liukoisien typen määrän muutoksia kasvukaudella. Ruukissa typpinäytteet otettiin kylvön yhteydessä. Juvalla näytteet otettiin toukokuussa ennen ensimmäistä kylvöä sekä tähkälletulovaiheessa heinäkuussa. Sadosta mitattiin jyvä- ja olkisato, hehtolitrapaino, tuhannen jyvän paino sekä analysoitiin jyvien ja oljen typpi-pitoisuudet. Vuosina 2001 ja 2002 ohrakasvustosta laskettiin oraiden ja tähkien lukumäärät. Vuonna 2002 ensimmäisen kylvöajasta tähkiätiheyttä ei saatu, koska erehdyksessä sato korjattiin ennen laskentaa.

Kylvön viivästämisen ja aluskasvien jälkivaikutusta selvitettiin kylvämällä ohravuoden jälkeen vihantakaura. Vihantarehuseos sisälsi kauraa 500 kpl/m² ja englanninraiheinää 7 kg/ha. Vihantarehuseos niitettiin kauran tullessa röyhylle. Kauran pituus mitattiin ennen niittoa. Vihantarehusta punnittiin ruutusato ja analysoitiin kauran valkuaispitoisuus.

Tulokset

Jyväsato

Juvan kokeessa, jossa ohralajikkeena oli ensimmäisenä vuonna Filippa ja myöhemmin vuosina Saana, paras jyväsato, keskimäärin 3060 kg/ha, saatiin aina ensimmäisestä toukokuun puolivälissä tehdystä kylvöstä. Kymmenen päivää myöhästettäessä sadoksi saatiin 2420 kg/ha, eli jyväsato laski noin 64 kg/pv ensimmäisestä toiseen kylvöön. Heikon sato saatiin 4.-5.6. tehdyistä eli 20 päivää myöhäisemmistä kylvöistä, eli 2020 kg/ha (Kuva 1). Kylvömäärän tihentäminen kohotti vuonna 2001 toisen kylvöajan jyväsatoa muttei enää kolmannen. Tiheä kylvö ei lisännyt satoa vuoden 2002 myöhästetyissä kylvöissä. Ruukin kokeessa ensimmäisenä vuonna paras sato saatiin varhaisimmasta kylvöstä. Jyväsato putosi, mutta seuraavassa kokeessa toinen kylvöaika tuotti suurimman sadon. Viherlannoitus lisäsi ensimmäisen kylvöajan satotasa 65 %. Esikasvina kasvaneen virnan kuiva-ainesadon lisäys yhdellä kilolla nosti ohran jyväsatoa 2,77 kg/ha.

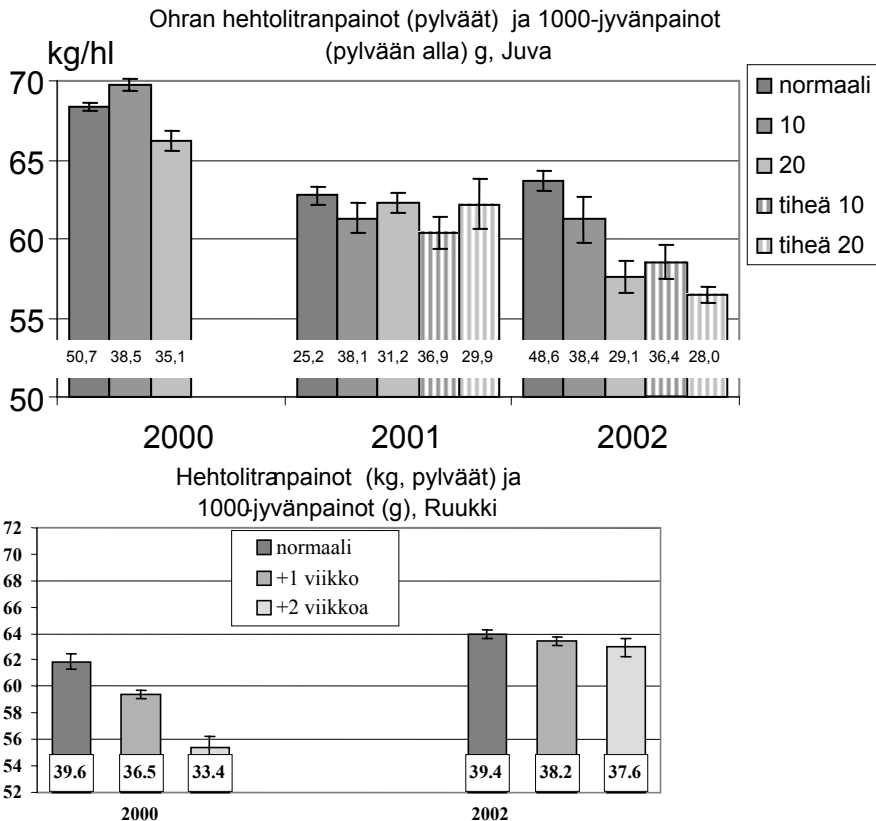


Kuvat 1a ja b. Ohran jyväsato ja jyvien valkuaispitoisuus Juvalla ja Ruukissa. Jyväsadot on ilmoitettu 15 % kosteudessa. Sadon keskihajonta on ilmoitettu viivoina ja valkuaispitoisuus pylvään alalaidassa.

Tuhannen jyvän paino ja hehtolitraino

Filippa-ohra on suurijyväinen lajike, jonka hehtolitraino on 69,4 kg ja tuhannen jyvän paino 52 g. Kylvön myöhästäminen kymmenen päivää kohotti sen tuhannen jyvän ja hehtolitrainoa. Tätä pidempi kylvön viivästäminen pudotti molempien parametrien arvoja selvästi. Kymmenen päivän myöhästys ensimmäisestä kylvöstä pudotti siis tähtäkokoja tai tähtätiheyttä, sillä 750 kiloa pienempi jyväsato koostui painavammista jyvästä, joita oli muodostunut lukumäärältään vähemmän.

Saanan hehtolitra- ja tuhannenyvän painot ovat lajikekokeissa olleet 68,4 kg ja 48,4 g. Saanan tuhannen jyvän ja hehtolitraino putosivat kylvöä myöhästettäessä selvästi vain vuoden 2002 kylvöissä. Artturi-ohran hehtolitraino ja tuhannen jyvän painot putosivat Ruukin kokeessa vuonna 2000 merkittävästi mutta vuonna 2002 vain lievästi kylvön viivästyessä. (Kuva 2).



Kuvat 2a ja b. Ohran hehtolitrainot ja 1000-jyvän painot Juvalla ja Ruukissa. Pystyjanat kuvaavat keskihajontaa.

Tuhannen jyvän paino ja hehtolitraino ($r=0,693$ ja $0,633$) olivat ne sato-komponentit, jotka korreloivat voimakkaimmin jyväsadon suuruuteen. Myös kasvuston korkeudella oli positiivinen korrelaatio ($r=0,665$) jyväsatoon.

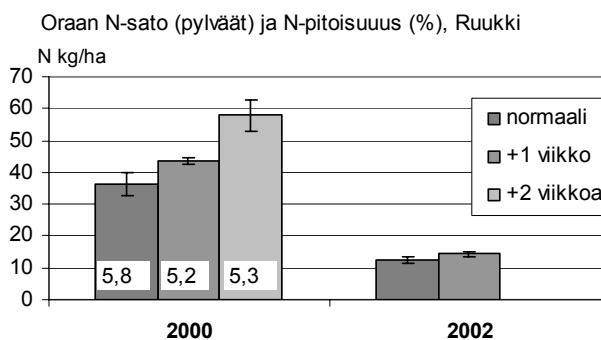
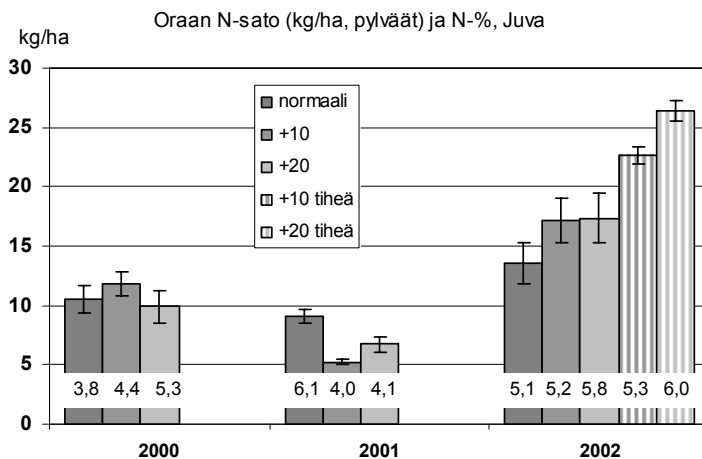
Orasmassa, oraiden typpipitoisuus ja -sato

Kylvön myöhästäminen heikentää teorian mukaan sivuversojen muodostumista, koska lämpenevä ilma ja maa sekä pitenevä päivä nopeuttavat kehitystä. Filippa-ohrassa kylvön myöhästys heikensi pensastumista erittäin merkittävästi. Orasmassa väheni toisessa kylvöksessä vain vajaat 3% mutta kolmannessa kylvöksessä jo yli 33 % ensimmäiseen kylvökseen verrattuna. Saanassa orasmassan määrä vaihteli eri tavalla eri vuosina. Vuoden 2002 kokeessa keskimääräinen kylvöaika tuotti suuremman orasmassan kuin varhaisin ja myöhäisin.

Oraisiin ennen korsiintumisvaiheen alkua pidättynyt typpimäärä vaihteli hämmästyttävän paljon eri vuosina. Oraiden typpisato antaa parhaan kuvan oraiden typen saatavuudesta.

Juvalla oraiden typpipitoisuus kohosi Filippa-ohran toisessa kylvöksessä 16% ja kolmannessa 39 % ensimmäiseen kylvökseen verrattuna. Saanassa typpipitoisuus kohosi lievemmin: toisessa kylvöksessä typpipitoisuus oli lähes sama, mutta kolmannessa 14 % korkeampi kuin ensimmäisessä. Filipan oraiden typpisato ensimmäisessä kylvössä oli 10,5 kg/ha. Se lisääntyi toisessa kylvöksessä 11,8 kiloon, mutta väheni 9,9 kiloon kolmannessa kylvöksessä. Saanan oraiden typpisadot vaihtelivat merkittävästi vuosien välillä, mutta selvää trendiä kylvöajan vaikutuksesta ei havaittu. Vuonna 2001 oraissa oli typpeä 5,2 – 9,1 kg/ha mutta seuraavana vuonna 13,5 – 17,4 kg/ha. Kylvömäärän lisäys kasvatti luonnollisesti orasmassaa, joten oraiden typpisadot kasvoivat merkittävästi. Yllättävää oli, ettei oraan typpipitoisuus laskenut, vaikka kylvömäärä lisääntyi (Kuva 3a).

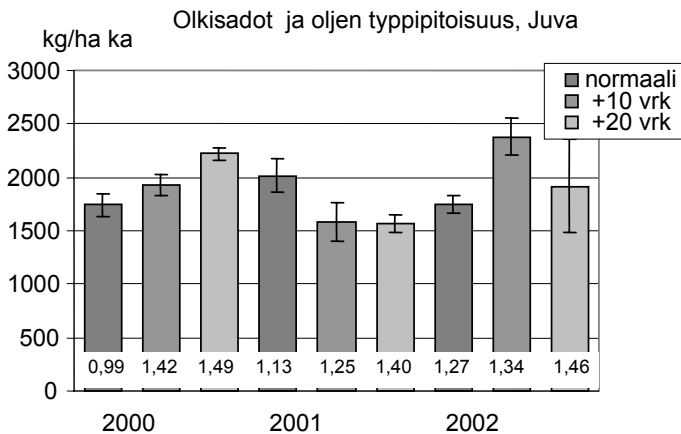
Ruukissa typpisadot olivat raflaavan korkeita ensimmäisenä koevuonna. Olosuhteet olivat suotuisat peittävän kasvuston muodostumiselle, mikä peilautui myös suurina jyväsatoina. Oraan typpisato kasvoi kylvöä myöhästettäessä, mutta oraiden typpipitoisuus laski. Vuonna 2002 ei kolmannen kylvöajan tuloksia saatu, mutta toinen kylvöaika tuotti suuremman typpisadon kuin varhaisin kylvöaika.



Kuvat 3a ja b. Oraiden typpisato ja oraan typpipitoisuus (% ka) Juvalla ja Ruukissa. Pystyviivat kuvaavat keskihajontaa.

Tähkätiheys mitattiin vain vuosina 2001 ja 2002 Juvalla sekä Ruukissa 2002. Tähkätiheydellä ja kylvöajalla ei näyttänyt olevan yhteyttä kummallakaan koepaikalla. Juvan kokeessa ei myöskään havaittu korrelaatiota tähkätiheyden ja jyväsadon välillä. Ruukissa toinen kylvöaika vuonna 2002 lisäsi oraiden pensastumista ja tähkätiheyttä varhaisempaan ja myöhäisempään kylvöaikaan verrattuna.

Kasvuston lehtivihreäpitoisuus mitattiin viiden viikon ajan kerran viikossa korsiintumisen alusta kukintavaiheeseen asti. Kylvön myöhästäminen tummensi kasvuston vihreätä väriä lievästi. Filippa-lajikkeessa lehtivihreäpitoisuus kohosi 11 % kylvöä 10 päivää myöhästettäessä, mutta Saana-lajikkeessa 3 – 9 %. Filipassa myöhäisin kylvö tuotti 13,5 % tummemman kasvuston kuin ensimmäinen kylvö. Myöhään kylvettyjen kasvustojen lehtivihreä tuhoutui lehtilaikkutautisaastunnan myötä suhteessa aikaisemmin kuin normaaliaikaan kylvetyssä.



Kuva 4. Olkisato ja oljen typpipitoisuus (pylväiden alla, % ka) Juvalla.

Ohran oljen typpipitoisuus kohosi suoraviivaisesti kylvöä myöhästettäessä. Typpipitoisuus lisääntyi sarjassa 1,13% - 1,33% - 1,45% ensimmäisestä kylvöksestä alkaen (Kuva 4). Ohra ei myöhemmin kylvettynä pystynyt siirtämään merkittävää osaa kasvuston typpivaroista täytyviin jyviin. Saana ja Filippa ovat kasvuajaltaan suhteellisen myöhäisiä lajikkeita, jotka ilmeisesti alkoivat pakkotuleentua myöhästetyissä kylvöissä. Syinä olkien typpipitoisuuden kasvuun voivat olla myös kasvustoon iskeneet lehtilaikkutaudit, jotka estivät yhteyttämistuotteiden siirtymisen jyviin, sekä kylvön myöhästämisen aiheuttama jälkiversonta. Juvan kokeessa olkisadon määrä kohosi, vuotta 2001 lukuunottamatta, kylvöä myöhästettäessä. Näin ollen myös oljen typpisato kohosi.

Aluskasvien vaikutus ohran satopotentiaaliin ja vihantakauran satoon seuraavana kasvukautena

Odotetusti ohran alle kylvetyt pyydyskasvinurmet eivät vaikuttaneet ohran sadonmuodostukseen. Pyydyskasvinurmiin muodostuneen kasvuston massa luonnollisesti aleni kylvöä myöhästettäessä.

Ohravuoden jälkeen kylvettiin vihantakaura, josta sato korjattiin kauran tultua röyhylle. Vihantakaura tuotti parhaat sadot Filippa-ohran alla kasvanneiden raiheinä- ja valkoapila-raiheinänurmien jälkeen. Kuiva-ainesadot olivat n. 5400 kg/ha. Ilman aluskasvia vihantakauran sadoksi jäi vajaat 5020 kg/ha. Vuonna 2002 vihantakauran sadot jäivät vaatimattomimmiksi. Saana-ohran alla kasvanneet pyydyskasvinurmet tuottivat keskimäärin kahden tonnin kuiva-ainesadon. Paras sato saatiin valkoapila-raiheinäseoksesta, 2050 kg/ha. Aluskasvittoman ohran jälkeen vihantakaurasato oli 1940 kg/ha. Kolmannessa kokeessa paras vihantakauran sato saatiin ilman aluskasvia viljellyn

ohran jälkeen.

Vihantakauran valkuaispitoisuus ja kasvuston korkeus olivat ensimmäisessä kokeessa parhaimpia niissä ruuduissa, joissa oli kasvanut aluskasvinurmi. Toisessa kokeessa ei eroja ollut kasvuston korkeudessa eikä valkuaisessa. Kolmannessa kokeessa aluskasvittoman ohran jälkeen viljellyn vihantakauran valkuaispitoisuus oli suurin ja kasvusto pisintä.

Maan typpitilanne

Kylvöajan vaikutusta toukokuun maan liukoisen typen määrään tutkittiin Ruukin koesarjassa. Ruukissa pintamaan liukoinen typpi ei lisääntynyt merkittävästi, kun kylvöä viivästettiin viikon jaksoissa. Ensimmäisen kylvön aikaan ylimmässä 30 cm maakerroksessa typpeä oli 32,1 kg/ha, viikkoa myöhemmin 35,8 kg ja kaksi viikkoa myöhemmin 34,9 kg/ha. Pohjamaan liukoisen typen määrä sitä vastoin reagoi voimakkaasti kylvön viivästykseen. Molempina vuosina kylvöä myöhästettäessä typen määrä ensin lisääntyi voimakkaasti, mutta putosi viimeisen kylvöön päästyä taas entistä alemmaksi. Keskimääräiset liukoisen typen määrät pohjamaassa eri kylvöaikoina olivat 13,8, 17 ja 12,3 kg/ha. Liukoisen typen vaihtelu pohjamaassa liittyy varmaankin mikrobihajotuksen ja mikrobipopulaation erilaiseen ajoittumiseen maan lämmitessä. Alkuvaiheessa hajotustoiminta tuottaa maanesteeseen typpeä, mutta mikrobien aineenvaihdunta ja lisääntyminen on vielä heikkoa. Kolmanteen kylvöaikaan tultaessa mikrobipopulaatio on jo ehtinyt pidättää typpeä omaan biomassaansa. Mielenkiintoista on se, että sama rytmi toistui myös pintamaassa, mutta hyvin heikkona.

Juvan kokeessa tutkittiin puolestaan kylvöajan vaikutusta maan typpitilanteeseen ohran kukkimisaikaan. Maan liukoisen typen määrä ei vaihdellut kylvöaikojen eikä aluskasvien vaikutuksesta.

Yhteenveto

Kylvön siirtäminen normaalia myöhemmäksi näyttää näiden tulosten valossa epävarmalta strategialta. Kylvöpäivän myöhästäminen maalajin ja kevätkos-teuden sallimissa rajoissa olisi eduksi mm. siemenrikkakasvien torjuntaa ajatellen, mutta viikon puolentoista myöhästyksellä on riskinsä, kuten tutkimuksen tulokset osoittavat. Kompensaatio, eli kylvötiheyden lisääminen viidenneksellä, kun kylvöpäivää myöhästettiin kymmenellä päivällä ei parantanut satotasoa merkittävästi, mutta pienensi jyväkokoa.

Juvalla ensimmäinen kylvö toteutettiin arviolta kaksi – kolme viikkoa roudan sulamisen jälkeen. Hieman etelämpänä olevan Karilan tutkimusasemalla routa sulaa yleensä vapun aikaan, mutta kyseisinä vuosina noin 16 - 24 vrk ennen Juvan ensimmäistä kylvöä. Ilmeisesti Simojoen nyrkkisääntö parhaista sadoista, kun kylvetään kaksi viikkoa roudan sulamisesta, pätee myös eteläsavolaisessa luomuviljelyssä – riippumatta siitä, mikä esikasvi ohraa on edeltänyt.

Kylvön myöhästämisessä jyväsadon kannalta suurin riski ei ehkä sittenkään ole korsiintumisvaiheen aikana muodostuvien tähkäaihioiden koon pieneneminen ja tähkätiheyden lasku, vaan aikaisin lehvästöön iskevät lehtilaikkutaudit, jotka ehtivät tuhota myöhään kylvettyjen kasvustojen yhteyttämiskyvyn liian aikaisin. Heikentynyt yhteyttämiskyky alentaa jyväsadon laatua, alentamalla hehtolitrapainoa ja tuhannen jyvän painoa. Niin kauan kuin luomuviljelyyn ei ole käytettävissä tehokkaita peittauskäsittelyjä, varmin strategia on kylvää suhteellisen aikaisin, kuitenkin niin ettei maan huokostilaa heikennetä. Johtopäätöksenä toteamme, ettei tyyppien heikko saatavuus ollut merkittävin luomuohran satoa rajoittava tekijä, vaan lehtilaikkutaudit.

Kaiken kaikkiaan ei kylvön myöhästämisellä saatu tehostettua viherlannoituksesta peräisin olevan tyyppien hyväksikäyttöä ohran jyväsatoon. Jyvissä korjattu tyyppisato laski kylvöä myöhästettäessä Etelä-Savon kokeissa joka vuosi. Pohjois-Pohjanmaalla jyvien tyyppisadot laskivat, paitsi vuonna 2002, jolloin paras sato saavutettiin viikon verran kylvöä myöhästettäessä. Oljen tyyppisato puolestaan kohosi, kun kylvöä siirrettiin myöhäisemmäksi. Käytetyt ohralajikkeet vaativat suhteellisen pitkää kasvuaikaa, joten ne alkoivat pakkotuleentua ennen kuin oljissa olleet tyyppipitoiset yhteyttämistuotteet olivat ehtineet siirtyä jyviin.

Myöhäisempi kylvöaika sopinee mm. kokoviljasäilörehulle, jossa tavoitteena on korkea valkuaispitoisuus ja valkuaispitoisuus. Kylvön myöhästäminen johti jyvien valkuaispitoisuuden kohoamiseen, mutta jyvien valkuaispitoisuuden laskuun. Koko kasvuston valkuaispitoisuus todennäköisesti pysyy ennallaan, koska olkimassaan pidättynyt tyyppimäärä pyrki lisääntymään kylvöä myöhästettäessä.

Aluskasvit eivät vaikuttaneet päällysviljan satoon. Niiden käyttöä kannattaa harkita, erityisesti jos peräkkäin on kaksi viljakasvustoa. Aluskasvit keräävät talteen tyyppiä viljan puinnin jälkeen syksyllä.

Lietelantana annettavan lisätyn vaikutus viherlannoitettuun luomuohraan

Kristian Forsman

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, 92400 Ruukki, kristian.forsman@mtt.fi

Tiivistelmä

Lietteen levitys aikaisin keväällä aiheuttaa helposti maan tiivistymistä. Tästä syystä lietteen letkulevitys viljan oraille vaikuttaa maan rakennetta säästävältä ratkaisulta. Mutta miten tehokkaasti keväällä annettu lisätyn viherlannoitetun ohran satoa? Edistääkö lietteen helppoliukoinen tyyppi ohran satokomponenttien muodostumista keväällä, jos perinteisellä tavalla kynnetyn viherlannoituksen tyyppi vapautuu liian myöhään? Tätä tutkittiin kenttäkokeiden avulla Ruukissa.

