



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 24/2020

Rehuviljaa entistä edullisemmin

Arto Huuskonen ja Katariina Manni (toim.)

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2020

Rehuviljaa entistä edullisemmin

Arto Huuskonen ja Katariina Manni (toim.)

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2020



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Viittausohje:

Huuskonen, A. & Manni, K. (toim.). 2020. Rehuviljaa entistä edullisemmin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 99 s.

Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:

Lötjönen, T., Manni, K. & Huuskonen, A. 2020. Kokoviljojen ruutukokeet 2017–2019. Julkaisussa: Huuskonen, A. & Manni, K. (toim.). Rehuviljaa entistä edullisemmin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 8-26.

Arto Huuskonen, ORCID ID <http://orcid.org/0000-0003-0938-5675>



ISBN 978-952-326-946-0 (Painettu)

ISBN 978-952-326-947-7 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-947-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Arto Huuskonen ja Katariina Manni (toim.)

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Timo Lötjönen

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

Alkusanat

Rehuviljaa entistä edullisemmin (Rehvi) oli Luonnonvarakeskuksen (Luke) toteuttama projekti, joka käynnistyi 1.4.2017 ja päättyi 31.3.2020. Hanke toimi Pohjois-Pohjanmaan alueella tavoitteenaan parantaa nautakarjatilojen kannattavuutta ja kilpailukykyä. Tavoitteeseen pyrittiin parantamalla rehun tuotannon kustannustehokkuutta ja kehittämällä ratkaisumalleja rehuviljan tuotantoon ja käyttöön nautakarjatiloiilla. Toimintamallit jalkautettiin kentälle pellonpiennarpäivillä, lehtiartikkeleilla sekä sidosryhmien ja kumppanuushankkeiden järjestämissä tilaisuuksissa. Yksityiskohtaisina tavoitteina oli:

- Edistää puitavan rehuviljan tuoresäilöntää hankealueen nautakarjatiloiilla ja hakea ratkaisumalleja tuoreviljan säilönnässä koettuihin haasteisiin
- Tuottaa todennettua tietoa tuoresäilötyn rehuviljan tuotosvasteista nautakarjan ruokinnassa
- Rohkaista hankealueen nautakarjatiloja kokoviljasäilörehun käytön lisäämiseen osana suunnitelmallista rehuntuotantoa
- Tuottaa tutkimuksella todennettua ja käytäntöön sovellettavaa tietoa kevätruisvehnän käyttömahdollisuuksista osana nautakarjatilojen rehuntuotantoa

Tässä julkaistava raportti kokoaa yhteen hankkeessa toteutettujen tutkimusosioiden tulokset, joiden toivotaan omalta osaltaan palvelevan suomalaisen nautakarjatalouden kehittämistä.

Rehvi-hanketta rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki myönnettiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta. Hankkeen yksityisrahoittajina toimivat Berner Oy, Eastman, Hankkija Oy sekä Pohjois-Pohjanmaan alueen maatalousyrittäjät osallistumismaksujen kautta.

Hankkeen etenemiseen myötävaikutti ohjausryhmä, joka antoi arvokasta palautetta hankkeen työntekijöille. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Esa Rahja ja jäseninä olivat Harri Eteläniemi, Pirjo Hissa, Erkki Joki-Tokola, Juha-Pekka Klasila, Kukka Kukkonen ja Arja Seppälä. Hankkeen toteuttajat kiittävät kaikkia rahoittajia, ohjausryhmän jäseniä ja yhteistyökumppaneita hyvin toimineesta yhteistyöstä.

Vesannolla 27.3.2020

Arto Huuskonen

Luonnonvarakeskus

Tiivistelmä

Arto Huuskonen¹ ja Katariina Manni² (toim.)

¹Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

²Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

Raportti kokoaa yhteen Rehuviljaa entistä edullisemmin -hankkeen tutkimusten tulokset. Ensimmäinen artikkeli käsittelee ruisvehnän, ohran ja vehnän eri lajikkeiden satoja ja ruokinnallista laatua kokoviljasäilörehuksi korjattuna. Toinen artikkeli kokoaa tulokset kasvavien lihanautojen ruokintakeesta, jossa selvitettiin kevätruusvehnästä korjatun kokoviljasäilörehun tuotantovaikutusta. Tulosten perusteella sonnit kompensoivat kokoviljasäilörehun nurmisäilörehua heikompaa sulavuutta rehun syöntiä lisäämällä. Kevätruusvehnä näyttäisi soveltuvan kohtuullisen hyvin sonnien ruokintaan varsinkin seoksena nurmisäilörehun kanssa. Kustannusvertailussa kokoviljat olivat kilpailukykyinen karkearehuvaihtoehto. Lisäksi kokoviljat sopivat hyvin nurmen esikasviksi.