Kokeet sijaitsivat multamaalla. Esikasvina oli virna-kaura, jonka kuiva-ainesadosta vajaat 30 % oli virnaa. Ohran kylvön yhteydessä tai kylvön jälkeen oraille levitettiin nautanlietettä 10, 20, 30 tai 40 tonnia/ha. Valitettavasti maan runsas luontainen typen mineraloituminen häytti koeasetelmaa. Ilman lietettäkin, tai jopa ilman minkäänlaista lannoitusta, satotasot olivat korkeat vuosina 2000 ja 2002. Vuonna 2001 lietteen vaikutus oli suuri, kun satotaso jäi muuten märkyyden takia alhaiseksi. Lietteen levitysajankohtien välillä ei löydetty eroa paitsi, että kevätlevityksessä ohran hehtolitrainpaine nousee korkeammaksi kuin oraslevityksessä.

Tulosten mukaan viherlannoituksen kanssa kannattaa antaa 20 tonnia lietettä hehtaarille, tai kun viherlannoitusta ei käytetä, 30 tonnia. Viherlannoituksen teho vaihteli vuosittain, mutta viherlannoitus vaikutti ilmeisesti satoa lisäävästi sekä lisääntyneen typpilannoituksen että parantuneen maan rakenteen kautta.

Johdanto

Karjanlannan kustannustehokas ja ympäristöystävällinen käyttö on viljelijän kannalta vähintäänkin haastava asia. Lannankäsittelyn kustannukset ovat useissa tapauksissa suuremmat kuin lannan sisältämien ravinteiden arvo (Haataja 1998). Luomussa ravinnetarpeen korvaaminen ostolannoitteilla on hankalaa ja kallista, joten luonnonmukainen viljely on karjanlannalle luonteva sijoituskohte. Karjanlannan vastaanotto tilan ulkopuolelta on luomussa tavanomaista suhteellisesti kannattavampaa, samoin kuin karjanlannan käsittelyn optimointi parhaan ravinteiden hyötysuhteen saavuttamiseksi.

Karjanlantaa on saatavilla komposti-, kuivike- ja lietelantana. Kevätviljat ja ohra tarvitsevat kiivaan kasvurytminsä vuoksi suhteellisen runsaasti liukoista tyyppiä heti kasvukauden alkuun, joten lietelanta on omiaan tähän tarkoitukseen. Muiden lantojen liukoisen tyypin pitoisuudet ovat alhaisempia. Lannan käsittely lietteenä on yleisempää tilakoon kasvaessa, joten lantaa on tässä muodossa myös eniten saatavilla.

Pääsääntöisesti (liete)lantaa levitetään kolmena ajankohtana: syksyllä ennen syysmuokkauksia, keväällä ennen kasvukauden (=kylvöjen) alkua tai kesällä kasvustoon. Yleisin ajankohta lienee kevätlevytys, mutta syyslevitystäkin käytetään huomattavassa määrin (Kapuinen 1999). Kasvustoon levitystä hyödynnetään lisääntyvässä määrin.

Syyslevitys on ravinteiden käytön kannalta ongelmallisin vaihtoehto, koska talven yli maahan jäävä liukoinen tyyppi on huuhtoutumiselle erittäin altista (Turtola & Kemppainen 1998). Myös tyypen haihtuminen levityksen jälkeen voi olla suurta viileästä syksyisestä säästä huolimatta (Uusi-Kämpä ym. 2002). Lannan sisältämästä liukoisesta tyypestä arvioidaan seuraavalla kasvukaudella olevan kasvustolle käyttökelpoista ainoastaan 50% (Kemppainen 1992, MMM 2000). Myöhään, jo jäähtyneeseen maahan levitetty liete on tosin antanut hyviä satotuloksia (Kemppainen 1985, Joki-Tokola ym. 2002a). Joka tapauksessa syksyllä levitetyn lannan käyttöarvoa on vaikea ennustaa, koska se on riippuvainen sääoloista, etenkin sademäärästä.

Kevät- ja kesälevityksen teho riippuu ennen kaikkea lietelannan tyypen haihtumisesta. Tyypen karkaaminen heikentää lannan käyttöarvoa. Lisäksi ammoniakilla on ekosysteemejä rehevöittävä ja happamoittavaa vaikutusta. Lietelannan multaus heti levityksen jälkeen tai maahan sijoittaminen vähentää tai estää kokonaan ammoniakkin haihtumisen. Tällöin lietelannan liukoisen tyypen katsotaan olevan väkilannoitetyypen veroista (Kemppainen 1992). Ympäristötukiohjeet määrittelevät keväällä tai muuten kasvukaudella annetun karjanlannan liukoisen tyypen väkilannoitetyypen veroiseksi ja siten täysimääräisesti kasvuston käytettävissä olevaksi (MMM 2000). Orasvaiheen levityksessä ei lietettä käytännössä pystytä multaamaan, mutta ammoniakkin haihtuminen ja tyypitappiot ovat tässä vaiheessa suhteellisesti pienemmät, sillä pienikin oras vähentää maanpinnan ilmapvirtauksia (Joki-Tokola ym. 2002b).

Käytännössä karjanlannan tyyppi ei kuitenkaan ole väkilannoitetyypen veroista. Lanta joudutaan yleensä antamaan pintalannoituksena kun taas väkilannoitteilla pystytään hyödyntämään sijoituslannoituksen edut. Tavanomaisessa viljelyssä starttityypen käyttö onkin antanut kevätiljoilla hyviä tuloksia (Kemppainen 1992, Joki-Tokola ym. 2002a, Kapuinen & Tyynelä 2004).

Erilaisia lietalannan sijoitusvantaita on pyritty hyödyntämään levityksessä (Takala 1984, Kempainen 1985, Kapuinen 1999, Kapuinen & Tyynelä 2004). Sijoittaminen ehkäisee ammoniakkin haihtumisen (Joki-Tokola ym. 1998), mutta pieni työsaavutus ja suuri vetotehon tarve sekä näistä seuraava mahdollinen maan tiivistymisriski estänevät menetelmän laajan käyttöönoton lähitulevaisuudessa. Pieni työsaavutus johtaa keväisin myös suureen ajallisuuskustannukseen, mikäli lannanlevityksen takia myöhästyään optimikylvöajasta. Kylvöajankohdan merkitys on saatu selville tämän hankkeen ansiosta myös luomuohralla (ks. artikkeli ”Viherlannoitustypen käyttökelpoisuus suhteessa ohran kylvöaikaan”, Väisänen ym.).

Lannan kasvustoon levitystä puoltaa kevätlevityksen suurempi tiivistymisriski sekä kiihkeimmän työhuipun ohittuminen. Toisaalta kasvustoon levitys aiheuttaa tallaustappioita. Kevätviljoilla tallaustappiot ovat sitä suuremmat mitä myöhempään levitys tehdään (eli mitä suuremmaksi oras on ennen käsittelyä ehtinyt kasvaa) (Kempainen 1985, Kapuinen & Tyynelä 2004). Oraalle levitystä ovat Suomessa tutkineet Takala (1984), Kempainen (1985), Joki-Tokola ym. (2002a) sekä Kapuinen & Tyynelä (2004). Tulokset osoittavat ajankohdan sopivan lietteen levitykseen, vaikka aivan ennen kylvöä suoritettaviin levityksen tehoihin ei olekaan päästy. Tähän vaikuttavat tallaustappiot sekä multaamismahdollisuuden estyminen. Lisäksi kevätiljat tarvitsevat liukoista tyyppiä alkukasvukaudella niin paljon, että oraslevityksen mukana tuleva tyyppi on myöhässä. Mitä myöhempään kasvustoon levitys tehdään, sitä huonommat ovat olleet satotulokset (Kempainen 1985, Kapuinen & Tyynelä 2004). Käytännössä levitys pyritään tekemään oraan 2-3-lehtiasteella, kun oras on noin 15 cm pitkä, mutta levitystä on kokeiltu myös 3-4-lehtiasteella. (Kapuinen 1999, Kapuinen & Tyynelä 2004).

Lietteen pinalannoitusmenetelmät voidaan jakaa hajalevitykseen, jossa liete pumpataan hajotuslautasen kautta maahan, sekä letkulevitykseen, jossa liete johdetaan letkujen kautta maahan. Letkulevitys on osoittautunut varsinkin oraslevitykseen hyvin soveltuvaksi menetelmäksi (Kapuinen 1999). Letkulevityksen levitystasaisuus on käytännössä huomattavasti hajalevitystä parempi (Kapuinen & Tyynelä 2004) ja lisäksi lietalannan ammoniakkin haihtuminen on pienemmän haihtumispinta-alan takia hajalevitystä vähäisempää (Joki-Tokola ym. 1998). Lisäksi lietteen multaaminen letkulevityksen jälkeen ennen kylvöä tehdyissä levityksissä on helpompaa (Kapuinen 1999).

Tämän koesarjan tarkoituksena oli selvittää lietalannan käyttöä yhdessä viherlannoituksen kanssa luomuohralla, sillä pelkän viherlannoitustypen varassa ohran satotaso uhkaa jäädä usein liian matalaksi (Luomuviljan tuotanto 2000). Tutkimuskohteiksi valittiin sekä lietalannan levitysajankohta että sen määrä. Levitysajankohtina tutkittiin lannoitusvuonna tapahtuvaa lietalan-

nan käyttöä syyslevityksen väistämättä huonon tyyppitaseen vuoksi. Levitys suoritettiin joko keväällä ennen kylvöä, jolloin liete myös mullattiin maahan, tai oraan 2-3-lehtiasteella pintaan levitettynä.

Aineisto ja menetelmät

Ruukin kokeet perustettiin tutkimusaseman luomulohkolle. Peruslohko pysyi samana koko koesarjan ajan, mutta viljelykiertovaatimusten vuoksi kokeen paikka lohkon sisällä vaihteli joka vuosi. Lohko oli hienoa hietamaata, mutta maan humuspitoisuus vaihteli lohkon sisällä merkittävästi. Ensimmäisenä vuonna koe perustettiin erittäin runsasmultaiselle HHT-maalle, toisena vuonna maalaji oli rmHHT (hehikutushäviönä mitattu humuspitoisuus 9,4%) ja viimeisenä vuonna erm-maalle (humuspitoisuus 18,6 %), mikä käytännössä vastasi multamaata. Kokeiden viljavuusluvut olivat kauttaaltaan hyvät (Taulukko 1), joskin kaliluvut muita ravinteita suhteellisesti alhaisemmat (luokassa välttävä).

Taulukko 1. Koepaikkojen viljavuustiedot (mg/l)

Ruukki	pH	P	K	Mg	Ca
2000	6,2	15	70	165	2450
2001	6,7	22	88	151	2210
2002	6,4	16	57	151	2170

Ruukin kokeet kylvettiin luomukokeissa hyvin menestyneellä Botnia-lajikkeella, joka oli peitattu Cedomon-valmisteella (*Pseudomonas chlororaphis* – bakteeri, BioAgri AB). Koemallina oli neljän toiston osaruutukoe, jossa pääruututekijänä oli lietalannan levitys joko keväällä kylvön yhteydessä mullattuna tai orasvaiheessa pintaan annettuna. Osaruututekijöinä oli lietalannan määrä (0, 10, 20, 30 ja 40 tonniaaudan lietalantaa hehtaarille) sekä vuosina 2001-02 myös koejäsen, joka perustettiin ilman edellisvuotista viherlannoitusta. Muutoin kaikki koejäsenet saivat lannoitukseen yksivuotisen vironvilja-viherlannoksen. Viherlannoitus toteutettiin siten, että ohraa edeltävän vuoden keväänä oli kylvetty rehuvirnaa (75 kg/ha, Lolita-lajike) Veli-kauran kanssa (40 kg/ha). Ensimmäisenä vuonna viherlannoituksena oli ohra-virnaodelma. Viherlannoittamatonta verrannetta varten kylvettiin kauraruutuja ilman lannoitusta. Kaurasato korjattiin olkineen kasvukauden jälkeen pois, jotta oljen maatumisen seuraavana vuonna ei sitoisi maan tyyppivaroja.

Lietelanta kokeisiin otettiin tutkimusaseman omasta, katetusta lietealtaasta. Lietelannan matalien ravinnearvojen (Taulukko 2) syynä on suuri pesuvesien määrän. Lietettä sekoitettiin voimakkaasti sekä altaassa että vaunussa. Lietevaunusta lantaa laskettiin kontteihin, joista otettiin ruutukohtaisesti oikea määrä lietettä saaveihin. Ruuduilla lietteet levitettiin käsin kastelukannujen avulla. Keväällä ennen kylvöä annettu liete pyrittiin multaamaan S-piikkiäkeellä niin nopeasti kuin mahdollista. Oraslevitys suoritettiin kasvus-

ton 2-3-lehtivaiheessa (Taulukko 3). Lietelannan mukana tuli maksimissaan (40 lietekuution kera) kasveille käyttökelpoisia pääravinteita N-P-K (kg/ha) vuosittain seuraavasti: vuonna 2000 84-22-120, vuonna 2001 68-17-100 ja vuonna 2002 32-4,2-56.

Taulukko 2. Kokeissa käytettyjen lietteiden kuiva-ainepitoisuudet (ka, %) sekä ravinnepitoisuudet (kg/m³)

	ka	Nliuk	Nkok	P [#]	K	Mg	Ca
2000							
kevät	6,3	2,1	3,5	0,74	3,0	0,46	0,84
oras	6,4	2,0	3,3	0,74	2,9	0,46	0,80
2001							
kevät	5,8	1,7	2,9	0,56	2,5		
oras	4,7	1,6	2,6	0,48	2,3		
2002							
kevät	1,0	0,8	1,2	0,08	1,4		
oras	1,4	0,8	1,3	0,14	1,3		

[#] Kasveille käyttökelpoisen fosforin määräksi katsotaan 75 % tässä ilmoituksesta luvusta

Taulukko 3. Karjanlantakoetta koskevia päivämääriä Ruukissa eri vuosina

	Viherlannoitteen maahanmuokkaus ja liukoisen typen määräyty	Kevään liukoisen typen määräyty	Lietteen kevätlevyty ja kylvä	Oras-tuminen	Lietteen orasle-vity	Puinti	Jäännösty-pen määräyty
2000		23.-24.5.	25.5.	2.6.	15.6.	5.9.	6.-9.10.
2001	1.-2.11.2000	24.5.	30.5.	9.6.	29.6.	12.9.	14.-17.9.
2002	30.-31.10.2001	29.-30.5.	3.6.	9.6.	19.6.	11.9.	20.-23.9.

Kokeet hoidettiin ja havainnoitiin normaalin käytännön mukaan. Muita kasvinsuojelutoimenpiteitä kuin peittäus ei suoritettu. Sadon määrän lisäksi satonäytteistä analysoitiin hehtolitrapaino, tuhannen siemenen paino sekä valkuaispitoisuus. Maan liukoisen typen pitoisuus määritettiin nitraatti- ja ammoniumtypen summana ruuduittain kahdelta syvyydeltä (0-30 ja 30-60 cm) kolme kertaa kierron aikana. Ensimmäinen mittaus tapahtui viherlannoituskasvuston maahanmuokkauksen yhteydessä syksyllä, toinen mittaus oli ennen ohran kylvää keväällä ja kolmas kerta jäännöstypen mittaamiseksi puinnin jälkeen syksyllä (Taulukko 3). Ensimmäisessä kokeessa mitattiin maan liukoinen tyyppi vain ohravuonna.

Viherlannoitusmassan määrä havainnoitiin ottamalla syksyllä kasvustosta ns. kehikonäytteet ennen viherlannoituksen maahanmuokkausta. Näytteenotto-ajankohdaksi muodostui 11.-12.10. Sekä maanpäällinen että maanalainen biomassa mitattiin 50 x 50 cm alalta ruudun kummastakin päästä. Vihermassa otettiin talteen, punnittiin ja siitä otettiin näyte kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi. Tuoremassasta otettiin tämän jälkeen kokoomanäyte, josta

tehtiin botaaninen analyysi, jossa vihermassa fraktioitiin jaolla tyypeä sitova kasvi (=virna) – tukikasvi (=kaura) – muut (=riikat). Vuoden 1999 viherlannoituksesta ei ole tiedossa kuin satotiedot. Vuonna 2000 maanpäällinen massa analysoitiin ruuduittain ja maanalainen biomassan määrittäminen oli kokoomanäytteenä. Vuonna 2001 vihermassa määritettiin kokoomanäytteistä.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Viherlannoitusmassan määrä

Ensimmäisen koevuoden viherlannoitusmassan suuruudesta ei ole tietoa, mutta lohkolta kasvoi lietelannalla lannoitettu (50 kiloa liukoista tyypeä hehtaarille) ohra-rehuvirna-seoskasvusto, joka korjattiin 2.8. kokoviljasäilörehuna. Kokoviljasäilörehun määrä oli noin 3000 kg ka/ha, josta vajaa 30 % oli virnaa. Tämän korjuun jälkeinen odelma toimi ensimmäisenä koevuoden viherlannoituksena.

Vuoden 2000 syksyllä viherlannoitusmassaa seoskasvustossa oli 7400 kg ka/ha. Pelkkää kauraa kasvavilla ruuduilla kuiva-ainesato oli suurempi (8200 kg ka/ha), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Huolimatta siitä, että mahdollisimman hyvän viherlannoitusvaikutuksen saavuttamiseksi virna-kaura-ruudut pyrittiin saamaan mahdollisimman virnavaltaisiksi, oli virnan osuus seoskasvustojen maanpäällisestä kokonaisbiomassasta vain 28 %. Kauraruuduilla oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän rikkoja, mutta rikkojen määrä oli pieni (170 kg ka/ha) ilmeisesti pääkasvin hyvästä kilpailukyvyistä (=sadosta) johtuen. Kokonaiskuiva-ainesadosta rikat muodostivat seosruuduilla 1,2 % ja kauraruuduilla 2,1 %. Maanalaiseksi biomassaksi saatiin vain 330 kg ka/ha, josta virnan juuria ainoastaan 4 %.

Vuosi 2001 oli alkukasvukaudeltaan sateinen mikä häiritsi myös viherlannoituskasvustojen kehittymistä. Lisäksi sateet ilmeisesti huuhtoivat maassa olevaa liukoista tyypeä pois, sillä pelkkien kauraruutujen kokonaiskuiva-ainesato jäi 3100 kiloon hehtaarilla. Huonon kilpailukyvyyn (=sadon) vuoksi rikkojen määrä tästä oli 18 %. Seoskasvustot osoittautuivat epäedullisissa oloissa viljelyvarmemmiksi ja niiden kuiva-ainesato oli sama kuin edellisvuonna (7400 kg ka/ha). Virnan osuus jäi kuitenkin tässäkin alhaiseksi (27 %) ja rikkojen osuus oli edellisvuotta korkeampi (6 %). Maanalaiseksi sadoksi määritettiin seoskasvustoissa 730 kg ka/ha ja kaurakasvustossa 2200 kg ka/ha. Juolavehnan juurien osuus oli tästä noin kolmannes.

Sato ja sadon laatu

Vuosittainen satovaihtelu koesarjassa oli suurta (Liite 1). Vuodet 2000 ja

2002 vastasivat satotasoiltaan tarkasti toisiaan (keskisato 5242 ja 5313 kg/ha vuosina 2000 ja 2002), mutta jonkin verran eroja on havaittavissa sadon laatua koskevista tunnusluvuista (Liite 1). Vuoden 2001 kokeessa sen sijaan sekä sadon määrä (sato keskimäärin 2074 kg/ha) että kasvuston tyypin otto jäi merkittävästi muita vuosia heikommaksi. Erot ovat selitettävissä sääoloilla. Vuodet 2000 ja 2002 olivat sääoloiltaan Pohjois-Pohjanmaalla viljelyn kannalta erinomaiset. Varsinkin lämmin keskikesä oli ominaista kummallekin kasvukaudelle. Lisäksi sateita tuli otollisesti. Sen sijaan vuonna 2001 kasvustot kärsivät alkukesän voimakkaista sateista. Ohra on tunnetusti altis märkyypden aiheuttamille vioituksille orasvaiheessa, ja vuonna 2001 kesäkuun 4.-14. päivän välinen sademäärä oli yli 80 mm. Tämän seurauksena ohran orastuminen sekä oraiden elinvoima heikentyi selvästi. Sadon valkuaispitoisuuden perusteella sateet vaikuttivat myös tyypin riittävyteen.

Lietteen levityssajankohdalla ei ollut tulosten perusteella merkitystä sato-tasoon tai sadon tyypipitoisuuteen, eikä siten myöskään sadon ottaman tyypin määrään (Liite 1). Kevätlevitys kuitenkin tuotti hiukan laadukkaampaa satoa, sillä sadon hehtolitrapaino oli keskimäärin 0,5 kiloa painavampaa kuin oraslevityksen jälkeen ($p < 0,01$). Yksittäisinä vuosina ero hehtolitrapainoissa oli merkittävä vuonna 2001. Vuonna 2000 lako on kevätlevitetyillä ruuduilla suurempaa kuin oraslevityksessä. Kevätlevityksessä lisäksi lakoprosentti kasvoi lietemäärää lisättäessä, mitä ei havaittu oraslevityksessä.

Lietelannan käyttömäärä vaikutti eniten vuonna 2001, jolloin satotaso ja sadon ottama tyypimäärä nousivat tasaisesti lannoitusta lisättäessä. Ilman lietelantaa pelkän viherlannoituksen voimalla sato oli keskimäärin 1700 kg/ha kun se 40 tonnin lieteannoksen jälkeen oli 2800 kg/ha. Vuonna 2000 mikään koejäsen ei eronnut toisesta, ja vuonna 2002 oli havaittavissa vain, että 30 tonnia ja sitä suuremmat lietemäärät erosivat ilman lannoitusta kasva-neesta koejäsenestä. Vuoden 2002 alhaisiin käyttömäärän vaatimattomiin vasteisiin on osaltaan saattanut vaikuttaa lietteen laimeus (typpiportaot vain noin 8 kg/ha/10 m³ lietettä).

Sadon tyypipitoisuudet eivät reagoineet käsittelyihin. Vuonna 2000 satotason ohella myös sadon valkuaispitoisuus nousi erittäin korkeaksi, joten on selvää, että kasvustot saivat runsain määrin typpeä koko kasvukauden ajan. Vuonna 2001 näyttää siltä, että sadon tyypipitoisuus laskee satotason nousun myötä, mutta satotaso selittää sadon tyypipitoisuuden vaihtelusta vain pienen osan ($r^2=0,018$).

Viherlannoituksen vaikutus oli melkoisen vaatimaton varsinkin vuonna 2001. Viherlannoituksen avulla satotaso nousi vain 90 kg/ha (+ 5,6 %) ja valkuais-

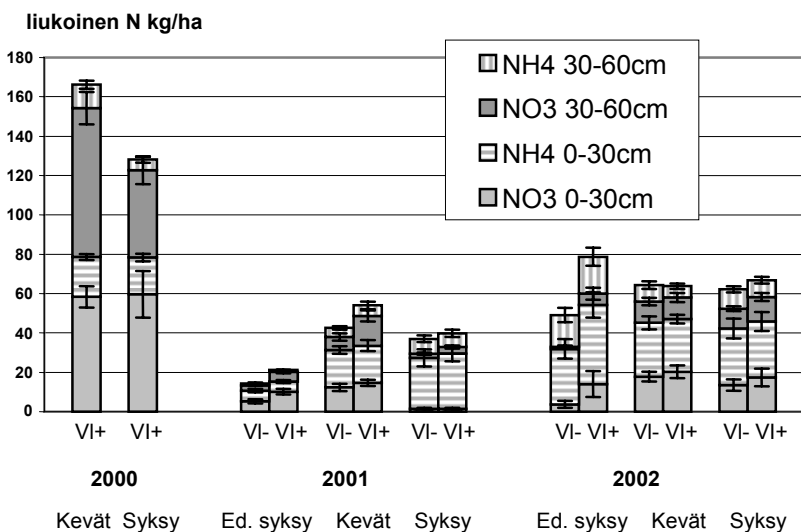
pitoisuus jopa laski ilman viherlannoitusta kasvatettuun koejäseneseen verrattuna. Viherlannoituskasvustot olivat kuitenkin edellisenä vuonna onnistuneet hyvin. Kovat sateet rokottivatkin erityisesti viherlannoituksesta peräisin olevan typen määrää, vaikka tämän typen odottaisi olevan hitaasti pitkin kasvukautta vapautuvaa. Ilmeisesti sateiden myötä typpeä ei ainoastaan huuhtoutunut, vaan viherlannoitustyppeä hävisi myös denitrifikaatiossa. Vuonna 2002 viherlannoitus nosti satoa kummassakin pääruudussa noin 450 kg/ha (+ 9,4 %), mutta typpipitoisuutta vain oraslevityksessä, missä pelkällä viherlannoituksella lannoitetun kasvuston valkuaispitoisuus nousi erittäin korkeaksi samalla kun viherlannoittamattoman kontrollin valkuaispitoisuus jäi alle 10 prosentin. Tämä yhdysvaikutus oli myös tilastollisesti merkitsevä.

Kaikkien vuosien keskiarvona voidaan todeta, että 30 tonnia ja sitä suuremmat lietemäärät hehtaarille nostavat sadon määrää pelkkään viherlannoitukseen verrattuna ($p=0,05$). Kun mukaan tarkasteluun otetaan koejäsen, joka ei saanut lainkaan (edes viher-)lannoitusta, satotaso nousee kun lietemäärä on 20 t/ha tai sitä suurempi ($p=0,05$). Tällaisessa tarkastelussa viherlannoituksen vaikutus vastasi siis 10 tonnia lietettä hehtaarille.

Maan liukoinen typpi

Kuten satotuloksetkin jo antoivat olettaa, maan typpipitoisuuksissakin oli koejäsenten välillä vain vähäisiä eroja. Ainoastaan viherlannoituksen vaikutus on nähtävissä joinain vuosina ja joinain ajankohtina (Kuva 1). Viherlannoituksenkin vaikutus loppui viimeistään jäännöstypen mittauksissa, jolloin mikään koejäsen eronnut merkitsevästi muista. Siten lietelannan sisältämä typpi, jonka määrä vaihteli koesarjassa eri käyttötasolla 0 – 84 kg N/ha liukoisena typpenä ja 0 – 140 kg N/ha kokonaistyppenä (Taulukko 2), ei tullut esiin jäännöstyppimäärän nousuna, vaikka typen poistumat sadon mukana olivat koejäsenten välillä suurin piirtein tasasuuruiset (Taulukko 4).

Viherlannoituksen vaikutus maan tyypeen ilmeni selkeimmin viljavuotta edeltävänä syksynä viherlannoituksen maahanmuokkauksen yhteydessä (Kuva 1). Viherlannoitus nosti lannoitusvuoden syksyllä maan liukoisen typen pitoisuutta 7 kg/ha koesarjan keskimmäisenä vuotena ja 30 kg/ha viimeisenä vuotena. Suhteellinen nousu oli kumpanakin vuonna suurin piirtein samansuuruista (+50 – 60 %). Syksyn 2001 erot olivat seuraavaan kevääseen mennessä jo tasoittuneet yhtä suuriksi, 64 kg/N/ha, mutta vuonna 2001 edellisvuoden viherlannoitus näkyi maan typpipitoisuuksissa vielä viljavuoden keväälläkin. Tällöin maassa oli viherlannoituksen ansiosta 11 kg/ha enemmän typpeä kuin viherlannoittamattomassa kontrollissa.



Kuva 1. Liukoinen typpi (kg/ha) ja sen muoto eri maaprofiileissa viljelykierron eri vaiheissa viherlannoitetuissa koejäsenissä (VI+) tai ilman viherlannoitusta (VI-) Ruukissa 2000-02. Pystysuorat palkit kuvaavat keskihajontaa.

Maan liukoisen typen pitoisuudella ei ollut yhteyttä satotason tai sadon mukana poistuvan typen määrän kanssa. Eroja eri vuosien satojen välillä maan typpi kuitenkin selittää hyvin. Vuoden 2000 korkea satotaso ja erittäin korkea sadon typpipitoisuus on helppo ymmärtää kun kyseisellä lohkolle oli keväällä ennen kylvöä liukoista typpeä maassa keskimäärin 166 kg/ha. Tämä typpi oli lisäksi vielä tasaisesti jakautunut 0–30 ja 30–60 cm syvyydelle, joten on ilmeistä, että 60 sentin alapuolellakin oli typpeä vielä reservissä. Myös vuoden 2002 kasvupaikka oli rehevä, sillä siellä tavattiin korkeita maan typpipitoisuuksia kaikkina ajankohtina. Typen määrä maassa ei muuttunut kasvukauden aikana, vaikka sadon mukana kasvupaikalta poistettiin typpeä keskimäärin 93 kg/ha. Tällä satotasolla olkeen on täytynyt sitoutua typpeä vähintään reilut parikymmentä kiloa. Vuoden 2001 keväällä typpeä oli maassa lähes yhtä paljon kuin vuonna 2002, mutta se ei kuitenkaan realisoitunut sadoissa. On ilmeistä, että kesäkuun kovat sateet aiheuttivat hapenpuutetta maassa ja suuret denitrifikaatiotappiot. Vuonna 2001 syksyllä maan typpi oli hapenpuutteen takia pääasiassa ammoniummuodossa (noin 90% liukoisesta tyypestä). Muutoin ammoniumia oli pääsääntöisesti noin puolet koko liukoisen typen määrästä paitsi vuonna 2000, jolloin liukoinen typpi oli pääosin (75 %) nitraattityppeä.

Yhteenveto

Tulosten perusteella viherlannoituksen kanssa kannattaa käyttää 30 tonnia lietettä hehtaarille. Tämän lisälannoituksen satovaikutus oli koesarjassa

keskimäärin 350 kg/ha/v, mikä oli huomattavasti ennako-odotuksia vähemmän. Lisäsadon myyntiarvo vastanee vain juuri ja juuri levityskustannuksia, mikäli lietteen ajomatka ei ole pitkä (ja mikäli tuotetaan luomuohraa). Poikkeukselliset sää- ja kenttäkoeolosuhteet haittaavat kuitenkin tulosten tulkitsemista. Koelohko oli niin hedelmällinen ja sääet niin lämpimät, että vuosina 2000 ja 2002 maasta luontaisesti vapautuva typpimäärä oli niin suuri, että se peitti lannoitustapojen ja -määrän avulla luodun koasetelman alleen. Lisäksi vuonna 2001, kun maan humuspitoisuus olisi muuten ollut kaikista matalin, ankarat sateet kasvukauden alussa haittasivat huomattavasti kasvuston kehitystä ja aiheuttivat typpitappioita. Lietelannan vaikutus tuli kuitenkin vuonna 2001 ilmi, ja tällöin olisi kannattanut levittää lietettä edellä mainittua suurempiakin määriä. Sateisena keväänä lietteen levitys on tosin käytännössä vaikeaa. Toisaalta on huomattava, että kasvusto reagoi oraslevitykseen vielä hyvin, vaikka kokeessa liete levitettiin vasta aivan kesäkuun lopussa.

Lietelannan antoajankohdalla ei ole vaikutusta sadon määrään. Tämä on jossain määrin yllättävä tulos, sillä kasvin kannalta orasvaiheessa annettu typpilannoitus tulee suhteellisen myöhään. Toisaalta viherlannoitus on saatanut toimia ns. starttilannoitteena. Tulosten perusteella lietelanta kannattaa kuitenkin antaa kevätlevityksenä, sillä sen avulla päästään parempaan sadon laatuun. Ohran hehtolitrapaino nousi kevätlevityksen ansiosta 0,5 kg. Kaiken kaikkiaan ero on pieni, joten viljelijän kannattaa käyttää koko kasvukauden aikainen lannanlevitysaika hyväkseen ja hyödyntää sekä kevät- että oraslevitystä. On kuitenkin huomattava, että tallustappioita ei tässä kokeessa pyritty tutkimaan, joita oraslevityksessä muuten käytännössä tulisi. Toisaalta kevätlevityksessä voivat tiivistymisongelmat olla suuremmat.

Viherlannoituksen hyöty tässä koesarjassa oli melko vaatimaton. Keskimäärin viherlannoituksen käyttö nosti ohran satoa 273 kg/ha (+7,5%) ja sadon typenottoa 11 kg/ha (+14 %). Viherlannoituksen hyväksikäyttö jäi erityisen huonoksi merkänä vuonna 2001. Sen sijaan on hieman yllättävääkin, että vuonna 2002 satotason ollessa muutoinkin hyvin korkea, viherlannoitus nosti sadon määrää vielä edelleen. Nousu ei tosin ollut tilastollisesti merkitsevä tulos, mutta typpisadon lisääntyminen (+21 kg N/ha) oli. Typen poistumassa sadon mukana oli yhdysvaikutusta siten, että oraslevityksessä typenotto nousi selvästi (+38 kg N/ha), mutta kevätlevityksen yhteydessä ei (+3,6 kg N/ha). Satotason nousu viherlannoituksen jälkeen ei ollut siis ainoastaan seurausta kasvuston parantuneesta typen saannista, vaan ilmeisesti satoon vaikutti myös viherlannoituksen yleinen maan rakennetta parantava vaikutus.

Viherlannoitusnurmen muokkaustekniikalla tynpeä ohralle

Jaana Väisänen¹⁾ ja Sanna Kakriainen-Rouhiainen¹⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristön tutkimus, Ekologinen tuotanto, Huttulantie 1, 51900 Juva
sähköpostit etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Muokkaustekniikkakokeessa tavoitteena oli aikaistaa viherlannoitusjätteen tynpen mineraloitumista keväällä, jotta ohralla ei pensastumisvaiheessa olisi tynpen puutetta. Jyväsadon kannalta on kuitenkin lähes yhtä tärkeää se, että ohran kukkimisen aikaan on tynpeä edelleen saatavilla. Lehtialan säilyminen pitkään yhteyttämiskykyisenä nostaa jyvän kokoa.

Etelä-Savon kahdessa muokkaustekniikkakokeessa oli monivuotinen nurmi ohran esikasvina. Ensimmäisessä kokeessa esikasvina oli apilavaltainen (80 %), mutta toisessa maan rakenteen heikkoudesta kärsivä alle 20 % apilaa sisältänyt nurmi. Ensimmäisessä kokeessa keskikesän kuivuus rajoitti kasvua, ja jyväsadot jäivät alle 2500 kg/ha. Toisessa kokeessa satoennuste oli huono, joten alle tonnin jääneet jyväsadot eivät yllättäneet.

Molemmissa kokeissa parhaat ohrasadot saatiin, kun esikasvinurmi kultivoitiin ensimmäisen niiton jälkeen, heinäkuu kesannoitiin ja elokuussa pyydyskasviksi kylvettiin ohra-italianraiheinäseos, joka kynnettiin myöhään. Nurmen esihajotus tarjosi ohralle riittävästi ravinteita sekä kasvukauden alussa että kukkimisaikaan, sillä sekä sadot että hehtolitrin- ja tuhannenjyvän painot muodostuivat suuremmiksi kuin muissa muokausvaihtoehdoissa. Tekniikalla saatiin torjuttua myös juolavehänä ja valvatti.

Syyskuun alussa toteutettu nurmen ”sänkimuokkaus” pari kertaa kultivoimalla torjui tehokkaasti juolavehnan ja valvatin, mutta jätti ohrasadon heikkoksi. Nurmen kynnön jättäminen loppusyksyyn tai kevääseen myöhästyi tynpen vapautumista esikasvinurmesta.

Johdanto

Ohran jyvä- ja tähkäaihiot muodostuvat lyhyen erilaistumisjakson aikana alkukesällä korsiintumisvaiheen alkaessa. Koska ohran kasvuaika on lyhyempi kuin muiden kevätiljosten, sen työntarve pää- ja sivuversojen tähkäaihioiden muodostamiseen on suhteessa suurempi kuin muiden viljojen. Hyvän jyväsadon edellytyksenä on kuitenkin myös se, että kasvusto kehittyy lehteväksi ja kykenee yhteyttämään tehokkaasti aina tuleentumisvaiheeseen saakka. Kukinta-ajan lehtivihreäpitoisuudella on tiivis positiivinen korrelaatio muodostuvan jyväsadon suuruuteen. Koska viherlannoituksen kasvijätteestä typpi vapautuu hitaasti, sen määrä maassa ei ehdi vaikuttamaan tähkä- ja jyvälukujen määräytymiseen.

Typen vapautumisen ajoittamiseen ohran suurimpaan tarpeeseen ei ole enustemalleja. Eloperäisen typen vapautumiseen vaikuttavat kasvijätteen laatu ja määrä, edellisen talven ja kuluvan kevään sääolot sekä maan biologinen aktiivisuus. Orgaanisesta aineksesta mineralisoituva typpi on ohrakasvuston käytettävissä yleensä liian myöhään, jotta sillä olisi vaikutusta sivuversojen lisääntymiseen ja niistä muodostuvien tähkien osuuteen sadosta. Niinpä viherlannoitus lisää tyypillisesti jyvien painoa, mutta ei jyvämäärää (Peltonen-Sainio ym. 1997)

Nurmen lopettamiskokeessa haettiin keinoja nopeuttaa nurmijätteestä vapautuvan typen hajoamista ohrakasvuston käytettäväksi. Toisaalta tavoitteena oli vähentää mahdollisimman tehokkaasti kestorikkakasvien määrää. Kahden sadonkorjuun jälkeisen kynnön vaihtoehtona kokeiltiin lopetuskäsittelyjä, joissa lopetettava nurmi sänkimuokattiin ennen kyntöä.

Aineisto ja menetelmät

Kenttäkokeet

Kokeet tehtiin vuosina 2000-2003. Koepaikat sijaitsivat erilaisilla maala-jeilla; Juvalla vuonna 2000 muokkauskerroksen maalaji oli hietamoreeni ja Mikkelissä vuonna 2002 karkea hieta. Kenttäkoe perustettiin kolmannen vuoden apilanurmeen (perustamisvuotta ei huomioitu). Koe koostui viidestä eri käsittelystä Juvalla ja Mikkelissä. Kerranteita oli kaikissa kokeissa neljä. Kokeiden aloitusvuosina 2000 ja 2002 apilanurmi lopetettiin erilaisilla muok-kaustavoilla ja eri aikoina.

Käsittelyt:

- 1) Nurmesta korjattiin yksi sato, sadonkorjuun jälkeen aloitettiin sänkimuokkaus (kaksi jyrhintää Peto-jousijyrsimellä, kultivointi), pyydyskasvin kylvö, kyntö myöhään syksyllä.

Nurmisato korjattiin apilan nappuvaiheessa. Ennen niittoa otettiin vihermassan tuoresato käsittelyn 1 ruuduista. Ensimmäinen sänkimuokkaus tehtiin noin viikon kuluttua niitosta. Toinen ja kolmas sänkimuokkaus tehtiin, kun juolavehnä edellisen muokkauksen jälkeen oli kasvanut kolmilehtivaiheeseen. Pyydyskasvi kylvettiin elokuun ensimmäisellä viikolla. Siemenseoksena käytettiin ohra 200 kg/ha - italian raiheinä 7 kg/ha – persianapila 3 kg/ha. Juvalla kaksi ensimmäistä sänkimuokkausta tehtiin jousijyrsimellä ja kolmas kultivaattorilla, Mikkelissä ensimmäinen lautasaikkeella ja toinen sekä kolmas kultivaattorilla. Juvan kokeessa ruutu kynnettiin 17.10., mutta Mikkelissä kyntö jouduttiin siirtämään kevääseen.

- 2) Nurmesta korjattiin kaksi satoa. Toisen sadonkorjuun jälkeen kaksi sänkimuokkuskertaa ja kyntö lokakuun puolivälissä. Juvalla ensimmäinen sänkimuokkaus tehtiin jousijyrsimellä ja toinen kultivaattorilla ja Mikkelissä molemmat kultivaattorilla. Mikkelissä kyntö jouduttiin siirtämään kevääseen.
- 3) Korjattiin kaksi säilörehusatoa, kynnettiin syyskuussa
- 4) Korjattiin kaksi säilörehusatoa, syysodelma sai kasvaa, kynnettiin lokakuun puolivälissä. Mikkelissä kyntö jouduttiin siirtämään kevääseen.
- 5) Korjattiin kaksi säilörehusatoa, syysodelma sai kasvaa, kevätkyntö

Niitettävän vihermassan määrä (kg/ha) punnittiin ruuduittain ja siitä määritettiin kuiva-ainesato. Nurmen botaaninen koostumus analysoitiin ensimmäisen säilörehunkorjuun yhteydessä. Analyysi tehtiin vain 1-käsittelyn näytteistä Juvan kokeessa. Mikkelin kokeessa tehtiin botaaninen analyysi kaikista ruuduista molempien niittojen yhteydessä.

Maan liukoisien typen näytteitä otettiin kokeiden aloitusvuonna seuraavasti: Nurmen hajoamista seurattiin ottamalla maanäytteet käsittelyn 1 ruuduista ensimmäisen niiton sekä ensimmäisen sänkimuokkauksen jälkeen (2 kertaa) ja käsittelyn 2 ruuduista ensimmäisen sänkimuokkauksen jälkeen ja käsittelystä 3 toisen niiton jälkeen. Mikkelissä ja Juvalla näytteenotto syvyyydet olivat 0 – 15 cm ja 15 – 30 cm. Lisäksi kaikilta ruuduilta otettiin Juvalla maanäytteet syvyyksiltä 0 – 30 cm ja 30 – 60 cm aikaisen kynnön jälkeen (lokakuu) ja myöhäisen kynnön jälkeen (marraskuu). Mikkelissä näytteenotto siirrettiin kevääseen.

Seuraavana keväänä koeala muokattiin ja siihen kylvettiin Saana-ohra (600 kpl/m²). Rikkakasviäestyksen yhteydessä ohran aluskasviksi kylvettiin englanninraiheinää 7 kg/ha. Viljan kasvukuntoa seurattiin lehtivihreämittauksilla. Mittaukset aloitettiin ohran korren kasvun alkaessa kesäkuun puolivälissä ja niitä jatkettiin kerran viikossa heinäkuun lopulle, ohran tuleentumisen alkuun saakka. Lehtivihreä mitattiin kymmenestä kasviyksilöstä, nuorimmasta täysin puhjenneesta lehdestä jokaiselta ruudulta.

Maan liukoisen typen määrittystä varten otettiin maanäytteet Juvalla ja Mikkelissä keväällä kylvömuokkauksen jälkeen, korrenkasvun alun aikaan kesäkuussa ja puinnin jälkeen elokuussa. Näytesyvytydet olivat keväällä ja elokuussa 0–30 cm ja 30–60, kesäkuussa otetuissa näytteissä 0–15 cm. Eri muokkaustapojen vaikutusta ohran satoon mitattiin määrittämällä käsitteleistä ohran korkeus, jyväsato, hehtolitraino sekä tuhannen jyvän paino.

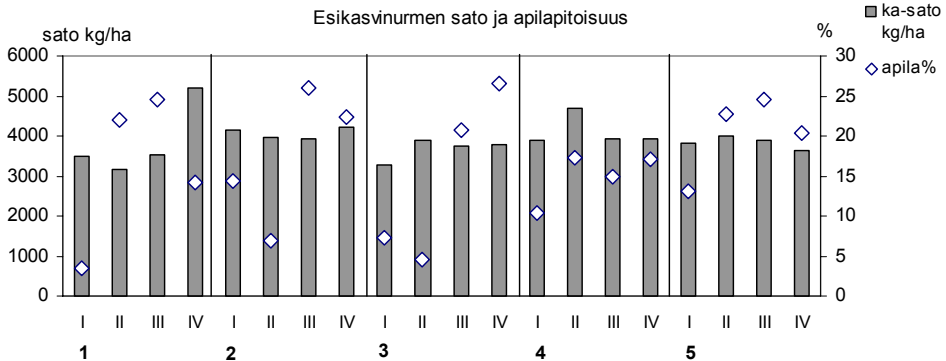
Kestorikkakasvien määrä ohrakasvustossa määritettiin heinäkuussa. Juvan kokeessa kasvustosta otettiin kilon näyte, josta eroteltiin kestorikkakasvien osuus tuorepainosta. Mikkelin kokeessa ruuduista otettiin neljä 25 cm²:n näytettä, joista määritettiin kestorikkakasvien osuus.

Tulokset

Nurmen apilapitoisuus ja nurmisadot

Mikkelin kokeessa esikasvinurmen sadot vaihtelivat kolmesta viiteen tonniin hehtaaria kohti (Kuva 1). Nurmen apilapitoisuus jäi alle 20 prosentin; käsittelyssä 1 apilaa oli 16 %, 2:ssa 17 %, 3:ssa ja 4:ssa 15 % ja 5:ssa 20 %. Juolavehnää ruuduilla kasvoi tasaisesti, eri käsittelyjen juolavehnapitoisuudet vaihtelivat 12,5–18 prosentin välillä. Nurmen matala apilapitoisuus antoi huonon ennusteen ohran kasvulle. Työryhmä päätyi kuitenkin pitäytymään karjanlannoituksesta seuraavana keväänä, koska eri muokkauskäsittelyjen vaikutus viherlannoituksen typen vapautumiseen olisi peittyneet karjanlannan vaikutuksen alle.