Raportin artikkelit 3–6 käsittelevät murskeviljan säilöntää. Murskesäilönnässä viljan jyvät murskataan niin, että jyvän pinta rikkoutuu ja pakataan ilmatiiviisti siiloon tai muovituubiin. Rehussa muodostuva maitohappo ja mahdolliset säilöntäaineen mukana lisätyt hapot laskevat pH:ta niin, että rehu saavuttaa mikrobiologisesti vakaan tilan. Murskeviljan säilönnässä voidaan käyttää samoja säilöntäaineita kuin säilörehun säilönnässä. Tulosten perusteella kuivahkon murskeviljan säilöntälaatua ja aerobista stabiilisuutta pystyttiin parantamaan muurahais- ja propionihappopohjaisia säilöntäaineita käyttäen. Lisäksi muurahaishappopitoisuuden määrän lisääminen paransi säilöntäaineen tehoa, joten haastavissa säilöntätilanteissa säilöntäaineen määrän lisääminen parantaa säilöntävarmuutta. Vaikka propionihappoa sisältävä säilöntäaine on tarkoitettu ensisijaisesti kuivahkon viljan säilöntään, kun pääasiallinen haaste on homeiden torjunta, tulosten perusteella sitä voidaan käyttää myös kosteammalla viljalla ehkäisemään puidun viljan lämpenemistä, mikäli murskaus viivästyy. Edellytyksenä kuitenkin on, että säilöntäainekäsittely tehdään joko puinnin yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen. Tilänäyteteisiin perustuvassa selvityksessä havaittiin, että säilöntäaineen levittymistasaisuus vaihtelee. Tämän vuoksi siihen olisi syytä kiinnittää erityistä huomiota. Vaikka säilöntäaineen keskimääräinen käyttömäärä olisi tavoitteenmukainen, säilöntäaineen määrän vaihtelut saattavat kuitenkin olla suuria, jos säilöntäaineen levittymistasaisuudessa on eroja. Tämä on riski tuoreviljan säilönnän onnistumiselle.

Raportin seitsemäs artikkeli käsittelee eri tavoilla tuoresäilötyn ohran tuotantovaikutuksia maitorotuisten sonnien ruokinnassa kuivattuun ohraan verrattuna. Kokeessa havaittiin, että tuoreviljaruokinoilla olleet sonnit söivät enemmän seosrehua kuin kuivattua viljaa saaneet sonnit, minkä seurauksena niiden energian saanti oli suurempaa. Tämän seurauksena tuoreviljaruokinoilla olleiden sonnien kasvatulokset olivat hieman paremmat kuin kuivattua viljaa saaneilla sonneilla.

Kahdeksas artikkeli käsitteli tutkimusta, jossa selvitettiin, onko viljakasvuston kehitysasteella vaikutusta hometoksiinien määrään. Tutkittavaksi viljaksi valittiin kaura, jolla ilmiön oletettiin näkyvän parhaiten. Kauranäytteitä kerättiin 10 Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevalta tilalta syksyinä 2017–2018. Näytteiden perusteella vaikuttaa sille, että punahometta aiheuttavien *Fusarium*-sienten ja niiden muodostamien toksiinien pitoisuudet lisääntyvät kasvustossa syksyn edetessä. Edellytyksenä kuitenkin on, että sää on ollut kostea kauran kukinnan aikaan ja puintia edeltävänä aikana. Punahome- ja toksiiniongelmien taustalla vaikuttaa lukuisa joukko eri tekijöitä. Pienestä tilamäärästä johtuen tässä tutkimuksessa eri tekijöille ei löydetty selkeitä syy-seurausyhteyksiä säättekijää lukuun ottamatta.