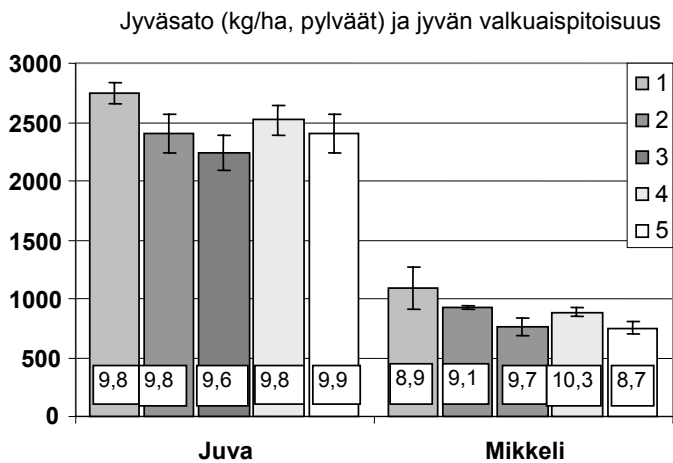
Juvalla analysoitiin vain ensimmäisen niiton sato keskikesän kesannointiin päätyviltä ruuduilta. Nurmen kuiva-ainesadot olivat 1-käsittelyn ruuduissa 4850 – 5680 kg/ha ja apilapitoisuus 75–85 %. Juolavehnää oli melko vähän, 6–13 %.



Kuva 1. Esikasviapilanurmen kuiva-ainesadot ja apilapitoisuuden vaihtelu Mikkelin kokeen eri kerranteissa.

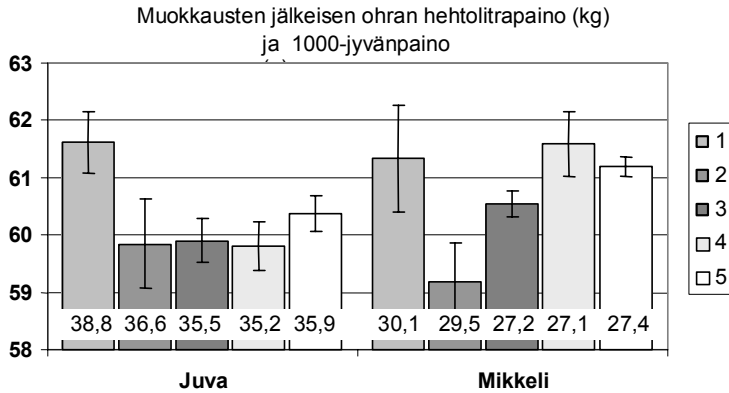
Ohrasato ja kasvustomittaukset

Sekä Juvan että Mikkelin kokeissa parhaat jyväsadot saatiin yhden nurmisaidon, keskikesän kesannoinnin ja pyydyskasvin jälkeen (Kuva 2). Mikkelin koekentän epätasaisuus peilautui suurena satovaihteluna.



Kuva 2. Ohrasato ja jyvän valkuaispitoisuus (% ka) Juvan ja Mikkelin kokeissa. Pystypalkit osoittavat keskihajonnan.

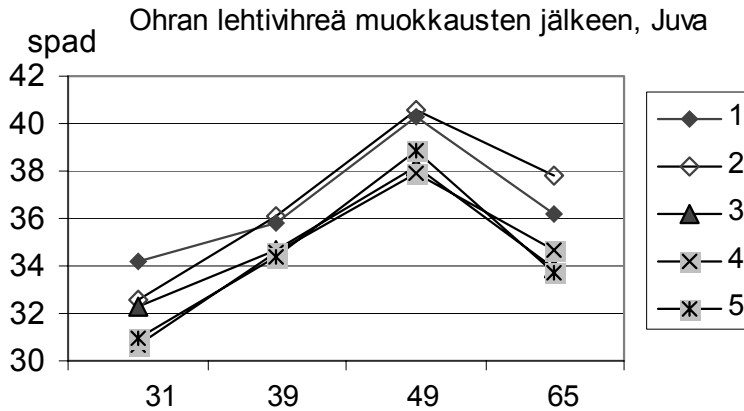
Käsittelyjen välillä ilmeni eroja myös hehtolitra- ja tuhannen jyvän painossa. Mikkelin kokeessa Saana-ohran hehtolitrapaino oli korkein käsittelyissä 1, 4 ja 5. Tuhannen siemenen painoiltaan parhaat käsittelyt olivat 1- ja 2-vaihtoehdot sekä Juvalla että Mikkelissä. Juvan kokeessa ohran hehtolitrapaino 61,6 kg oli korkein käsittelyn 1 jälkeen (Kuva 3).



Kuva 3. Ohran hehtolitra- ja tuhannen jyvän paino (pylvään alareunassa) eri nurmenmuokkauskäsittelyjen jälkeen Juvan ja Mikkelin kokeissa. Pystypalkit kuvaavat keskihajontaa.

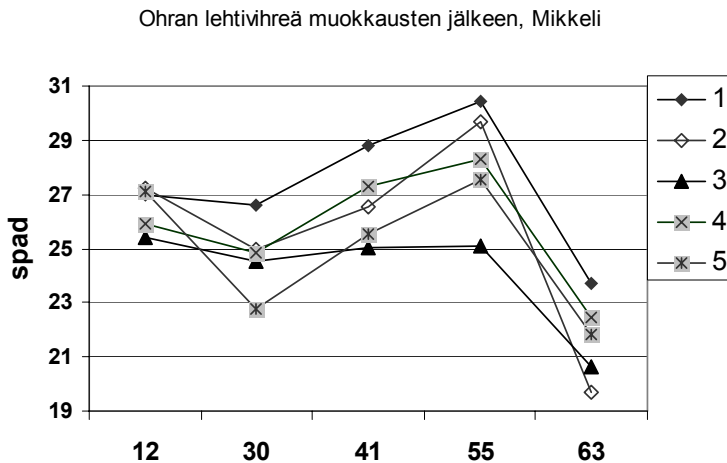
Juvan kokeessa ohran jyväsadon ja jyvien valkuaispitoisuuden perusteella laskettujen valkuaispitoisuuksien (kg/ha) välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri nurmenlopetuskäsittelyissä. Ohrakasvuston korkeudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kummassakaan Etelä-Savon kokeessa.

Ohrakasvuston lehtivihreäpitoisuuksissa oli nurmenlopetusvaihtoehtojen välillä selviä eroja sekä Juvan että Mikkelin kokeessa. Juvan kokeessa korkeimmat lehtivihreäpitoisuudet mitattiin vaihtoehdoissa 1 ja 2, joissa lehtivihreäpitoisuus pysyi muita korkeampana juhannuksesta heinäkuun loppuun (Kuva 4). Mikkelin kokeessa matalan apilapitoisuuden ja ilmeisesti myös huonon maan rakenteen takia lehtivihreäpitoisuudet jäivät erittäin mataliksi. Mikkelissä lehtivihreäpitoisuuden erot kasvoivat kasvukauden edetessä (Kuva 5). Käsittely 1 nousi korkeimmaksi korsiintumisvaiheeseen tullessa ja pysytteli siellä tuleentumiseen asti. Käsittelyssä 2, eli kaksi säilörehusatoa, syyskesannointi ja kevätkyntö, ohran lehtivihreäpitoisuus alkoi voimakkaasti pudota kasvuvaiheesta 51, eli tähkimisen alusta alkaen.



31 = Korrenkasvun alku, ensimmäinen solmuväli on muodostunut
 39 = Lippulehti täysin avautunut
 49 = Ensimmäiset vihneet näkyvillä
 65 = Viljan kukinta

Kuva 4. Ohran lehtivihreäpitoisuudet (SPAD-yksikköinä) viljan eri kehitysvaiheissa Zadoksin asteikolla Juvan kokeessa.



12 = Toinen lehti täysin avautunut
 30 = Korren kasvun alku, ensimmäinen solmuväli muodostumassa
 41 = Lippulehden tuppi laajenemassa
 55 = Yli puolet tähkästä näkyvissä
 63 = Tähkä täysin kehittynyt, kukinta ei vielä alkanut

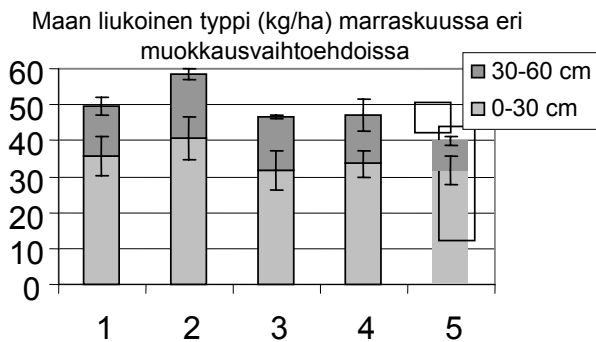
Kuva 5. Ohran lehtivihreäpitoisuudet (SPAD-yksikköinä) viljan eri kehitysvaiheissa Zadoksin asteikolla Mikkelin kokeessa.

Esikasvinurmen typpisadot

Loppusyksyllä 2000 Juvan kokeessa esikasvinurmen ja pyydyskasviohnan maanpäällinen typpisato oli yhtä suuri, noin 19,5 kg/ha. Apilanurmen juuristomassa on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin ohran juuristo, joten apilanurmimassan typpimäärä oli todennäköisesti yli kolminkertainen ohrapyydykseen verrattuna. Apilanurmen juuriston typpimäärän arvioidaan vastaavan 70 prosenttia kahdessa niitossa korjatusta typpimäärästä. Ohrapyydydyskasvuston hiilen ja typen suhde oli 13, kun apilanurmikasvustossa C/N-suhde oli 22. Hiili-typpisuhteen perusteella voi arvioida, että suurempi osuus ohran oraan typestä mineralisoituu sen maahan muokkauksen jälkeen.

Maan liukoinen typpi esikasvinurmisyksyinä ja seuraavina kasvukausina

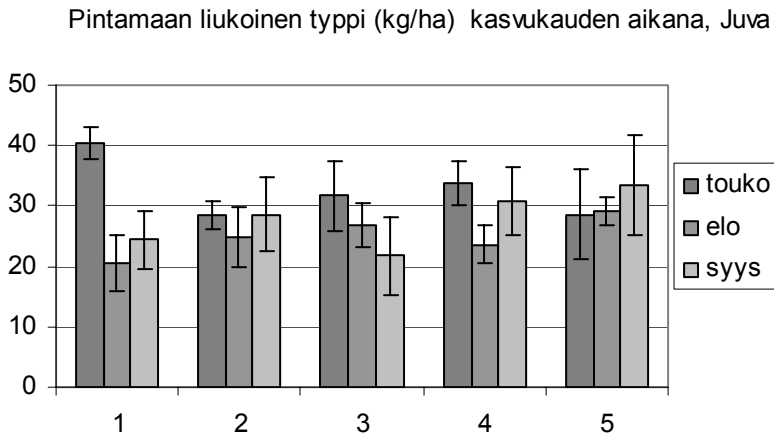
Apilanurmen keskikesän kesannoinnin vaikutusta muokkauskerroksen liukoisen typen pitoisuuteen kesästä syksyyn seurattiin Juvan kokeessa. Kesannointi kohotti maan typpimäärää niiton aikaan mitatusta 20,8 kilosta 33,3 kiloon/ha pyydyskasvin kylvöön mennessä. Liukoisen typen kokonaismäärä ei kuitenkaan ollut marraskuun puolivälissä pyydyskasvia käyttämällä kovin paljon kahden niiton ja aikaisen kynnon yhdistelmää pienempi (Kuva 6). Pyydyskasvi ei siis ehtinyt käyttää kovin paljon typpeä kasvuunsa ennen talven tuloa. Syys- ja lokakuussa satoi yhteensä 96 mm, eli noin viisi millia keskiarvoa vähemmän, mutta marraskuussa sateet olivat runsaita, yli 40 millia keskiarvoa enemmän. Pääosa sateesta tuli ennen 22. marraskuuta tehtyä näytteenottoa.



Kuva 6. Eri nurmen muokkaustekniikoiden vaikutus maan typpitilaan syksyllä Juvan kokeessa.

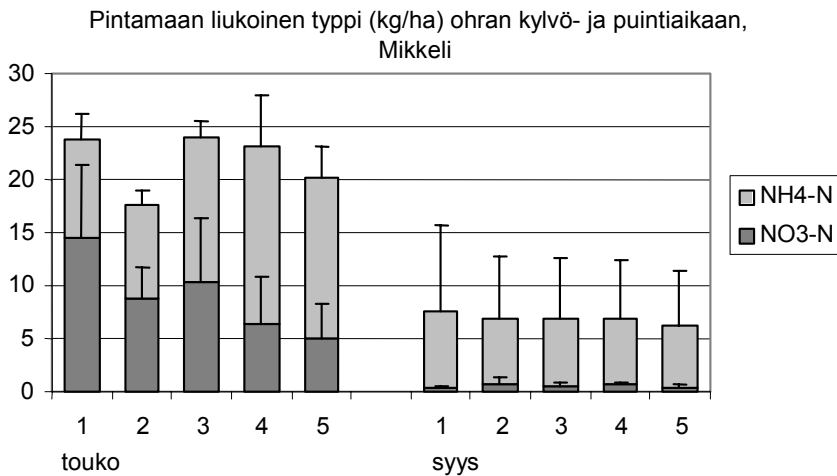
Nurmen lopetustekniikka ei vaikuttanut maan liukoisen typen määrään ohran korrenkasvun alkaessa. Maanesteessä oli tällöin typpeä n. 20 – 30 kg/ha. Toukokuussa muokkauskerroksessa oli eniten liukoista typpeä vaihtoehdoissa 1 (36,3 kg/ha) ja 4 (32 kg/ha). Vähiten typpeä oli vaihtoehdossa 5, eli kevät-kynnetyn nurmen jälkeen, 24,5 kg/ha. Juvan kokeessa ohran puinnin jälkeen

eniten liukoista typpeä aluskasvisadon hyödynnettäväksi jäi nurmen myöhäisen syyskynnön (4) ja kevätkynnön (5) vaihtoehdoissa (Kuva 7).



Kuva 7. Maan typpitilanne ohran orastuessa toukokuussa, puinnin jälkeen elokuussa ja syyskuun lopussa Juvalla.

Mikkelin kokeessa käsittelyiden väliset erot jäivät pieniksi. Koelohko kärsi tiivistymisestä ja ohra kasvoi heikosti. Tiivistymisen vuoksi kasvijätteen hajoaminen ja nitrifikaatio oli heikkoa, joten valtaosa tpestä oli ammoniummuodossa (Kuva 8).

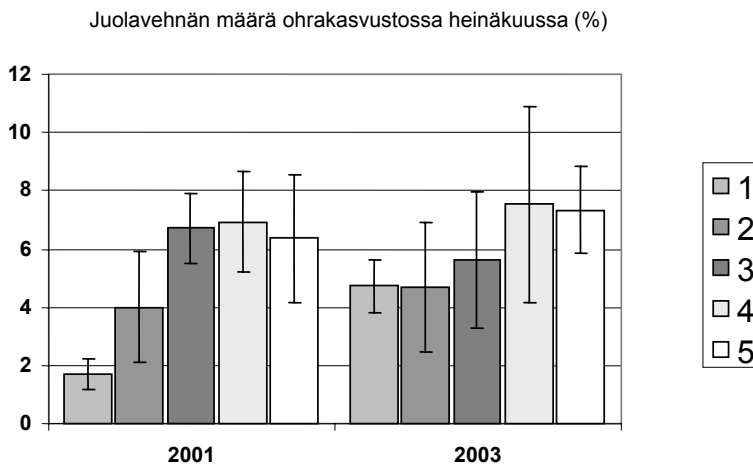


Kuva 8. Maan typpitilanne ohran orastuessa ja puinnin jälkeen Mikkelin kokeessa.

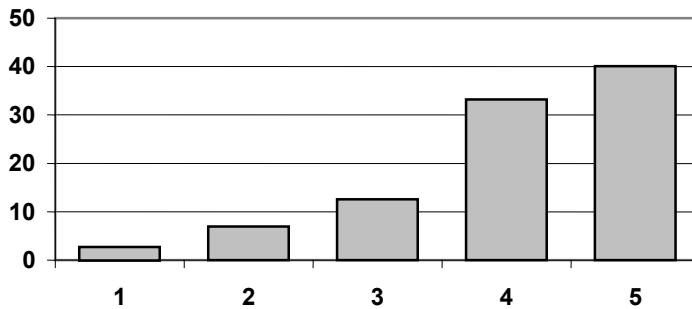
Kestorikkakasvit

Nurmen lopetustekniikka vaikuttaa kestorikkakasvien tiheyteen ohrakasvustossa. Juvan kokeessa juolavehnän määrä ja tiheys vähenivät, kun nurmi lopetettiin kesällä ja kylvettiin pyydyskasvusto, tai kun nurmi lopetettiin ”sänkimuokkauksella” ja kultivoimalla alkusyksyllä (Kuva 9).

Mikkelin koealueella kasvoi sekä ohdaketta, valvattia että juolavehettä. Pellossa esiintyvän suuren vaihtelun vuoksi koeasetelma osoittautui liian heikoksi osoittamaan käsittelyjen välisiä eroja kestorikkakasvimäärissä. Toistoja olisi siis tarvittu lisää. Juolavehnän kuiva-ainemassa oli kuitenkin keskimäärin pienin vaihtoehdossa 1, eli 70 g/m². Käytännössä tässä kokeessa vaihtoehdot 4 ja 5 käsiteltiin samalla tavalla, eli eniten juolavehettä kasvoi vaihtoehdoissa 3 (66–132 g/m²) ja 4&5 (134 g/m²). Ohdakkeen yleisyyteen nurmen lopetustekniikka ei vaikuttanut. Valvatitiheyttä kesä-kesän kesannointi-pyydyskasvi- ja alkusyksyn kultivointitekniikat vähensivät tehokkaasti (Kuva 10). Nurmen kyntö alkusyksyllä paransi valvatitiheyttä kesä-kesän kesannointi-pyydyskasvi- ja alkusyksyn kultivointitekniikat vähensivät tehokkaasti (Kuva 10). Nurmen kyntö alkusyksyllä paransi valvatitiheyttä kesä-kesän kesannointi-pyydyskasvi- ja alkusyksyn kultivointitekniikat vähensivät tehokkaasti (Kuva 10).



Kuva 9. Juolavehnän tiheys Juvan kokeessa.



Kuva 10. Valvatin tuorepaino g/m² ohrakasvustossa Mikkelin kokeessa.

Yhteenveto

Molemmissa kokeissa keskikesän kesannoinnin ja pyydyskasvin jälkeen ohran käytettävissä alkukesällä oli enemmän liukoista tyypeä kuin muiden nurmen lopetustekniikoiden jälkeen. Keskikesän kesannointi – pyydyskasvi-tekniikka kohotti myös jyvien hehtolitrainpainoa, mikä kertoo paremmasta tyyden saatavuudesta heinäkuun aikana, eli ohran kukinnan jälkeen. Tämä tekniikkavaihtoehto ei kuitenkaan välttämättä aina tuo lisätyypeä, sillä sen vaikutus perustuu oletukseen, että pyydyskasvi pidättää kasvimassansa viherlannoituksesta talven aikana huuhtoutuvaa tyypeä. Olosuhteissa, jolloin talviaikainen huuhtoutuminen jää vähäiseksi, pyydyskasvi pidättää kasvimassansa osan ohralle muuten käytettävissä olevasta tyypestä. Tällaisia kokemuksia on mm. Tanskasta (Thorup-Kristensen & Bertelsen 1996).

Juolavehnätiheys lisääntyi niiden nurmenlopustekniikoiden jälkeen, joissa ei panostettu juolavehnan kasvun rajoittamiseen syksyllä. Runsaasta juolavehnamäärästä huolimatta perinteinen apilanurmen myöhäinen kyntö tuotti myös hyvän ohrasadon. Tässä vaihtoehdossa viherlannoituksen tyyppipanos oli todennäköisesti suurin.

Tekniikkavaihtoehdossa 2, eli apilanurmen sänkimuokkaus ja kultivointi aikaisin syksyllä sekä kyntö lokakuussa, nurmijätteestä todennäköisesti haihtui ja huuhtoutui tyypeä talven aikana, koska sen tyyppimäärä putosi puoleen marraskuusta toukokuuhun. Juolavehnan torjunnan kannalta vaihtoehto oli oivallinen, mutta ohrasato jäi heikoksi. Käsittelyissä 4 ja 5 tyypeä vapautui ohran kannalta liian myöhään. Perinteinen tekniikka, apilanurmen myöhäinen kyntö sopii niille maille, joissa kestorikkakasvit eivät vaivaa. Sitä käytettäessä on ohran alle kuitenkin parasta kylvää aluskasvi, joka pidättää loppukesällä ja syksyllä nurmijätteestä vapautuvat ravinteet kasvuunsa.

Kestorikkakasvien torjuntaa ajatellen vaihtoehto, jossa kesannoidaan keski-kesällä ja kylvetään pyydyskasvi syksyksi, nostaa kustannuksia, mutta koko kesän avokesantoon nähden kulut jäävät pienemmiksi. Lisäksi ns. pikakesannon etuna on, että pellosto saadaan korjattua vähintään yksi sato. Erityisesti alueilla, missä karjanlantaa ei ole käytettävissä ohran lisälannoitteeksi, on typen optimaalinen hyväksikäyttö tärkeää. Muokkauskustannuksia laskiessa kannattaa juolavehnän hallinnan ohella huomioida typen käytön tehostuminen.

Juolavehnän torjunnan kannalta vartenotettava vaihtoehto on myös syksyinen sänkimuokkaus, jolla estetään juolavehnän vahvistuminen syksyllä. Ohran sato jää tässä vaihtoehdossa heikommaksi, koska pyydyskasvustoa ei ole.

Maahanmuokkaustapojen vaikutus viherlannoitustypen vapautumiseen

Kristian Forsman¹⁾ ja Esa Lehto¹⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, 92400 Ruukki, kristian.forsman@mtt.fi, esa.lehto@luukku.com

Tiivistelmä

Viherlannoituksen esikasviarvoon eniten vaikuttavia tekijöitä ovat kasvuston rehevyys, siemenseoksen laatu ja kasvuston muokkausajankohta. Tässä kokeessa kasvuston silppuamisessa käytettiin kesantomurskainta ja samanlaisessa maahan sekoittamisessa lapiorullaäestä tai kelajyrsintä. Vaikutusta verrattiin kyntöön.

Pohjois-Pohjanmaalla Ruukissa virna-kauraviherlannoituksen erilaiset muokkaustekniikat vaikuttivat ohran jyväsatoon pensastumisvaiheessa saatavilla olevan typen määrän erojen kautta. Ruukin erittäin runsasmultaisella maalla erilaiset kevätkuokkaukset tuottivat ohrassa parhaat sadot.

Yksivuotisen viherlannoituksen kevätkuokkauksessa on yleensä suurempi riski typen ja kaliumin hävikeille kuin muokattaessa myöhään syksyllä. Loppusyksyllä 2001 tehtyjen muokkausten (kyntö, murskaus + kyntö, murskaus + äestys + kyntö) jälkeen ohrasadot olivat n. 2500 kg/ha, mutta keväällä 2002 tehtyjen muokkausten jälkeen n. 2750 kg/ha. Jyrsimen käyttö syksyllä tai keväällä virna-kauran muokkauksessa osoittautui huonoksi ratkaisuksi ohrasadon kannalta. Kevätkuokkauksen paremmuus tässä kokeessa liittyi ilmeisesti hietamaan lämpötalouden paranemiseen.

Johdanto

Viljelytekniikalla pystytään vaikuttamaan viherlannoituksen jälkivaikutukseen. Tärkeintä on saada perustetuksi menestyvä viherlannoituskasvusto, joka pystyy sitomaan maan ja/tai ilmakehän typpeä mahdollisimman suuren määrän itseensä. Viherlannoituskasvin tai seoksen valinnalla pystytään vaikuttamaan jälkivaikutukseen siten, että mitä typpipitoisempi viherlannos on, sitä nopeammin ja tehokkaammin siitä typpi vapautuu seuraavan kasvin käyttöön (Varis & Kauppila 1992, Hakkola & Kemppainen 1993, Känkänen 1994a,b, Luomuviljan tuotanto 2000).

Maahan muokkauksen ajankohta on kolmas tärkeä yksittäinen asia, mikä vaikuttaa viherlannoituksen jälkivaikutukseen. Koetulokset aiheesta ovat melko yhdenmukaiset: mitä myöhemmin syksyllä maahan muokkaus suoritetaan, sitä suurempi on viherlannoituksen typpivaikutus seuraavan kasvukauden jälkivaikutuskasville. Tähän on kaksi merkittävää syytä. Ensinnäkin myöhäsettäessä maahan muokkausta, viherlannoituskasvuston kasvu jatkuu pidempään, jolloin seurauksena on suurempi viherlannoitussato. Toiseksi, myös

typpihävikit ovat myöhästettäessä pienemmät. Aikaisessa maahan muokkauksessa typen mineralisoituminen alkaa osin jo syksyllä, jolloin osa tpeestä saattaa huuhtoutua talven aikana (Lindén & Wallgren 1989, 1993, Wallgren & Lindén 1989, Kauppila & Lindqvist 1992, Magnusson & Landström 1997, Poutala 1998, Känkänen ym. 1998, Känkänen ym. 1999).

Maahan muokkausajankohdan siirtäminen kevääseen ei estä typpihävikkejä, sillä viherlannoitusmateriaalista vapautuu typeä talven aikana, ja sen typpi-pitoisuus yleensä laskee (Beck-Friis ym. 1994, Magnusson & Landström 1997, Känkänen ym. 1998). Kevätmuokkaus näyttää kuitenkin olevan ennen kaikkea maalajikysymys. Se soveltuu niille keveille maalajeille, joihin se muutenkin soveltuisi viherlannoituksen kanssa tai ilman, mm. saville se ei sovi (Beck-Friis ym. 1994, Peltonen-Sainio & Poutala 1995, Hannukkala 1995, Poutala 1998, Känkänen ym. 1999).

Muun viljelytekniikan vaikutus on oletettavasti pienempi, mutta myös tutkimus on ollut vähäisempää. Tässä kaksivuotisessa koesarjassa haluttiin selvittää pystytäänkö viherlannoituskasvustoa murskaamalla ja pienentämällä, tai sekoittamalla hienonnettua viherlannoitusmateriaalia maahan muokkausvälineiden avulla peltomaahan, parantamaan viherlannoituksen tehoa kevätiljojen typpilannoituksessa. Kasvuston silppuamisessa käytettiin kesantomurskainta, kasvuston silppuamiseen ja samanaikaiseen maahan sekoittamiseen käytettiin lapiorullaäestä tai kelajyrsintä. Vaikutusta verrattiin kyntöön. Koska ajankohdan merkitys on viherlannoituksen maahan muokkauksessa niin suuri, kokeeseen sisällytettiin kaksi muokkausajankohtaa: myöhään syksyllä tai keväällä. Maalajina kokeessa oli runsasmultainen hieno hieta.

Aineisto ja menetelmät

Kokeet perustettiin MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusaseman luomukiertoa noudattavalle lohkolle Ruukkiin. Viherlannoitteena oli ensimmäisenä vuonna yksivuotinen virna-kaura-seos (virna: Lolita-lajike 75 kiloa siementä hehtaarille, kaura: Veli-lajike 40 kg/ha), toisena vuonna monivuotinen timotei-alsikeapila-nurmiseos. Nurmi oli kylvetty vuonna 2000, ja siitä korjattiin viherlannoitusvuonna ensimmäinen sato pois (10.7.2001). Korjatussa sadossa, 5400 kg ka/ha, oli 70 % timoteita, 17 % apilaa ja loput rikkoja.

Koemallina käytettiin osaruutukoetta, jossa pääruututekijänä oli viherlannoituksen maahanmuokkaus aika (syksy tai kevät). Typen huuhtoutumistappioiden ehkäisemiseksi syysmuokkaukset pyrittiin tekemään mahdollisimman myöhään lähes routaantuneessa maassa (8.12.2000 ja 5.11.2001). Kevätkäsittelyt suoritettiin juuri ennen kylvöjä. Osaruututekijöinä olivat erilaiset maahan muokkaustavat ja viherlannoituskasvuston esikäsitteily. Viherlannoksen suora kyntö (Kverneland 3 x 14") ilman mitään esikäsit-

telyjä toimi kokeen kontrollina (1). Sitä verrattiin seuraaviin koejäseniin: viherlannoksen murskaus ensin kelamurskaimella (Elho 2,5) mahdollisimman lyhyeen sänkeen, jonka jälkeen kyntö (2), viherlannoksen silppuaminen kelamurskaimella, sekoittaminen maahan lapiorullaäkeellä (Hankmo 78), jonka jälkeen kyntö (3), sekä kasvuston silppuaminen ja maahanmuokkaus kelajyrsimellä (Patu 180) (4). Koekaavion ulkopuolella tutkittiin lisäksi vaihtoehtoa, jossa viherlannoite silputtiin murskaimella ja muokattiin lapiorullaäkeellä maahan syksyllä, mutta kyntö suoritettiin vasta seuraavana keväänä. Kokeet perustettiin neljällä toistolla, joten ruutulukumääräksi muodostui 36 kpl. Jyrsinmuokattuja koejäseniä ei ollut tarkoitus kyntää lainkaan, mutta syksyllä 2000 näin epähuomiossa tapahtui.

Viherlannoituksen jälkivaikutusta tutkittiin Artturi-ohralla, joka oli biopeittattu Cedomonilla (*Pseudomonas chlororaphis* –bakteeri, BioAgri AB). Kylvötiheytenä oli 500 itävää siementä neliölle. Ruudut valmistettiin kylvökuntoon joustopiikkiäkeellä (Kongskilde 290), ja kylvö suoritettiin kii-lajyrävantaisella Simulta 2500 –kylvökoneella. Kylvöajat olivat 30.5.2001 ja 29.5.2002. Orastumistiheys laskettiin ruuduittain 5 x 50 sentin pituiselta matkalta keväällä, samoin kuin tähkätiheys syksyllä ennen puintia. Puinti suoritettiin Wintersteiger-ruutupuimurilla. Sadon määrän lisäksi satonäyt-teistä analysoitiin hehtolitrapaino, tuhannen siemenen paino sekä typpipitoisuus.

Maan liukaisen tyyppien pitoisuus määritettiin nitraatti- ja ammoniumtyypen summana ruuduittain kahdelta syvyydeltä (0-30 ja 30-60 cm) kolme kertaa kierron aikana. Ensimmäinen mittaus tapahtui viherlannoituskasvuston maahanmuokkauksen yhteydessä syksyllä, toinen oli ennen ohran kylvöä keväällä ja kolmas kerta jäännöstyyppien havainnollistamiseksi puinnin jälkeen syksyllä.

Viherlannoksen määrä havainnoitiin ottamalla kasvustosta ns. kehikönäytteet (50 x 50 cm) ennen viherlannoitteen maahan muokkausta (25.10.2000, 22.5.2001, 20.9.2001, 27.5.2002). Jokaiselta ruudulta otettiin kaksi näytettä. Botaaninen analyysi, jossa vihermassa fraktioitiin jaolla tyypeä sitova kasvi (=virna/apila) – tukikasvi (=kaura/timotei) – muut (=riikat), tehtiin kerranteittain. Virna-kaura-seoksesta ei maanalaista biomassaa sen oletetun pienuuden vuoksi mitattu, mutta monivuotisesta nurmesta tämä tehtiin 0 – 20 cm syvyydeltä 50 x 50 cm alalta kokoomänäytteinä (6 kpl syksyllä ja 4 kpl keväällä).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Viherlannoitusmassan määrä

Maahan muokattavan viherlannoitusmassan määrä ja koostumus oli huomattavan erilainen eri muokkausajankohtina (Taulukko 1). Vihermassan maanpäällinen biomassa pieneni talven aikana ($p < 0,001$). Muokkaamattomissa koejäsenissä yksivuotisesta viherlannoituksesta hävisi talven aikana noin kaksi-kolmasosaa. Lähes kolme-neljäsosaa virnan biomassasta katosi. Rikkamassa pysyi ennallaan, joten sen suhteellinen osuus nousi talven aikana. Sama suuntaus on nähtävissä monivuotisessa nurmessakin, mutta ainakin osa syksyisestä maanpäällisestä biomassasta on löydettävissä keväällä maanalaisesta biomassasta (Taulukko 1). Apilamassasta katosi kuitenkin yli 1000 kg ka/ha, kun taas juolavehnan biomassa kasvoi saman verran – nimenomaan juurakon biomassassa. Timotein maanalaisen biomassan määrä lisääntyi saman verran kuin mitä maanpäällisestä biomassasta oli syksystä hävinnyt.

Taulukko 1. Viherlannoitusmassan määrä (kg ka/ha) ja sen koostumus (%) vuosittain ja maahanmuokkausajoin.

2001	Sato kg ka/ha	Botaaninen koostumus (%)			
		Virna	Kaura	Muu	
Syksy	6330	42	57	1,2	
Kevät	2360	32	64	4,4	
2002		Apila	Timotei	Juolavehnä	Kuollut heinä
<i>maanpäällinen biomassa</i>					
Syksy	3420	49	39	12	
Kevät	2360	24	24	8,4	44
<i>maanalainen biomassa</i>					
Syksy	4520	10	54	36	
Kevät	6720	2,9	52	45	

Sato ja sadon laatu

Maahanmuokkausmenetelmät tai muokkausajankohta eivät vaikuttaneet sadon määrään tai laatuun vuonna 2001 (Taulukko 2). Vuoden 2001 alkukasvukausi oli sateinen, mikä selvästi haittasi kasvustojen kehitystä kahdessa kerranteessa. Näiden kerranteiden keskimääräinen sato olikin vain 1320 kg/ha. Kokeen keskimääräinen sato oli 1720 kiloa hehtaarilta.

Vuonna 2002 sato oli korkeampi ($p=0,05$), sillä erityisesti kynnetyt ruudut tuottivat hyvin (2510 kg/ha, Taulukko 2). Jyrsinmuokkaus ei sen sijaan toiminut, vaan sen sato jäi muita käsittelyjä alhaisemmaksi ($p<0,001$) ollen 1610 kg/ha. Jyrsinmuokkaus jätti sadon valkuaispitoisuuden muita koejäseniä heikommaksi ($p<0,001$), joten sadon mukana poistunut typpimäärä oli jyrsinmuokatussa viherlannoituksessa selvästi muita heikompi. Jyrsinmuokatun viherlannoituksen heikko sadontuottokyky vuonna 2002 voidaan jäljittää ohrakylvöksen heikkoon orastumiseen (Taulukko 2). Suhteellisen voimakas tähkvien sivuversojen tuottaminenkaan ei enää auttanut sadontuotossa (Taulukko 2).

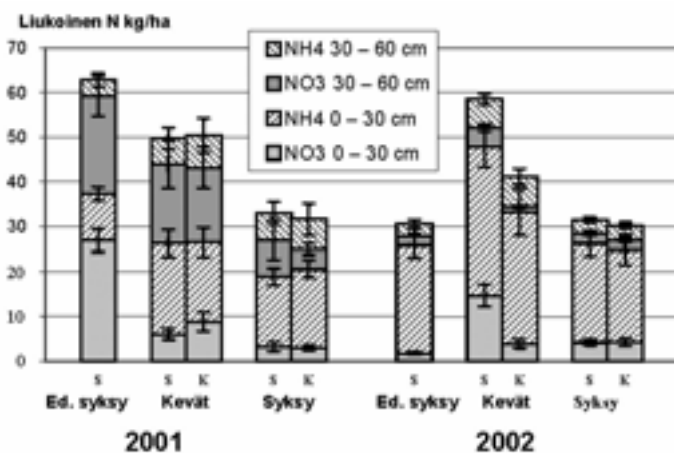
Taulukko 2. Maahanmuokkaukokeen sato- ja sadosta tehtyjen analyysien tulokset sekä kasvustohavainnot koejäsenittäin (S=syysmuokkaus, K=kevätmuokkaus) ja vuosittain.

	Sato (85 % ka), kg/ha				Hehtolitraino, kg			
	2001		2002		2001		2002	
	S	K	S	K	S	K	S	K
Kyntö	1831	1763	2029	2762	60,2	60,7	63,3	62,8
Murskaus+kyntö	1726	1704	2453	2790	60,5	59,3	63,8	63,0
Murskaus+äestys+kyntö	1731	1530	2232	2827	60,3	60,0	63,7	63,4
Jyrsintä	1546	1755	1519	1700	59,3	60,6	63,4	62,7
Murskaus+äestys (S) +kyntö(K)	1863		2446		60,5		63,0	
	Valkuaispitoisuus, %				Typpisato, kg N/ha			
	2001		2002		2001		2002	
	S	K	S	K	S	K	S	K
Kyntö	12,4	12,5	10,5	10,3	36,2	35,2	34,0	45,4
Murskaus+kyntö	12,4	12,3	10,6	10,7	34,3	33,6	41,5	47,6
Murskaus+äestys+kyntö	12,7	12,3	10,6	10,3	35,2	30,1	37,7	46,6
Jyrsintä	12,5	12,4	10,1	9,6	31,1	34,9	24,4	26,1
Murskaus+äestys (S) +kyntö(K)	12,6		10,5		38,0		41,3	
	Orastiheys, kpl/m ²				Tähkäiheys, kpl/m ²			
	2001		2002		2001		2002	
	S	K	S	K	S	K	S	K
Kyntö	426	422	420	445	408	366	410	512
Murskaus+kyntö	437	434	452	448	366	348	462	463
Murskaus+äestys+kyntö	470	458	487	448	384	346	425	492
Jyrsintä	447	465	404	398	362	378	469	455
Murskaus+äestys(S) +kyntö(K)	470		438		374		450	

Jyrsinmuokkausta lukuun ottamatta koejäsentasolla ei muita eroja ollut havaittavissa. Kevätkyntö osoittautui syyskynnä paremmaksi vaihtoehdoksi vuonna 2002 (Taulukko 2), sillä kevätkynnettyjen ruutujen sato oli 553 kg/ha (+25 %) parempi kuin syyskynnettyjen ($p < 0,05$). Samoin typenotto oli kevätkynnössä suurempaa (8,8 kg N/ha, +23 %). Myös satovaihtelu oli kevätkynnettyjen ruutujen välillä huomattavasti syyskynnettyjä pienempi. Syyskynnettyillä sadon keskihajonta oli 580 kg/ha, kun se kevätkynnettyillä oli 230 kg/ha. Kevätkynnettyjen ruutujen parempi sadontuottokyky voidaan johtaa kylvösten parempaan tähkätiheyteen. Yhteys oli selvä varsinkin vaihtoehdoissa kyntö ja murskaus+äestys +kyntö, joissa satoero syys- ja kevätkynnön välillä oli suurin.

Maan liukoinen typpi

Liukoisien typen pitoisuus maassa eri aikoina viherlannoitus-ohra-kiertoa oli eri vuosina erilainen (Kuva 1). Ensimmäisessä kierrossa yksivuotisella viherlannoitteella maan liukoisien typen pitoisuus oli suurimmillaan jo ohravuotta edeltävänä syksynä. Typpi oli tuolloin jo etupäässä nitraattimuodossa. Tästä eteenpäin maan typpipitoisuudet laskivat, eikä eri maahanmuokausajankohtien tai -välineiden välillä ollut eroa.



Kuva 1. Liukoisien typen määrä (kg/ha) ja sen muoto eri maaprofiileissa viljelykierron eri vaiheissa syksyllä (S) tai keväällä (K) muokatuissa koejäsenissä keskimäärin Ruukissa 2000 – 2002. Pystyviivat kuvaavat keskihajontaa.

Toisessa kierrossa monivuotisella nurmella typpeä ei ollut kertynyt maahan 30 kg/ha enempää syksyisen nurmen lopetuksen aikoihin (Kuva 1). Sen sijaan seuraavana keväänä olivat typpipitoisuudet maassa nousseet, mutta erityisesti syksyllä muokatuissa ruuduissa oli tapahtunut typen mineralisaatiota, sillä nämä ruudut sisälsivät 0 – 60 sentin syvyydessä 17 kiloa enemmän

tyypeä hehtaarilla kuin vasta näytteenottoaikaan muokatut kevätruudut ($p < 0,05$). Ero muokkausajankohtien välille muodostuu nitraattitypen määräästä.

Yhteenveto

Viherlannoituskasvuston silppuamisella ja silpun maahanmuokkauksella ei ollut edullista vaikutusta typen vapautumiseen viherlannoitusmassasta. Ensimmäisenä vuonna ei eroja havaittu missään tunnusluvussa puoleen eikä toiseen, oli kyseessä sitten maahanmuokkausmenetelmä tai -ajankohta. Seuraavana vuonna eroja sen sijaan muodostui, mutta nämä erot eivät ilmeisesti olleet yhteydessä kasvuston esikäsittelyyn, kuten silppuamisen, vaikutukseen. Kasvuston esikäsittely, esim. murskaaminen, voi silti olla perusteltavissa työteknisenä menetelmänä, esim. kynnön helpottajana.

Kelajyrsin osoittautui sopimattomaksi viherlannoksen maahanmuokkausvälineeksi, ainakin koesarjassa mukana olleella keveällä maalajilla (rmHHT). Erityisen vaikeaksi muokkaus osoittautui monivuotisella nurmella, joka oli jo juolavehnan melko pahoin saastuttama. Jyrsimellä ei onnistuttu sekoittamaan vihermassaa tarpeeksi tehokkaasti maaprofiiliin, vaan vihermassaa jäi katteeksi pellon pintaan. Tämä hidasti maan kuivumista ja vaikeutti selvästi keväistä kylvömuokkausta, jonka seurauksena kylvö oli hankalaa ja kylvöksen orastuminen muita koejäseniä heikompaa. Maan lämpeneminen oli todennäköisesti kynnetyjä ruutuja hitaampaa. Rikkakasvit saivat näissä ruuduissa kilpailuetua. Tulokset kelajyrsimellä ovat samanlaiset kuin mitä on saatu vihermassan kevennetystä maahanmuokkauksesta kultivaattorilla tai lautasäkeellä (Peltonen-Sainio & Poutala 1995, Poutala 1998, Känkänen ym. 1999).

Kevätkyntö osoittautui jälkimmäisenä vuonna yllättävänkin selkeästi syyskyntöä paremmaksi vaihtoehdoksi, vaikka syysmuokkauksen jälkeen maan typpitilanne ohran kannalta näytti olevan selvästi kevätkuokattua otollisempi. Ilmeisesti kuitenkin kevätkuokkauksen jälkeen tyyppiä alkoi nopeasti vapautua ohrakasvustoon käyttöön, sillä vuoden 2002 kokeissa havaitut hyvät sadot olivat yhteydessä hyvään sivuversojen muodostukseen ja hengissä säilymiseen.

Kevätkynnön lämpötaloudellisilla vaikutuksilla peltomaahan lienee myös ollut suuri merkitys, sillä pelkästään pellon typpitalous ei selitä vuoden 2002 syys- ja kevätkynnön eroa. Kevätmuokatuilla ruuduilla kasvuston pituus oli 5,5 cm lyhyempi kuin syysmuokkauksissa (57,8 vs. 63,3 cm, $p < 0,05$). Yleensä typpilannoituksen suurentuminen lisää sekä korren pituutta että sadon määrää. Kevätmuokattujen koejäsenten satoindeksi oli joka tapauksessa

syysmuokattuja parempi. Kasvuston pituus ja toisaalta tähkälukumäärän pienuus voi olla yhteydessä rikkakasvipaineeseen. Syysmuokatuilla ruuduilla oli kevätkuokattuja ruutuja enemmän sekä juolavehnää että muita rikkoja (Petri Vanhala, MTT, suullinen tiedonanto). Kilpailu elintilasta on saattanut olla syy, joka on pakottanut viljan kasvattamaan kortta ja vähentämään sivuverson tuottoa, jolloin satotasokin on alentunut.

Riviväliharauksen vaikutus typen mineralisoitumiseen

Timo Lötjönen

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Maatalousteknologian tutkimus, Maatalousteknologia, Vakolantie 55, 03400 Vihti
sähköpostit etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Ulkomaalaisten tutkijoiden ja neuvojien mukaan riviväliharaus voi multavilla mailla lievästi parantaa kevätiljojen satoa ja kasvuston typensaintia kasvukauden alkuvaiheessa. Kotimaassa mm. Luomuviljaprojektin tilakokeissa vuonna 1996 havaittiin vehnän valkuaispitoisuuden olevan korkeamman haratussa vehnässä, mutta typpisadon pysyvän lähes ennallaan. Miten käy, kohoaako jyväsadon typpimäärä, jos harataan? Asian selvittämiseksi Uudellamaalla Vihdissä tutkittiin kaksi kertaa tehdyn riviväliharauksen vaikutusta kauran ja ohran satoon ja maan liukoisen typen määrään.

Riviväliharaus nosti sekä kauran että ohran satoa, mutta vain niukasti. Harvaa 18 cm:n riviväliä käytettäessä sadot jäivät keskimäärin alhaisemmiksi kuin 12,5 cm:n rivivälillä. Maan liukoisen typen määrä oli harauksen jälkeen säännöllisesti alhaisempi kuin haraamattomassa vaihtoehdossa. Haraus ei lisännyt ohran olkeen ja jyviin sisältyvää typpimäärää. Kaurakokeesta typpimäärittäisiä ei tehty. Kokeista vedettiin johtopäätös, että rikkakasvikilpailun väheneminen ja maan kuohkeutuminen riviväliharauksen ansioista olivat todennäköisimmät syyt hienoiseen sadonlisäykseen.