Asiasanat: rehuvilja, kokoviljasäilörehu, tuoresäilöntä, naudanlihantuotanto, hometoksiinit

Sisällys

1. Kokoviljojen ruutukokeet 2017–2019	8
1.1. Johdanto	9
1.2. Aineisto ja menetelmät.....	10
1.2.1. Koekäsittelyt.....	10
1.2.2. Kokeiden toteutus.....	10
1.2.3. Sadosta tehdyt analyysit	12
1.2.4. Tilastollinen analyysi	12
1.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	13
1.3.1. Sääolot kasvukausina 2017–2019	13
1.3.2. Sadon määrä vuosien 2017 ja 2018 kokeissa.....	13
1.3.3. Sadon koostumus vuosien 2017 ja 2018 kokeissa	18
1.3.4. Kokoviljakasvustojen lannoituksen ja kylvösiemenmäärän vaikutus perustettavan nurmen satoon.....	20
1.3.5. Typpilannoituksen vaikutus kevätruisehnan satoon vuoden 2019 kokeessa.....	20
1.4. Kokoviljasäilörehujen yksinkertaistettu kustannusvertailu-laskelma.....	22
1.5. Yhteenveto ja johtopäätökset	24
2. Kevätruisehna- ja ohrakokoviljasäilörehut kasvavien sonnien ruokinnassa	27
2.1. Johdanto	28
2.2. Aineisto ja menetelmät.....	29
2.2.1. Koe-eläimet ja kasvatusympäristö	29
2.2.2. Koeruokinnat.....	29
2.2.3. Koerehut.....	30
2.2.4. Rehunäytteiden otto, esikäsittely ja analysointi	30
2.2.5. Eläinten punnitus ja teurastus	31
2.2.6. Tilastollinen analyysi	31
2.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	32
2.3.1. Koerehut.....	32
2.3.2. Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti.....	33
2.3.3. Kasvu ja rehun hyväksikäyttö	35
2.3.4. Teurastulokset.....	36
2.4. Yhteenveto ja johtopäätökset	36
3. Eri säilöntäaineet kuivahkon murskeehnan säilönnän tukena	39
3.1. Johdanto	40
3.2. Aineisto ja menetelmät.....	41
3.2.1. Viljan murskaus ja säilöntä.....	41
3.2.2. Säilöntähävikin, homehtumisen ja aerobisen stabiilisuuden määrittäminen	44

3.2.3. Tilastollinen analyysi	45
3.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	45
3.3.1. Murskeviljan käymislaatu ja säilöntätappiot.....	45
3.3.2. Murskeviljan aerobinen stabiilisuus.....	47
3.4. Yhteenveto ja johtopäätökset	50
4. Propionihappopitoinen säilöntäaine vastapuidun viljan lämpenemisen hidastajana.....	51
4.1. Johdanto	52
4.2. Aineisto ja menetelmät.....	53
4.2.1. Viljan propionihappokäsittelyn esikoe vuonna 2018.....	53
4.2.2. Viljan propionihappokäsittelykoe vuonna 2019	53
4.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	55
4.3.1. Vuoden 2018 esikokeen tulokset	55
4.3.2. Vuoden 2019 varsinaisen kokeen tulokset	56
4.4. Yhteenveto ja johtopäätökset	57
5. Murskesäilötyn viljan säilönnällinen ja mikrobiologinen laatu	59
5.1. Johdanto	60
5.2. Aineisto ja menetelmät.....	60
5.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	61
5.4. Yhteenveto ja johtopäätökset	67
6. Säilöntäaineen levittymistasaisuus murskesäilötystä viljassa	69
6.1. Johdanto	70
6.2. Aineisto ja menetelmät.....	71
6.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	72
6.4. Yhteenveto ja johtopäätökset	75
7. Tuoresäilötty ohra kasvavien nautojen seosrehuruokinnassa	77
7.1. Johdanto	78
7.2. Aineisto ja menetelmät.....	78
7.2.1. Koe-eläimet ja kasvatusympäristö	78
7.2.2. Rehut, ruokinta ja koejärjestelyt.....	78
7.2.3. Rehunäytteiden otto ja analysointi	79
7.2.4. Eläinten punnitus ja teurastus	80
7.2.5. Tilastollinen analyysi	80
7.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	80
7.4. Yhteenveto ja johtopäätökset	85
8. Viljojen hometoksiinit	87
8.1. Johdanto	88
8.2. Aineisto ja menetelmät.....	89
8.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	90

8.3.1. Syksyn 2017 näytteet	90
8.3.2. Vuoden 2017 tuloksiin vaikuttaneita tekijöitä	96
8.3.3. Syksyjen 2018 ja 2019 näytteet	96
8.4. Yhteenveto ja johtopäätökset	98