Johdanto

Maan muokkaaminen tunnetusti kiihdyttää kasvijätteiden hajoamista ja vapauttaa maa-ainekseen pidättynyttä typpeä kasveille käyttökelpoiseen liukoiseen muotoon (Smith ym. 1994). Puhutaan typen mineralisoitumisesta. Luonnonmukaisessa viljelyssä on liukoisesta tyypestä usein pulaa, varsinkin kasvukauden alkupuolella. Tässä viljelytavassa rikkakasveja torjutaan esimerkiksi viljakasvustoista rikkakasviäestyksellä ja riviväliharauksella (Lötjönen & Mikkola 2000). Myös nämä menetelmät muokkaavat maata, mutta eivät yhtä syvältä tai perusteellisesti kuin perus- tai kylvömuokkaus. On esitetty, että näillä mekaanisen torjunnan menetelmillä saattaisi olla mahdollista mineralisoida maan typpeä kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Viljelijät ja neuvojat sanovat joskus, että riviväliharaus voisi vapauttaa typpeä noin 10 kg/ha/v (Ascard 1999).

Asiaa on tutkittu maailmalla jonkin verran, mutta kotimainen tutkimus on tähän asti puuttunut. Smith ym. (1994) seurasi typen määrää maassa ja kasveissa, kun syysvehnäkasvusto rikkaäestettiin 2-3 kertaa kevään aikana. Kokeet tehtiin Isossa-Britanniassa. Ensimmäisenä koevuonna koe perustettiin kyntämättömälle pellolle ja toisena vuonna kynnetylle pellolle. Ensimmäisen vuoden kokeessa kolmesti rikkaäestetyt maan nitraattityypipitoisuus laski nopeammin kuin käsittelemättömän maan pitoisuus. Typpi näytti siirtyvän vehnäkasvustoon. Toisena koevuonna (kynnetty maa) vastaavaa siirtymää ei tapahtunut. Valitettavasti vehnän satotuloksia ei ole esitetty, jotta nähtäisiin, oliko ilmiöstä hyötyä sadon kannalta. Smithin ym. (1994) mukaan mineralisaatio voi tapahtua helpommin kyntämättömässä kuin kynnetyssä maassa, koska kyntämättömän maan pintakerroksessa on enemmän hajoamatonta kasvimateriaalia, josta tyyppiä voidaan helpommin muokkauksella vapauttaa.

Saksalaisessa Böhrnsenin (1993) tutkimuksessa intensiivisen rikkakasviäestyksen mitattiin mobilisoivan nitraattityyppiä noin 4,5 kg/ha. Riviväliharaus lisäsi myös hieman nitraattitypen määrää maassa, mutta kasvusto otti tästä todennäköisesti suurimman osan. Typen mineralisaatio ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä kummallakaan käsittelyllä. Myöskään syysvehnän ja -rukiin sadoissa ei ollut eroja suhteessa käsittelemättömään koejäseneseen, joten kovin suuri merkitys typen mineralisatiolla ei tässä kokeessa ollut.

Steinmann (2000) mittasi kolmeen kertaan rikkaäestetyt kevätvehnäpellon nitraattitypen määrää peräti yhtenätoista eri ajankohtana otettujen maanäytteidensä avulla. Rikkaäestys nosti vain vähän pintamaan (0-15 cm) nitraattityypipitoisuutta. Keskimäärin rikkaäestetyssä pintamaassa oli 0,7 kg/ha enemmän nitraattityppiä kuin käsittelemättömässä, maksimissaan ero saattoi olla yksittäisenä päivänä 2 kg/ha. Vehnäsatoa näin vähäinen typen lisäys ei nostanut. Steinmannin (2000) mielestä rikkakasviäestyksestä ei siis ole kasveille ravitsemuksellista hyötyä.

Samansuuntaiseen tulokseen on tultu ruotsalaisessa porkkanan viljelykokeessa (Ascard 1999). Siinä verrattiin "normaalia" riviväliharautta ja intensiivistä riviväliharautta käsittelemättömään koejäseneseen. Maanäytteet otettiin ennen harauksia ja niiden jälkeen, mutta niiden perusteella ei voitu havaita typen mineralisaatiota tapahtuneen.

Tanskalaisessa Thomsenin ja Sorensenin (2004) tutkimuksessa kasvatettiin syysvehnää 25 cm:n riviväleillä. Rivivälit käsiteltiin toukokuussa kertaalleen riviväliharalla, -jyrsimellä tai -harjakoneella. Verranneruudut jätettiin käsittelemättä. Maan muokkaaminen lisäsi maan epäorgaanisen typen määrää, mutta ei lisännyt typen mineralisoitumista liukoiseen muotoon. Rivivälijyr-

simellä ja –harjalla muokatuilta ruuduilta tuli hiukan suurempi vehnä- ja tyyppisato kuin riviväliharatuilta tai muokkaamattomilta ruuduilta. Ero ei kuitenkaan ollut suuri eikä aina tilastollisesti merkitsevä.

Lehdon (2000) rikkakasviäestyksen torjuntavaikutusta selvitellessä kokeessa kertaalleen suoritettu rikkaäestys tuotti yleensä hieman paremman (1 – 15 %) ohrasadon, kuin käsittelemätön koejäsen. Tämän otaksuttiin johtuvan rikkakasvien määrän vähentymisestä, eikä äestyksen aiheuttamasta typen mineralisaatiosta, koska myös herbisidikäsittely paransi ohran satoa vastaavasti. Kokeessa ei otettu maasta tyyppinäytteitä. Tutkijan mielestä mekaanisen torjunnan vaikutuksesta typen mineralisoitumiseen olisi järjestettävä oma erillinen koe.

Asian selvittämiseksi Suomen oloissa tehtiin vuosina 1996 ja 2002 kaksi kenttäkoetta, jotka on raportoitu seuraavissa kappaleissa. Kokeissa keskityttiin riviväliharauksen vaikutusten tutkimiseen, koska sen tiedettiin muokkavan maata hieman enemmän kuin rikkakasviäestyksen, joten harauksen tyypeä mineralisoivan vaikutuksen olisi siten pitänyt tulla varmemmin näkyviin.

Vuoden 1996 koe

Aineisto ja menetelmät

Kokeen tavoitteena oli selvittää, nopeuttaako riviväliharaus maan luontaisten tyyppivarojen mineralisoitumista. Kokeessa tutkittiin myös ohran kykyä käyttää hyväkseen kasvukauden aikana (harauksen yhteydessä) levitetyn suhteellisen pienen lietelantamäärän ($10 \text{ m}^3/\text{ha}$) tyypeä.

Koejäsenet olivat seuraavat: 1) Käsittelemätön, 2) Riviväliharaus 2 krt. sekä 3) Riviväliharaus 2 krt. + naudaneliö (10 m^3/ha) juuri ennen ensimmäistä harausta. Koeasetelma oli satunnaistettujen lohkojen muotoinen ja toistoja oli neljä. Koeruutujen koko oli 3 x 5 m. Koepaikka sijaitsi Vihdissä maalajiltaan multavaksi multamaaksi luokitellulla pellolla. Pelto ei ole luonnonmukaisessa viljelyssä.

Koetta varten kylvettiin Artturi-ohraa 500 itävää siementä/ m^2 25 cm:n riviväleihin. Kylvö tehtiin vasta 07.06.1996 myöhäisen ja kostean kevään takia. Kylvön yhteydessä ei annettu lannoitusta. Sää jatkui edelleen kosteana ja ensimmäinen riviväliharaus voitiin tehdä vasta 04.07.1996. Juuri ennen harausta koejäsenelle 3 levitettiin kastelukannuilla naudaneliön ilmastettua lietelantaa $10 \text{ m}^3/\text{ha}$, josta tuli analyysin mukaan liukoista tyypeä noin 8 kg/ha. Oras oli tuossa vaiheessa noin 20 cm korkuista. Toinen riviväliharaus tehtiin

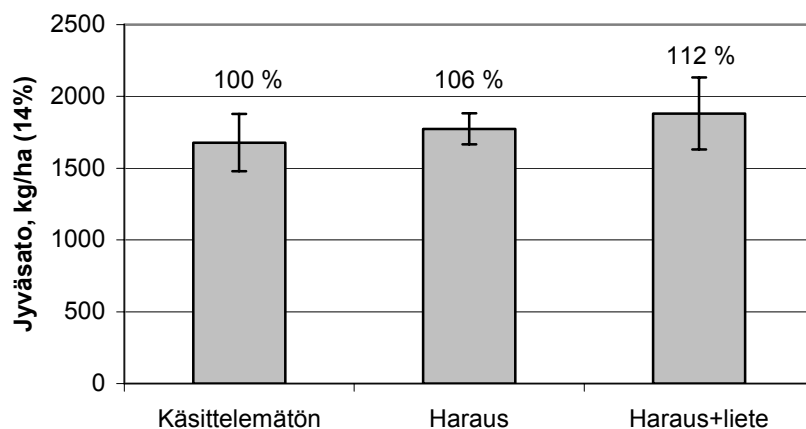
25.07.1996, jolloin ohran pituus oli noin 30 cm. Ohra puitiin ja olkimassa punnittiin 02.09.1996.

Maan typpipitoisuuden arvioimiseksi koeruuduista otettiin pintamaanäytteet (syvyys 5 cm) juuri ennen ensimmäistä harausta ja heti sadonkorjuun jälkeen. Yhtä koeruutua edusti 10:stä osanäytteestä koottu näyte. Näytteistä analysoitiin liukoinen ja kokonaistyyppi. Sadenkorjuun yhteydessä jyvistä ja oljista otettiin näytteet, joista analysoitiin kokonaistyyppi. Satotulokset analysoitiin varianssianalyysin avulla. Typpinäytteiden tulokset vaihtelivat käsittelyittäin niin vähän, ettei tilastollista analyysiä katsottu tarvittavan.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kuvan 1 mukaan ohrasadot olivat kahteen kertaan haratussa koejäsenessä hieman suuremmat kuin käsittelemättömässä koejäsenessä. Pienen lietelisäyksen saaneessa koejäsenessä sato oli paras. Satunnaistettujen lohkojen mukaan tehdyn varianssianalyysin mukaan satoerot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä ($p_{\text{hav}} < 0,05$). Varianssianalyysin jakaumaoletus täyttyi hyvin, mutta käsittelyjen varianssit olivat keskenään lievästi eri suuria.

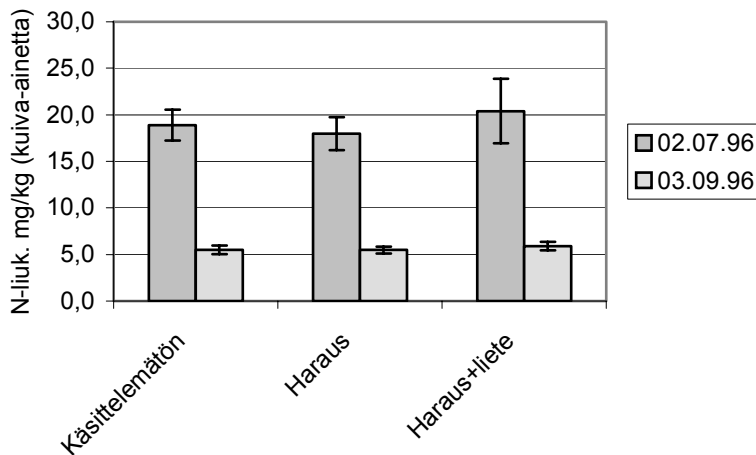
Kesän 1996 kostea sää viivästytti viljelytoimien suorittamista optimaikana ja haittasi ohran kasvua, joten ohran sato jäi vaatimattomaksi. Sadot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.



Kuva 1. Ohrasadot (kosteus 14 %) ja keskihajonnat eri käsittelyissä.

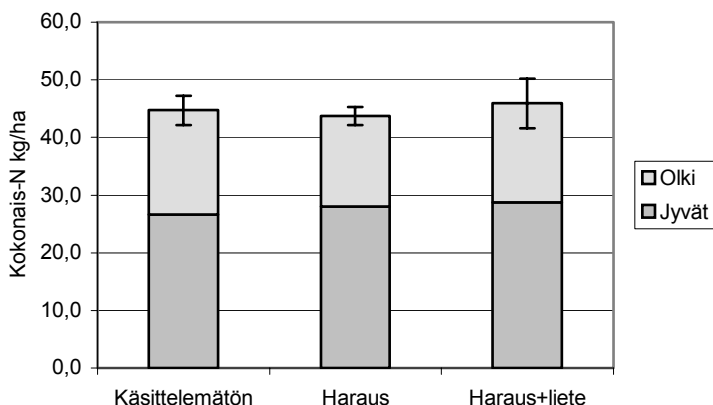
Pintamaan liukoisen tyypin pitoisuudet on esitetty kuvassa 2. Ennen käsitteilyä otettujen näytteiden mukaan (2.7.1996) koekenttä ei ollut aivan tasainen,

vaan liukoista tyyppiä oli lievästi eniten koejäsenen 3. ruuduilla. Ero ei kuitenkaan ollut suuri. Heti puinnin jälkeen otettujen näytteiden mukaan eri käsittelyjen välillä ei ollut minkäänlaista eroa liukoisen tyypin pitoisuuksissa. Tämä on tulkittava joko niin, että a) riviväliharaus ja lietelantalannoitus eivät lisänneet maan liukoista tyyppiä tai niin, että b) käsittelyt lisäsivät maan liukoista tyyppiä, mutta se oli ehtinyt huuhtoutua tai haihtua ilmaan tai niin, että c) käsittelyt lisäsivät maan liukoista tyyppiä, mutta ohrasato oli ottanut käsittelyillä vapautetun ylimääräisen tyypin. Maassa sitä ei enää 3.9.1996 ollut.



Kuva 2. Liukoisen tyypin määrä maassa (ammonium- + nitraattityppi) juuri ennen käsittelyä ja puinnin jälkeen. Jana ilmoittaa keskihajonnan. Näytteet edustavat 5 cm:n pintamaakerrosta.

Kuvassa 3 on esitetty kokonaistypen määrä (kg/ha), joka oli puintiaikaan eri käsittelyjen jyvissä ja oljessa. Jyvien ja oljen typpipitoisuus on kerrottu niiden kuiva-ainesadolla. Rikkakasvit sisältyivät oljen massaan. Kokonaistypen määrissä ei ollut sanottavia eroja käsittelyjen välillä. Lietelantaa saaneen koejäsenen sadossa oli hiukan muita enemmän kokonaistyyppiä, niin kuin pitäisikin olla. Edellisessä kappaleessa esitetty vaihtoehto c) voidaan kuvan 3 perusteella siis sulkea pois, eikä vaihtoehto b) myöskään vaikuta kovin todennäköiseltä.



Kuva 3. Jyvien ja oljen sisältämä kokonaistyyppi (kg/ha) ja summan keskiarjonta.

Tehdyistä mittauksista voidaan tehdä se johtopäätös, että kaksi kertaa suoritettu riviväliharaus ei vuoden 1996 sääoloissa lisännyt maassa olevan typen mineralisoitumista kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Ainakaan maasta tai ohrasadosta sitä ei voitu mittaamalla havaita. Siten riviväliharauksella saatu pieni sadonlisä käsittelemättömään verrattuna, joka ei ollut tilastollisesti merkitsevä, lienee johtunut maan kuohkeuttamisesta ja rikkakasvien poistosta ennemmin, kuin harauksen aikaansaamasta mineralisaatiosta. Lisäksi voidaan todeta, että kokeessa käytetty lietelantalisyys ($10 \text{ m}^3/\text{ha} \Rightarrow 8 \text{ kg/ha}$ liukoista typpeä), oli liian alhainen, jotta sillä olisi aikaansaatu merkittävä sadonlisäys.

Koepelto oli maalajiltaan multamaata, josta pintamaan kokonaistyyppivaroiksi mitattiin noin 0,7 % maan kuiva-ainekiloa kohti. Typpeä oli siis olemassa maassa varsin runsaasti. Kasvukausi 1996 oli normaalia sateisempi ja viileämpi, mikä saattoi hidastaa typen mineralisoitumista. Samasta syystä kylvö- ja harausajankohdat myöhästyivät optimistaan, millä saattoi myös olla vaikutusta tuloksiin.

Vuoden 2002 koe

Aineisto ja menetelmät

Kokeen tavoitteena oli saada lisäselvyyttä riviväliharauksen vaikutuksesta maan tyyppivarojen vapautumiseen. Koe tehtiin samalla koekentällä, jossa sijaitti ”Kestorikkakasvit viljantuotannon uhkana”- hankkeen kenttäkoe.

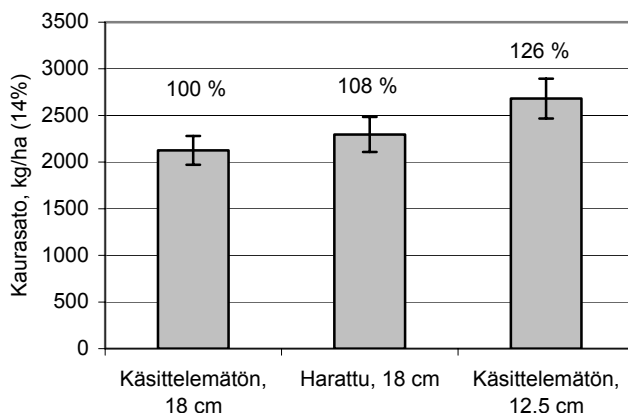
Koejäsenet olivat seuraavat: 1) Käsittelemätön, riviväli 18 cm, 2) Riviväliharaus 2 krt, riviväli 18 cm sekä 3) Käsittelemätön, riviväli 12,5 cm. Normaalia suurempi riviväli oli tarpeen, jotta kasvusto voitiin harata rikkakasvien torjumiseksi. Koeasetelma oli satunnaistettujen lohkojen muotoinen ja toistoja oli viisi. Koeruutujen koko oli 3 x 25 m. Koepaikka sijaitsi Vihdissä maalajiltaan runsasmultaiseksi hietasaveksi luokitellulla pellolla. Pelto on ollut luonnonmukaisessa viljelyssä vuodesta 1997 alkaen.

Koealue lannoitettiin sian lietelannalla päivää ennen viljan kylvöä. Levitys tehtiin letkulevittimellä ja levitysmäärä oli 35 m³/ha, josta tuli liukoista tyyppiä noin 110 kg/ha. Lietelanta mullattiin välittömästi levityksen jälkeen S-piikkiäkeellä. Koeruuduille kylvettiin 16.05.2002 Aslak-kauraa 550 itävää siementä/m² 18 cm:n ja 12,5 cm:n riviväleillä. Riviväliharaukset tehtiin 3.6. ja 19.6. Ensimmäisen harauksen aikaan kaura oli vielä selvästi pensastumisvaiheessa. Kaura puitiin 29.08.2003.

Maan typpipitoisuuden arvioimiseksi koeruuduista otettiin pintamaanäytteet (syvyys 10 cm) pari päivää ensimmäisen harauksen jälkeen, juuri ennen toista harausta sekä kaksi ja neljä viikkoa toisen harauksen jälkeen. Yhtä koeruutua edusti kuudesta osanäytteestä koottu näyte. Näytteistä analysoitiin ammonium- ja nitraattityppi, joiden summan katsottiin edustavan liukoista tyyppiä. Sadosta ei otettu typpinäytteitä. Satotulokset analysoitiin varianssi-analyysin avulla ja typpinäytteitä vertailtiin t-testillä.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

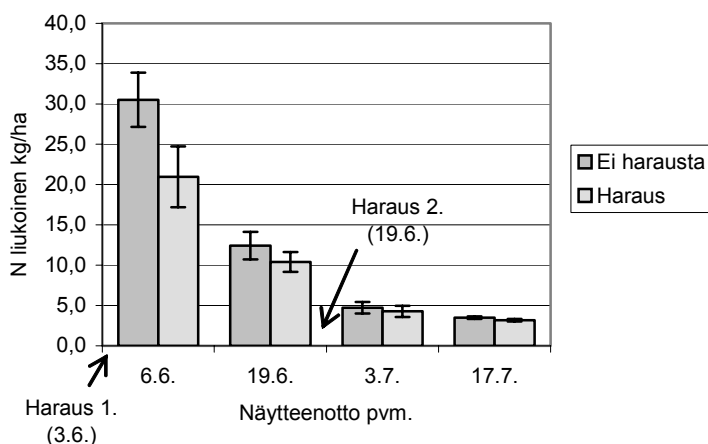
Kuvan 4 mukaan kahteen kertaan tehty riviväliharaus paransi kauran satoa hieman (8 %), mutta ero ei ollut varianssianalyysin mukaan tilastollisesti merkitsevä ($p_{hav} < 0,05$). Sen sijaan rivivälillä oli selkeä vaikutus satoon, sillä 12,5 cm:n rivivälillä kylvetty koejäsen tuotti merkitsevästi paremman sadon kuin käsittelemätön 18 cm:n rivivälillä kylvetty koejäsen. Samansuuntaisia, joskaan ei näin suuria eroja, on havaittu myös aiemmissa rivivälin vaikutusta käsittelevissä tutkimuksissa (Lötjönen & Mikkola 2000). On kuitenkin huomattava, että tässä kokeessa 12,5 cm:n ja 18 cm:n riviväli oli kylvetty eri kylvökoneilla, mikä saattaa vaikuttaa tuloksiin, vaikka kylvömäärä olikin säädetty molemmissa samoiksi. Riviväliharatun (18 cm) ja käsittelemättömän (12,5 cm) koejäsenen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.



Kuva 4. Kaurasadot (kosteus 14 %) ja keskihajonnat eri käsittelyissä.

Pintamaan liukoisen typen pitoisuudet on esitetty kuvassa 5. Ennen ensimmäistä harausta ei otettu maanäytteitä, mutta koska koekenttä oli lannoitettu poikkisuuntaan ruutuihin nähden, siinä oli viisi kerrannetta ja liukoisen typen keskihajonnat olivat melko pieniä, voidaan olettaa koekentän olleen suhteellisen tasaisen liukoisen typen suhteen.

Melko yllättävästi kolme päivää riviväliharauksen jälkeen otetuissa maanäytteissä liukoisen typen määrä oli selvästi pienempi haratussa koejäsenessä verrattuna haraamattomaan koejäseneseen. Ero oli t-testin mukaan merkitsevä ($p_{hav} < 0,05$). Myöskään toinen 19.6.2002 suoritettu riviväliharaus ei näyttänyt lisäävän maan liukoista typpeä, mutta ei vähentänytäkään sitä. 6.6.2002 jälkeen otetuissa näytteissä käsittelyt eivät enää eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.



Kuva 5. Liukoisen typen määrä maassa. Jana ilmoittaa keskihajonnan. Näytteet edustavat 10 cm:n pintamaakerrosta.

Olisi voinut olettaa, että ensimmäinen riviväliharaus olisi mineralisoinut maassa olevaa typpeä siten, että liukoista typpeä olisi ollut haratussa koejäsenessä enemmän kuin haraamattomassa, mutta kävikin päinvastoin. Olisiko kasvava kaura ehtinyt ottaa harauksessa vapautuneen typen kolmen päivän aikana? Lievästi parantunut sato viittaisikin tähän suuntaan, mutta todennäköisempi selittäjä löytynee säästä. Nimittäin 4.6.2002 satoi liki 30 mm, mikä on saattanut huuhtoa/denitrifioida haratusta pellon pinnasta enemmän liukoista typpeä kuin haraamattomasta. Koekenttä oli lannoitettu sian lietelannalla, jonka tyyppi saattaa huuhtoutua melko helposti runsaan sateen aikana. Myös kesä-heinäkuun vaihde vuonna 2002 oli sateinen, mikä selittänee kuvan 5 osoittamaa liukoisen typen melko nopeaa vähentymistä kesä-heinäkuun aikana.

Yhteenveto

Molempina koevuosina kahteen kertaan tehdyllä riviväliharauksella näytti olevan pieni viljan satoa lisäävä vaikutus, joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Ainakaan näissä kokeissa käytetyillä maanäytteen ottotavoilla harauksen aiheuttamaa typen mineralisoitumista ei voitu osoittaa tapahtuneen. Toki molemmat koevuodet olivat alkukesän sääoloiltaan melko kosteita, mikä saattoi vaikuttaa tuloksiin. On kuitenkin todennäköistä, että riviväliharauksella saatu pieni sadonlisä johtui ennemmin maan kuohkeutumisesta tai rikkakasvien poistosta, kuin typen mineralisaatiosta. Toisaalta on myös osoitettu, että viljoilla saa olla suhteellisen paljon rikkakasveja, ennen kuin ne vaikuttavat satoa alentavasti (esimerkiksi Lötjönen ym. 2002). Siten näissä kokeissa on todennäköistä, että maan kuohkeutuminen on ollut suurin satoa nostava tekijä riviväliharauksokoejäsenessä.

Tehdyt kokeet ja alun lyhyt kirjallisuuskatsaus viittaavat vahvasti siihen suuntaan, että mekaanisella torjunnalla voi olla lievä maan typpeä liukoiseen muotoon saattava vaikutus, mutta vaikutus on niin pieni, ettei se yleensä näy viljasadon määrässä tai laadussa. Tosin viljan laatua on näissä kokeissa vähemmän tutkittu.

Maalaji ratkaisee kestorikkakasvien torjuntatekniikat luomuviljanviljelyssä

Sanna Kakriainen-Rouhiainen¹⁾ ja Jaana Väisänen¹⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristön tutkimus, Ekologinen tuotanto, Huttulantie 1, 51900 Juva
sähköpostit etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Neljällä tilalla Kymenlaaksossa ja Etelä-Savossa seurattiin parin vuoden ajan kahden eri kesannointitekniikan vaikutusta kestorikkakasvien määrään ja pellon typpitalouteen. Vaihtoehtoina olivat pikakesanto + viherkesanto – kevätilja + nurmensiemen, tai avokesanto + ruis – aluskasvinurmi rukiin alle.

Alkukesällä tehtävä kesannointi ja kesäkuun lopussa kylvettävä viherlannoitus sopivat kestorikkakasvien torjuntakeinoksi hikeville maille, muttei savi- tai hiesumaille, joilla kevätkosteus täytyy hyödyntää kylvojen onnistumiseksi. Hikevillä mailloilla taas viherkesannolla saadaan tukahdutettua ne kestorikkakasvit, jotka ovat selvinneet alkukesän avokesannosta.

Avokesannointi kohotti maan liukoisten typpiyhdisteiden määrää selvästi sekä pintamaassa että pohjamaassa. Ruis hyötyi avokesannosta tuottaen 2150 – 3040 kg/ha jyväsadot. Myös kaikkien kestorikkakasvien osuus rukiin aluskasveista putosi. Viherkesantojen jälkeen kylvetyt rehuviljat tuottivat myös kohtalaiset sadot. Niillä koepaikoilla, joissa viherkesanto oli jäänyt aukkoiseksi, ohdake jatkoi kasvuaan, mutta juolavehnän ja valvatin määrä laski.

Seuranta osoitti, etteivät peltolohkoilta mitatut liukoisen typen määrät kahden vuoden seurannassa antaneet lisätietoa kesannointitekniikoiden typpihuuhoutumasta. Maasta luontaisesti mineraloituva typpimäärä riippui enemmän pellon viljelyhistoriasta kuin viljelytekniikan vaihtelusta tarkastelujaksolla.

Johdanto

Avo- ja viherkesantojen vaikutusten eroa vertailtiin eri pelloilla Kymenlaaksossa ja Etelä-Savossa. Alkukesän kesannointi ja kesäkuun lopussa kylvettävä viherlannoitus sopii kestorikkakasvien torjuntakeinoksi hikeville maille mutta ei poudanaroille savi- tai hiesumaille. Hikevillä mailloilla avokesannointi toimii parhaiten. Avokesanto on tehokas, mutta kallis kestorikkakasvien määrän hallintakeino. Näin todettiin Kymenlaaksossa ja Etelä-Savossa toteutetun kaksivuotisen vertailun päätteeksi.

Aineisto ja menetelmät

Elimäellä, Jaalassa, Juvalla ja Savonlinnassa sijaitsevilla luomupelloilla seurattiin parin vuoden ajan kahden eri viljelykierron vaikutusta rikkakasvien määrään ja pellon typpitalouteen. Kaikilla peltolohkoilla ohdakkeen, valvatin tai juolavehnan määrä oli päässyt lisääntymään siinä määrin, että toimenpiteisiin oli ryhdyttävä.

Elimäellä sijaitsevat koelohkot olivat maalajiltaan aitosavea ja hiesua, fosforipitoisuudeltaan erittäin matalia (1,1 – 2,4 mg/l). Jaalan pellot olivat multavia hiesusavia tai hiesuja. Fosforiluvut olivat sielläkin matalat, parhaimmillaan kuitenkin 6,9 mg/l. Juvan pellot olivat multavaa tai runsasmultaista hienoa hietaa ja Savonlinnan pellot runsasmultaista hietamoreenia. Fosforia peltomaassa Juvalla oli noin 4 mg/l. Savonlinnassa koelohkojen fosforiluvut vaihtelivat erittäin paljon: viherlannoituslohkolla fosforia oli 6 - 10 mg/l, mutta avokesantolohkon toisella puoliskolla 4 ja toisella 18. Kaikki pellot olivat pH-arvoiltaan päälle kuuden. Koelohkot olivat karjattomien tilojen viljelyksessä. Jaalan, Juvan ja Savonlinnan koepellot olivat saaneet silloin tällöin karjanlantatäydennystä (Ks. liite 2).

Viljelykierto koelohkoilla:

	2001	2002	2003
A	pikakesanto + viherkesanto (virna, kaura, herne, raiheinä)	ohra + nurmensiemen, tai kaura + nurmensiemen, tai virna-kauraviherlannoitus	nurmi/vilja
B	avokesanto + syysruis	ruis + nurmensiemen	nurmi/vilja

Kesannointivuosi

A-viljelykierrossa vuonna 2001 avokesantoa kultivoitiin tai äestettiin joustopiikillä noin kerran viikossa keväästä kesäkuun loppupuolelle. Viherlannoituksen kylvö ajoittui eri tiloilla 20.-30.6. väliselle jaksolle. Viherlannoitusseoksena oli vilja-rehuherne-virna-italian raiheinäseos, jolla tavoiteltiin nopeaa kasvua ja tehokasta peittävyttä. Viherlannoitus murskattiin syyskuun alussa ja muokattiin maahan syys-lokakuussa. Poikkeuksellisesti yhdellä tilalla viherkesanto murskattiin ja muokattiin maahan vasta seuraavana keväänä. Vuonna 2002 lohko jaettiin kauralle ja/tai ohralle, ja molempien alle kylvettiin apilanurmiseos aluskasviksi. Kymenlaaksolaisille tiloille kylvettiin myös pieni muutaman neliön ala virna-kauraviherlannoista. Viljojen kylvötiheys oli 500 itävää siementä neliömetrille. B-viljelykierrossa avokesannoitiin peltoa ahkerasti muokaten koko kesän 2001 ajan ja kylvettiin elokuun lopussa rukiille. Keväällä 2002 rukiin alle kylvettiin nurmensiemen. Vain yhdellä tilalla apilanurmen siemenseos kylvettiin jo syksyllä. Odotetusti vain osa syyskylvetystä apilasta selvisi läpi talven, ja keväällä apilaa kylvettiin lisää täydennykseksi.

Taulukko 1. Viherlannoituksen keskimääräinen koostumus koepaikoilla.

Siemenlaji	Kylvömäärä kg/ha	Kasvimassan koostumus loppukesällä, %
Vilja (kaura +ohra)	70	23
Rehuerne	40	0
Rehuvirna	20	60
Italian raiheinä	7	17

Viherlannoituskasvuston tarkoituksena oli nujertaa pikakesannoinnin jälkeen pellolle jääneet kestorikkakasvit kilpailun, lähinnä varjostuksen avulla. Kasvukaudella 2001 kesäkuun loppu ja heinäkuun alku olivat kuivia, joten avokesannoitu peltomaa kuivui liikaa. Viherlannoituksen siemenet itivät molemmilla kymenlaaksolaisilla koepelloilla huonosti ja viherlannoitus muodostui aukkoiseksi (Taulukot 1 ja 2). Aukkoisen kasvuston takia joidenkin rikkakasvien määrä lisääntyi viherlannoituskasvuston seassa. Juvan pelto on esimerkki siitä, kuinka onnistunut pikakesannon ja viherlannoituskasvuston yhteisvaikutus vähentää juolavehnän määrää. Toisella kymenlaaksolaistilalla juolavehnän määrä lisääntyi käsittelyn B jälkeen. Pelto oli loppukesällä hyvin kuivaa ja juolavehnän juurakko lienee vetäytynyt lepotilaan. Juurakko pätkiytyi toistuvissa muokkauksissa ja syksyllä maan kostutua lyhyet ja monilukuiset juurakonpätät lähtivät kasvuun.

Taulukko 2. Viherlannoitusmassan määrä eri tiloilla ja arvio siihen sisältyneestä typpimäärästä.

Koela	Viherlannoitus- massa, syksy 2001 (kg/ha, ka)	Typpisato (kg/ha) vihermassassa (N 3,2 %*)	Typpisato (kg/ha) vihermassa + säänki + juuristo*
Elimäki	3300	106	132
Jaala	3000	95	119
Juva	3800	121	152
Savonlinna	4200	135	169

* Arvio typpipitoisuudesta

* Säen ja juuriston typpimääräksi arvioitiin 25 % vihermassan typpimäärästä.

Tulokset ja johtopäätökset peltojen typpitaloudesta

Kasvukauden 2002 alkuosa oli Kymenlaaksossa todella kuiva, mikä näkyi mm. viljojen heikkona orastumisena. Harva viljakasvusto ei myöskään kyennyt kilpailemaan kunnolla kestorikkakasveja vastaan. Parhaiten menestyivät hyvärakenteiset, multavat lohkot.

Ohra-, kaura ja ruissadot

Koelohkoilta mitattiin jyvä- ja olkisadot leikkaamalla sirpillä satonäytteitä yhteensä 3,5 neliön alalta/lohko. Näytteet puitiin tämän jälkeen koeruutupuimurilla.

Parhaat jyväsadot saatiin Jaalan ja Savonlinnan multavilta koelohkoilta (Taulukko 3). Savonlinnan ruislohkon eri osien suuri fosforilukujen vaihtelu ei näyttänyt vaikuttavan satotasoon: satoero oli vain 180 kiloa. Viljavuusanalyysissä käytettävä ammoniumasetaattiutto ei näytä kertovan humukseen pidättyneestä kasveille käyttökelpoisen fosforin määrästä mitään. Elimäellä puolestaan sadot jäivät vaatimattomiksi, todennäköisesti multavuuden vähäisyyden ja runsaan rikkakasvimäärän takia. Aitosavi ja hiesu ovat poudanarvoja, eikä vähän ravintohumusta sisältävässä maassa ole kasveille käyttökelpoista typpeä tai fosforia niin paljon kuin multavammilla Jaalan pelloilla. Savonlinnan, Juvan ja Jaalan pellot olivat saaneet aina silloin tällöin tällöin lietettä. Elimäen pelloilla koko typpimäärä perustuu palkokasvien sidontaan ja maan typpivarojen mineraloitumiseen. Juvalla ohra- ja ruissadot olivat surkeat. Siellä ruis ei talvehtinut kunnolla ja jäi harvaksi. Ohran heikkoa menestymistä voi ainakin osaksi selittää maan huonolla rakenteella, osaksi ei, sillä viereinen kaura tuotti hyvän sadon. Lohko taitaa vaan olla luonnostaan hyvä kauramaa. Siinä viljeltiin kauraa kymmeniä vuosia ennen luomuviljelyyn siirtymistä 90-luvun alkupuolella.

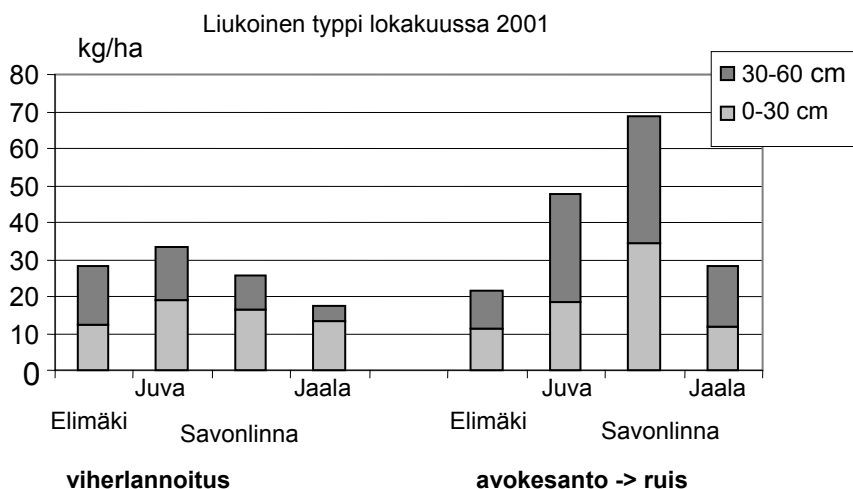
Taulukko 3. Viljojen jyvä- ja olkisadot sekä valkuaispitoisuudet eri koepaikoilla.

Koelohkot	ruis			ohra			kaura		
	jyvä	valk. % *	olki	jyvä	valk. %*	olki	jyvä	valk. %*	olki
Elimäki	2150	9,7	3270	2283	9,5	4310	1820	10,1	1730
Jaala	3040	9,6	3860	3640	10,2	3980	2210	12,7	1930
Juva	1830	12,1	4380	1250	11,2	2790	3140	13,3	4720
Savonlinna	2620	10,6	5090	.	.	.	3730	11,6	2720

* 15% kosteudessa

Peltojen liukoisen typen muutokset

Kuvassa 1 näkyvät liukoisen typen määrät koepaikoittain lokakuussa 2001. Viherlannoitukseen pidättynyt tyyppi on lokakuussa vielä sitoutuneena hajoaavaan kasviainekseen. Kymenlaakson pelloilla avokesannon typpivaikutusta tuskin huomaa! Avokesannoinnissa vapautunut tyyppi on selvästi pidättyneenä rukiin oraisiin. Savolaisista runsasmultaisista peltomaista sen sijaan vapautui runsaasti typpeä maanesteeseen avokesannoinnin ansiosta.



Kuva 1. Kesannointivuoden lokakuussa mitatut liukoisen typen määrät pinta- (0-30 cm) ja pohjamaassa (30-60 cm).

Kesannointitekniikalla oli varsin vähän vaikutusta peltomaan liukoisen typen määrään kesannoinnin jälkeisenä vuonna (Kuva 1). Rukiin alla kasvoi aluskasvinurmi, joka pidatti osaltaan avokesannoinnin vapauttamia typpivaroja. Kymenlaaksossa viherlannoituksen aukkoisuuden takia ohra- ja kauramaissa oli suhteellisen tiheästi valvattia ja Elimäellä myös juolavehneä. Kymenlaakson ohramaiden muokkauskerroksessa (0-30 cm) oli elokuun mittauksissa todella vähän vapaata typpeä, ja pohjamaassakin sen määrä jäi alle 11 kilon. Savolaisissa maissa taas pintamaissa oli typpeä enemmän kuin pohjamaassa.

Pellon typpitaloutta arvioidessa ei siis kannata tuijottaa pelkästään liukoisen typen pitoisuuksia, sillä ne antavat aina vain hetkellisen kuvan kasvukunnosta. Kokonaiskuva muodostuu, kun jyväsadot, jyvien valkuaispitoisuus, rikkakasvitiheys ja maanesteen typen määrä punnitaan yhdessä.

Viherlannoituksen typpitankkaus ei seurannassa olleilla viljapelloilla aiheuttanut typen huuhtoutumisriskiä, sillä kasvimassassa maahan muokattu typpimäärä ei muodostunut liian suureksi verrattuna seuraavan viljakasvin, sen satojätteiden ja ikävien "seuralaiskasvien" ottamaan typpimäärään. Avokesannon vapauttamat ravinteet pidättyivät tehokkaasti syysviljaan ja keväällä sen alle kylvettyyn aluskasvinurmeen.

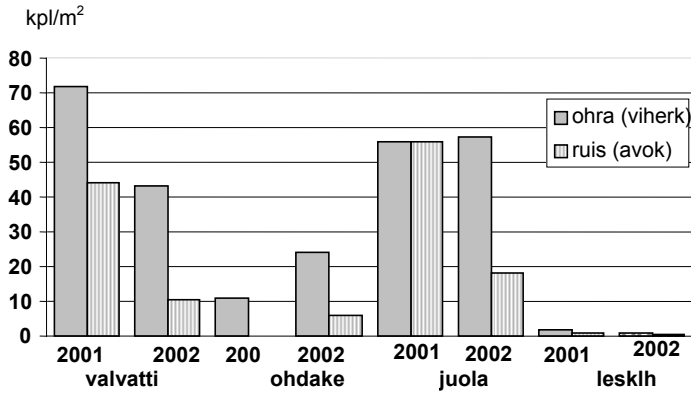
Viherlannoituksen kylvö kesäkuun lopulla ja alkukesän pikakesanto sopivat vain hikevien maiden viljelyyn. Keväällä kylvetyllä viherlannoituksella on saatavissa suurempia viljasatoja, mutta kestorikkakasvien torjumiseksi tarvitaan muita menetelmiä. Avokesannoinnissa tehdään peltotöitä mutta menetetään satokasvin tuotot. Jotta tähän kalliiseen tekniikkaan ei tarvitsisi turvautua kuin kerran kymmenessä vuodessa, on kestorikkakasvit pidettävä mielessä ja viljelyä koko ajan “stemmattava“ niiden mukaan.

Aluskasvien käyttöä Kymenlaakson savi- ja hiesupitoisilla mailla tulisi lisätä entisestään, sillä aluskasvinurmi heikentää siemen- ja kestorikkakasvien kilpailukykyä sekä parantaa muokkauskerroksen multavuutta ja maan kantaavuutta syksyn muokkauksissa. Kaksi- ja kolmivuotiset nurmet nostavat maan multavuutta huomattavasti tehokkaammin kuin keväällä kylvetty ja syksyllä muokattava kasvimassa, mutta koska nurmirehulle ei luomuviljatilalla juuri ole kuluttajaa, on tyydyttävä lyhyisiin nurmiin. Aluskasveilla on joka tapauksessa viljojen satotasojen kohottava vaikutus. Aluskasvinurmen typensidonta ja typenotto maasta edesauttavat esimerkiksi hiilipitoisen viljan olkimassan hajoamista maassa, joten seuraavan kasvin typpilannoitustarve vähenee. Koepaikkojen peltomaiden typpitulokset kertovat ehkä enemmän tilan viljelyhistoriasta kuin kaksivuotisen kesannointitekniikan ja kasvinvuorotuksen vaikutuksesta. Maa on hidas muuttamaan ja sillä on pitkä muisti.

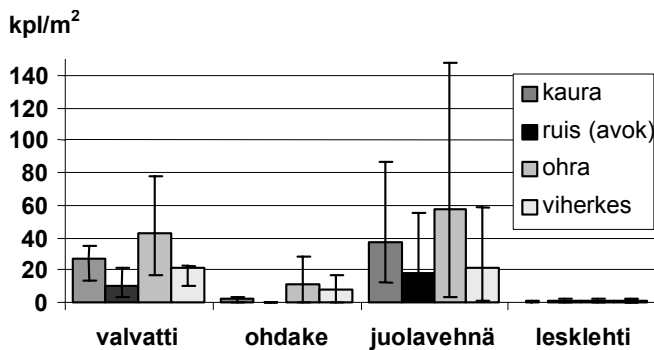
Miten kävi kestorikkakasveille viljelykierrossa?

Avokesannointi torjui suhteellisen tehokkaasti valvattia (Kuva 2). Pintaraapaisuus eivät sen sijaan näyttäneet juuri häiritsevän ohdakkeen kasvua. Valvattilla oli ahdasta pikakesanto-viherlannoitustekniikalla hoidetussa pellossa, mutta pikakesanto oli liian lyhyt ja viherkesanto sen verran aukkoinen, että valvatti sai jonkin verran kasvutilaa. Juolavehnälle ja varsinkin ohdakkeelle viherkesannossa näytti myös löytyneen kasvuedellytyksiä. Juolavehnan yleisyys pysyi ennallaan, mutta ohdakkeen määrä lisääntyi seuraavaan kasvukauteen mennessä. Hikevien maiden viherlannoituskasvustot olivat selvästi tiheämpiä, ja niin valvatti kuin juolavehnanakin kärsivät tilanpuutteesta.

Avokesanto vähensi selvästi juolavehnan määrää useimmilla koepaikoilla (Kuvassa 3 ruispylväs). Yhdellä Kymenlaakson peltolohkolla juolavehnan määrä lisääntyi avokesannoinnin aikana. Tämä tulos johtuu kuivuudesta. Kun maan kosteus laskee riittävästi, juolavehnan juurakko vaipuu lepotilaan, jonka aikana se ei lähde lainkaan kasvuun. Avokesannoinnin aikana levossa ollut juurakko siis vain pätkiytyi. Maan kostuessa syksyllä juurakonpätkät lähtivät kasvuun.



Kuva 2. Kesannointiteknikan vaikutus juolavehnan, valvatin ja ohdakkeen yleisyyteen kesannointivuonna 2001 sekä ohra- tai ruisruuduissa vuonna 2002.



Kuva 3. Kestorikkakasvien yleisyys eri kasvustoissa kesannoinnin jälkeen vuonna 2002. Pylväät esittävät yksilömäärän keskiarvoa ja viikset suurinta ja pienintä havaintoa.

Myöhään kylvetty aukkoiseksi jäänyt viherlannoitus vuonna 2001 ei tehonnut juolavehnaan kunnolla millään lohkoilla. Muutamilla koepaikoilla kylvettiin keväällä 2002 pieni ala viherlannoitusta. Keväällä kylvetyn viherlannoituksen seassa juolavehnan määrä selvästi väheni.

Mielekkyydeltään ja teholtaan pikakesanto+viherlannoituskasvusto on hyvä keino kestorikkakasvien hallintaan. Se ei tosin poista rikkakasveja täydellisesti, mutta auttaa vähentämään niiden määrää. Yhdistelmää ei kuitenkaan kannata käyttää poudanaroilla lohkoilla. Viherkesantokasvuston hyvä kasvu on edellytys kestorikkakasvien vähenemiselle. Avokesannointi on melko varma keino vähentää rikkakasvien määrää. Maata kuluttavaan ja kalliiseen avokesannointiin on syytä turvautua vain jos kestorikkakasvit ovat ryöstäytyneet hallinnasta.

Kirjallisuus

- Ambus, P. & Jensen, E.S. 1997. Nitrogen mineralization and denitrification as influenced by crop residue particle size. *Plant and Soil* 197: 261-270
- Andersen, M.K. & Jensen, L.S. 2001. Low soil temperature effects on short-term gross N mineralisation - immobilisation turnover after incorporation of a green manure. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 511-521
- Ascard, J. 1999. Radhackingens effekt på kväve mineraliseringen. *Forskningsnytt om ekologisk landbruk i Norden* 5/1999: 14.
- Baethgen, W.E., Christiansson, C.B. & García Lamothe, A. 1999. Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. *Field Crops Research* 43: 87 – 99.
- Beck-Friis, B., Lindén, B., Marstorp, H. & Henriksson, L. 1994. Kväve i mark och grödor i odlingsystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland. Institutionen för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, SLU, rapport nro 193. Uppsala: SLU 36 s.
- Böhrnsen, A. 1993. Several years results about mechanical weeding in cereals. Teoksessa: Thomas, J.-M. (ed.). *Non chemical weed control : communications of the fourth international conference I.F.O.A.M., Dijon, France, 5.-9.7.1993.* Tholey-Theley: IFOAM s. 93 - 99.
- Chimielewski, F.-M. & Köhn, W. 1999. Impact of weather on yield components of spring cereals over 30 years. *Agricultural and Forest Meteorology* 96: 49 – 58.
- Clarke, J., Lane, L., Mitchell, A., Ramans, M. & Ryan, P. (eds.). *Arable farming under CAP reform. 12.-14.12.1994, Cambridge, UK. Aspects of applied biology. 1994, no. 40 (2): 403 – 406.*
- Esala, M. & Hautala, J. 1981. Muokkaus, kylvösiemenen laatu ja kylvötekniikka kevätiljoilla. Maatalouden tutkimuskeskus, Etelä-Pohjanmaan koeseman tiedote n:o 4. Ylistaro: Maatalouden tutkimuskeskus. 12 s.
- Foster, R.K. 1990. Effect of tillage implement and date of sweetclover incorporation on available soil N and succeeding spring wheat yields. *Canadian Journal of Plant Science* 70: 269-277.

- Geisler, G. 1983. Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemässigten Klimas. Berlin und Hamburg. s. 12-67, 91-116.
- Grönroos, J., Nikander, A., Syri, S., Rekolainen, S. & Ekqvist, M. 1998. Maatalouden ammoniakkipäästöt. Suomen ympäristö 206. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 62 s.
- Haataja, K. 1998. Karjanlannan käytön kannattavuus. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Tutkimuksia 227. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. 107 s.
- Hakkola, H. & Kempainen, E. 1993. Yksivuotisten viherkesantokasvien vertailu Sotkamossa ja Ruukissa. Koetoiminta ja käytäntö (20.4.1993): 12.
- Hannukkala, A.E. 1995. Viherlannoitus käyttökelpoista pohjoisessakin. Koetoiminta ja käytäntö (25.4.1995): 19-20.
- Jensen, E.S. 1997. Nitrogen immobilization and mineralization during initial decomposition of ¹⁵N-labelled pea and barley residues. *Biology and Fertility of Soils* 24: 39-44.
- Jensen, E.S. 2000. Høj kvælstofmineralisering fra fangafgrøder og grøngødninger selv ved lave vintertemperaturer. *Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden* 3/2000: 4-6.
- Joki-Tokola, E., Mattila, P., Elonen, P. & Tanni, R. 1998. Naudan lietalannan prosessoinnin ja levitystekniikan vaikutus säilörehunurmen satoon, rehun laatuun ja ammoniakkin haihtumiseen. Teoksessa: Ilkka Sipilä ja Aarne Pehkonen (toim.). Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö: MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995-97 loppuraportti. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Julkaisuja 87. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. s. 34-56.
- Joki-Tokola, E., Mattila, P., Isoahti, M., Esala, M. & Kokkonen, A. 2002b. Nurmen pintaan levitetyn väkilannoitteen ja lietalannan tyypin hyväksikäyttö ja nurmisadon laatu. Teoksessa: Nurmirehun kilpailukyvyyn parantaminen –tutkimusohjelman päätösseminaari 18.4.2002. Suomen Nurmihdistyksen julkaisu nro 17. Suomen Nurmihdistys s. 67-86.
- Joki-Tokola, E., Salo, T., Mattila, P., Esala, M. & Isoahti, M. 2002a. Naudan lietalanta nurmen suojakasvin lannoitteena. Teoksessa: Pasi Mattila

- (toim.). Lietelannan käyttö nurmikierrossa. Maa- ja elintarviketalous 15. Jokioinen: MTT. s. 11-30. Verkkojulkaisu päivitetty 03.01.2003. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/met/pdf/met15.pdf>.
- Kapuinen, P. 1999. Lietteen levitysmahdollisuudet. Työtehoseuran maataloustiedote 6/1999 (510). Helsinki: Työtehoseura 6 s.
- Kapuinen, P. & Tyynelä, S. 2004. Kevätviljojen lannoitus lietalannalla. Teoksessa: Hopponen, A. & Rinne, M. (toim.). Maataloustieteen Päivät 2004 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedote no 19. Helsinki: Suomen Maataloustieteellinen Seura Päivitetty 5.1.2004. Saatavissa internetistä: <http://www.agronet.fi/maataloustieteellinenseura/julkaisut/esi04/ti61.pdf/>
- Kauppila, R. & Lindqvist, M. 1992. Aluskasvien vaikutus maan typpitaseeseen ja satoon ohran ja sitä seuraavan vehnän viljelyssä. Teoksessa: Varris, E. & Kauppila, R. (toim.). Viherlannoituskokeiden tuloksia 1979-87. HY kasvinviljelytieteen julkaisuja 30. Helsinki: Helsingin yliopisto s. 191-226.
- Kempainen, E. 1985. Lietelanta ohran lannoitteena. Biologisen typensidonnan ja ravinnetypen hyväksikäytön projekti, SITRA. Julkaisu 21. Helsinki: SITRA 66 s.
- Kempainen, E. 1992. Karjanlanta ja muut eloperäiset lannoitteet. Teoksessa: Maa, viljely ja ympäristö. Porvoo: WSOY. s. 255-294
- Kirby, E. J. M., Ellis, R. P. 1980. A comparison of spring barley grown in England and in Scotland. *Journal of agricultural science, Cambridge* 95: 101-110.
- Kivisaari, S. & Larpes, G. 1983. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. Maatalouden tutkimuskeskuksen tiedote 13/83. Tikkurila: Maatalouden tutkimuskeskus. 54 s.
- Korsaeth, A., Henriksen, T.M. & Bakken, L.R. 2002. Temporal changes in mineralization and immobilization of N during degradation of plant material: implications for the plant N supply and nitrogen losses. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 789 - 799.
- Källander, I. 1993. Luonnonmukainen maanviljely. Helsinki: Kirjayhtymä. 536 s.

- Känkänen, H. 1994a. Viherkesannon tyyppi hyödyksi. Koetoiminta ja käytäntö (22.2.1994): 7.
- Känkänen, H. 1994b. Viherkesanto elävöittää maata. Koetoiminta ja käytäntö (22.2.1994): 8.
- Känkänen, H. 2001- Maan nitraattitypen määrä loppusyksyllä. Teoksessa: Känkänen, H. (toim.). Viherkesannot ja aluskasvit viljan viljelyssä. MTT:n julkaisuja. Sarja B 25. Jokioinen: MTT. s. 21-25
- 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: 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 cereal. *Agricultural and Food Science in Finland* 8: 285-298.
- Lindén, B. & Wallgren, B. 1988. Kväveanrikning på träda –utlakningsrisker och motåtgärder. Konsulentavdelningens rapporter, Sveriges lantbruksuniversitet, Allmänt 136. s. 139-151.
- Lindén, B. & Wallgren, B. 1989. Vallar som fånggrödor –kväveefterverkan. Teoksessa: Gröngödslingsgrödor och/eller fånggrödor, 14-15 november 1989. NJF seminarium 159. Nyborg Strand: NJF s. 15.1-10.
- Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. Nitrogen mineralization after leys ploughed in early or late autumn. *Swedish Journal of Agricultural Research* 23: 77-89.
- Lehto, E. 2000. Viljelyteknologia rikkakasvien torjunnassa ohralla. MTT/Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema. Ruukki: MTT. 12 s.
- Leinonen, P. 2000. Lannoitus luomuviljan viljelyssä. Teoksessa: Luomuviljan tuotanto. Tieto tuottamaan 86. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. s. 40-55. ISBN: 951-808-078-X.
- Luomuviljan tuotanto 2000. Tieto tuottamaan 86. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. 102 s. ISBN: 951-808-078-X.
- Lötjönen, T., Jalli, H., Vanhala, P., Kakriainen-Rouhiainen, S. & Salonen, J. 2002. Kestorikkakasvit kevätiljantutannon uhkana. Kirjallisuuskatsaus.

- Maa- ja elintarviketalous 9. Jokioinen: MTT. 115 s.
- Lötjönen, T. & Mikkola, H. 1999. Viherkesannon niitto ja muokkaus. Koetointi ja käytäntö (20.4.1999): 5.
- Lötjönen, T. & Mikkola, H. 2000. Three mechanical weed control techniques in spring cereals. *Agricultural and Food Science in Finland* 9: 269–278.
- Magid, J., Henriksen, O., Thorup-Kristensen, K. & Müller, T. 2001. Disproportionately high N-mineralization rates from green manures at low temperatures – implications for modeling and management in cool temperate agro-ecosystems. *Plant and Soil* 228: 73 – 82.
- Magnusson, M. & Landström, S. 1997. Tidpunkt för nedbrukning av grön göds-lingsgröda och växtnäringsleverans till efterföljande gröda i norra Sverige. Slutrapport inom programmet Ekologiskt lantbruk. Jordbruksverket (SJV). 15 s.
- MMM 2000. Ympäristötukiopas. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 28 s.
- MMM 2003. Lannan käytön tehostaminen. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 4 s.
- Müller, M. & Sundman, V. 1988. The fate of nitrogen (^{15}N) released from different plant materials during decomposition under field conditions. *Plant and Soil* 105: 133 – 139.
- Nykänen, A., Granstedt, A. & Laine, A. 1998. Apilanurmen iän vaikutus seuraavaan viljasatoon ja päättötavan vaikutus typen huuhtoutumisriskiin luomuviljelyssä. Teoksessa: *Agro-Food '98* : Tampere 3.-5.2.1998 Tampere-talo. Vantaa: Agro-Food ry. s. 6.
- Peltonen-Sainio, P., Forsman, K. & Poutala, T. 1997. Crop management effects on pre- and post-anthesis changes in leaf area index and leaf area duration and their contribution to grain yield and yield components in spring cereals. *Journal of Agronomy & Crop Science* 179: 47-61.
- Peltonen-Sainio, P. & Poutala, R.T. 1995. The effect of green manuring under different fertilization and tillage regimes on yield components and

leaf area index in wheat. *Fragmenta Agronomica* 7(2): 46.

Poutala, R.T. & Hannukkala, A. 1995. The effect of the method of incorporation of *Trifolium resupinatum* L. and *Vicia villosa* Roth. residues in the soil on the performance of a succeeding cereal crop. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 45: 251-257.

Poutala, R.T. & Kuikman, P.J. 1998. The effect of delaying autumn incorporation of green manure crop on N mineralization and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) performance. Teoksessa: Poutala, T. Improving resource efficiency in nutrient management of cereal cropping systems. Ph.D. thesis. Univ. of Helsinki, Dep. of Plant Production, Sect. of Crop Husbandry. Publication No. 51. 22 p.

Rahkonen, A. & Esala, M. 1988. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvöaika. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 17/88. Helsinki: Maatalouden tutkimuskeskus. 72 s.

Simojoki, P. 1977. Kevätviljojen kylvöaika Keski-Suomessa. Koetointi ja käytäntö (29.3.1977): 12

Simojoki, P. 1992. Kylvöä myöhästämällä rikkoja vastaan. *Omavarainen maatalous* 11(3): 8.

Smith, S.P., Iles, D.R. & Jordan, V.W.L. 1994. Nutritional implications of mechanical intervention for weed control in integrated farming systems. Teoksessa: Clarke, J., Lane, L., Mitchell, A., Ramans, M. & Ryan, P. (eds.). *Arable farming under CAP reform*. 12.-14.12.1994, Cambridge, UK. *Aspects of applied biology* 40 (2): 403 – 406.

Srinath, E.G. & Loehr, R.C. 1974. Ammonia desorption by diffused aeration. *Journal of Water Pollution Control Federation* 46 (8): 1939-1957.

Stabbetorp, H. 1980. Forsök med tidlig såing av vårkorn i Søndre Ostfold 1974-76. *Meldinger fra Norges Landbrughøgskole* (59)3: 1-20.

Steinmann, H. 2000. The impact of harrowing on the soil – nitrogen – dynamic under spring wheat – one years results from a loess soil. Teoksessa: Cloutier, D. (ed.). *Abstracts 4th EWRS Workshop on Physical Weed Control*. 20.-22.3.2000, Elspeet, The Netherlands. Québec: EWRS s. 57.

- Sorensen, J.N. & Thorup-Kristensen, K. 2003. Undersowing legume crops for green manuring of lettuce. *Biological Agriculture & Horticulture* (21)4: 399-414.
- Takala, E. 1984. Lietelanta lannoitteena: sijoituksen ja pintalevityksen vertailu. Biologisen typensidonnan ja ravinnetyypen hyväksikäytön projekti. Julkaisu 9. Helsinki: SITRA 55 s.
- Thorup-Kristensen, K. & Bertelsen, M. 1996. Green manure crops in organic vegetable production. *New Research in Organic Agriculture* 2. 11th international scientific IFOAM Conference, Copenhagen. Tholey-Theley: IFOAM s. 75 – 79.
- Thomsen, I., K. & Sorensen, P. 2004. Tillage in the growing season is ineffective as a tool of increased soil N mineralization. *Darcofenews*. Newsletter from Danish Research Centre for Organic Farming. April 2004. No. 1. Viitattu 24.05.2004.<http://www.darcof.dk/enews/april04/Tillage.html>
- Thorup-Kristensen, K. & Nielsen, N.E. 1998. Modelling and measuring the effect of nitrogen catch crops on the nitrogen supply for succeeding crops. *Plant and Soil* 203: 79-89.
- Turtola, E. & Kemppainen, E. 1998. Nitrogen and phosphorous losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 569-581.
- Uusi-Kämpä, J., Heinonen-Tanski, H. & Mattila, P. 2002. Ravinne- ja mikrobikuormitus nurmelle levitetystä lietelannasta. Teoksessa: Mattila, P. (toim.). Lietelannan käyttö nurmikierrossa. Maa- ja elintarviketalous 15. Jokioinen: MTT. s. 45-80.
- Varis, E. & Kauppila, R. (toim.) 1992. Viherlannoituskokeiden tuloksia vuosilta 1979-87. Helsingin yliopisto, Kasvinviljelytieteen julkaisuja 30. Helsinki: Helsingin yliopisto 260 s.
- VNa 9.11.2000/931. Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Annettu Helsingissä 9.11.2000.
- Väisänen, J., Forsman, K. & Kakriainen-Rouhiainen, S. 2003. Possibilities to improve yield of green manured spring barley crop by delayed sowing in organic production. Teoksessa: Niemeläinen, O & Topi-Hulmi, M. (eds.).

Proceedings of the NJF's 22nd congress 'Nordic Agriculture in Global Perspective', July 1-4, 2003, Turku, Finland. s. 27. Jokiainen: MTT ja NJF.

Wallgren, B. & Lindén, B. 1989. Kvävefterverkan av grüngödslingsgrödor och träda. Teoksessa: Grüngödslingsgrödor och/eller fånggrödor, 14-15 november 1989. NJF seminarium 159. Nyborg Strand: NJF s. 201-10.

Wallgren & Lindén 1991. Residual nitrogen effects of green manure crops and fallow. Swedish Journal of agricultural research. 21: 67-77.

Wivstad, M. 1989. Ettårig grüngödsling – artblandningar och efterverkan. Teoksessa: Grüngödslingsgrödor och/eller fånggrödor, 14-15 november 1989. NJF seminarium 159. Nyborg Strand: NJF s. 6.1-11

Liitteet

Liite 1. Karjanlantakokeen satotulokset (15 % kosteudessa) vuosittain Ruu-
kissa

	Sato (kg/ha)			Valkuaispit. (%)			N-otto (kg/ha)			Hehtolitr/p. (kg)		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
<i>Levitysajankohta</i>												
Kevät	5234	2100	5274	14,5	9,6	11,5	117	32	91	61,2	62,4	65,3
Oras	5250	2047	5353	14,2	9,3	11,6	115	31	94	60,9	61,5	65,0
SEM*		139			0,38			3,1			0,25	
<i>Lannoitus keskim.</i>												
Ilman viherlann		1616	4830		9,8	11,0		25	80		61,5	65,0
Viherlannoitus	5234	1706	5286	14,2	9,5	12,6	114	26	101	60,9	61,6	65,2
V1 +10 t lietettä	5184	1845	5210	14,1	9,7	11,2	112	29	87	60,9	62,0	65,5
V1 +20 t lietettä	5243	2154	5262	14,6	9,4	12,1	118	32	97	60,8	61,9	65,2
V1 +30 t lietettä	5258	2324	5693	14,3	9,3	10,7	116	35	92	61,6	62,4	65,1
V1 +40 t lietettä	5290	2797	5598	14,6	9,0	11,6	119	41	98	61,2	62,4	65,0
SEM*		148			0,43			3,6			0,27	
<i>Lannoitus</i>												
Kevät, ilman vl		1735	4686		9,9	12,1		26	86		62,2	64,9
Kevät + viherl.	5253	1829	5125	14,4	9,6	11,5	115	28	89	61,2	62,0	65,3
K + vl + 10 t	5170	1789	5156	14,0	9,7	12,2	111	28	93	60,9	62,2	65,9
K + vl + 20 t	5313	2138	5622	14,9	9,6	11,0	121	33	93	61,3	62,3	65,3
K + vl + 30 t	5194	2311	5584	14,5	9,5	10,7	116	35	90	61,7	62,9	65,4
K + vl + 40 t	5238	2800	5470	14,8	9,1	11,6	120	41	96	61,1	63,0	65,2
Oras, ilman vl		1497	4974		9,7	9,9		23	75		60,8	65,1
Oras + viherl.	5215	1582	5447	14,1	9,4	13,6	113	24	113	60,7	61,2	65,1
Oras + vl + 10 t	5199	1901	5265	14,2	9,6	10,3	113	29	82	60,9	61,7	65,1
Oras + vl + 20 t	5173	2171	4902	14,3	9,2	13,3	114	32	100	60,3	61,4	65,1
Oras + vl + 30 t	5322	2337	5802	14,1	9,1	10,7	115	34	93	61,5	61,9	64,9
Oras + vl + 40 t	5342	2793	5726	14,3	8,9	11,7	117	40	101	61,4	61,8	64,9
SEM*		162			0,58			4,2			0,29	

* Keskiarvon keskivirhe yli vuosien laskettuna ilman ei-viherlannoitus-koejäsentä

Liite 2. Viljelykiertokokeen koepaikkojen maan viljavuustiedot

Koepaikka	pH	Maalaji	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	P mg/l
Elimäki	6 - 6,4	As ja Hs	2176 - 2537	272 - 317	686 - 1027	1,1 - 2,4
Jaala	6,4 - 7,3	mHs ja mHsS	1025 - 2197	78 - 133	118 - 427	2,3 - 6,9
Juva	6,3	m ja rm HHT	1304 - 1445	106 - 130	184 - 214	3,9 - 4,4
Savonlinna	6,2 - 6,9	rm HtMr	1502 - 2692	104 - 188	83 - 126	4,3 - 17,7

Maa- ja elintarviketalous –sarjan kasvintuotantoteemassa ilmestyneitä julkaisuja

2004

- 52 Kasvuvoimaa luomuohralle. *Väisänen, J. ym.* 89 s. Hinta 20 euroa.
- 49 Vaihtoehtoja ravinnetalouden ja kasvintuhoojien hallintaan laajamittaisessa luomuvihannesviljelyssä. *Kallela, M. ym.* 62 s. Hinta 20 euroa.
- 48 Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla. *Hovinen, S. ym.* (toim.) 199 s. Hinta 25 euroa.
- 46 Puutarhakasvien tihkukastelu ja kastelulannoitus avomaalla. Viljely, teknologia ja talous. *Suojala, T. ym.* 134 s. Hinta 25 euroa.
- 42 Kiinalaisten ja uhanalaisten rohdoskasvien viljelymahdollisuudet Suomessa. *Jokela, K & Galambosi, B.* 31 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met42.pdf).
- 41 Perunantyvi- ja märkämädän epidemiologia, diagnostiikka ja hallintakeinot. *Hannukkala, A. & Segerstedt, M.* (toim.). 58 s. Hinta 20 euroa.

2003

- 37 Adaptogeenikasvien viljelytutkimus ja käyttö Suomessa. Ruusujuuri-seminaari, Mikkeli, 18.6.2002. *Galambosi, B.* (toim.). 106 s. Hinta 25 euroa.
- 26 Luomumansikan viljelytekniikka ja kasvinsuojelu. Kirjallisuusselvitys. *Prokkola ym.* 160 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met26.pdf).
- 17 Uhanalaisten lääkekasvien markkinat ja viljely: Kirjallisuusselvitys. *Galambosi, B. & Jokela, K.* 88 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met17.pdf).

Julkaisuviitteet löytyvät sarjojen internetsivuilta
www.mtt.fi/julkaisut/sarjathaku.html.