1. Kokoviljojen ruutukokeet 2017–2019

Timo Lötjönen¹, Katariina Manni² ja Arto Huuskonen³

¹Luonnonvarakeskus (Luke), Paavo Havaksentie 3, 90570 Oulu

²Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

³Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

Tiivistelmä

Kokoviljasäilörehu on potentiaalinen vaihtoehto, kun tavoitteena on pienentää rehuntuotanto- ja ruokintakustannuksia. Kustannussäästö perustuu erityisesti korkeaan satotasoon kertakorjuulla. Parhaimmillaan hehtaarikohtainen kokoviljasäilörehusato voi olla jopa yli 10 tonnia kuiva-ainetta. Suomessa ohraa on perinteisesti pidetty parhaana kokoviljasäilörehun raaka-aineena erityisesti hyvän sulavuutensa vuoksi. Viime aikoina kiinnostus kevätruusvehnän viljelyyn on lisääntynyt sen hyvän sadontuottokyvyn vuoksi. Tässä tutkimusosiossa selvitettiin kokoviljasäilörehuksi korjattavan ruusvehnän, ohran ja vehnän eri lajikkeiden satoja ja ruokinnallista laatua, lannoitustason vaikutusta kevätruusvehnän kokoviljasatoon ja nurmen perustamista, kun suojaviljakasvusto korjattiin kokoviljasäilörehuksi.

Kokoviljojen kenttäkokeet tehtiin Luonnonvarakeskuksessa Ruukissa vuosina 2017–2019. Vuoden 2017 kokeessa oli kaksi ruusvehnälajiketta (Nagano, Nilex), kaksi ohralajiketta (Kaarle, Trekker) ja yksi vehnälajike (Helmi). Vuoden 2018 kokeessa oli edellisten lisäksi ohralajike Armas sekä ruusvehnälajikkeet Bikini ja Somtri. Molempina vuosina perustyyppilannoitustasona oli 90 kg N/ha. Kokoviljoista määritettiin sato, kuiva-aine ja koostumus. Lisäksi vuoden 2018 kokeen kasvustoista määritettiin fraktiot, eli tähkän, korren ja lehtien osuudet ja analysoitiin niiden sulavuus ja tähkän tärkkelyspitoisuus. Vuoden 2017 kokeessa perustettiin nurmi, jonka suojakasvina oli kokovilja ja kylvösiemenen ja lannoituksen määrä oli joko perustaso tai perustasosta vähennettiin 30 %. Vuoden 2019 kokeessa tyyppitasot porrastettiin välille 0–250 kg N/ha ja kasvustoista määritettiin sato ja koostumus.

Vuonna 2017 satoisin kokovilja oli Nagano, jonka kuiva-ainesato ylitti 10 tn ka/ha. Muilla koejäsenillä sadot olivat 9,3–9,5 tn ka/ha. Vähennettäessä kylvösiemen- ja lannoitusmääriä 30 %:lla perustasosta, sadot olivat 7,9–8,7 tn ka/ha, mikä oli 10–15 % vähemmän kuin normaalitasoilla. Vuonna 2018 ruusvehnät olivat hieman satoisampia (9,2–10,6 tn ka/ha) kuin ohrat ja kevätrvehnä (7,7–9,1 tn ka/ha). Tästä poikkesi Bikini, jonka sato oli selvästi muita ruusvehniä pienempi. Fraktioista tähkän osuus oli suurin vaihdellen välillä 52–67 % lukuunottamatta Bikiniä, jolla se oli 46 %. Erot Bikinin ja muiden lajikkeiden välillä saattoi johtua siitä, että Bikini korjattiin liian aikaisin. Koska suojaviljan lakoa ei esiintynyt vuonna 2017, ensimmäisen vuoden nurmisadot ja kasvustojen tiheydet olivat hyvät, eivätkä ne eronneet merkittävästi toisistaan. Typpiporraskokeessa koejäsenten sadot olivat kuivuudesta johtuen vaatimattomia vaihdellen välillä 6,5–7,4 tn ka/ha. Taloustarkastelut osoittivat, että erityyppiset kokoviljasäilörehut eivät ole nurmea merkittävästi kalliimpia tuottaa.

Kevätruusvehnä osoittautui potentiaaliseksi kokoviljasäilörehukasviksi. Myös kustannusvertailussa kokoviljat olivat kilpailukykyinen karkearehuvaihtoehto. Kokoviljat sopivat nurmen esikasviksi. Lakoontumisen estämiseksi vähennetty lannoitustaso ja siemenmäärä vaikuttivat melko vähän kokoviljasatoon. Kevätruusvehnän tyyppilannoitusvasteita ei pystytty osoittamaan, koska kasvusto kärsi pahoin kuivuudesta.

Asiasanat: kokoviljasäilörehu, kevätruusvehnä, sato, koostumus, tyyppilannoitus, suojakasvi

1.1. Johdanto

Kokoviljasäilörehu on potentiaalinen vaihtoehto, kun tavoitteena on pienentää rehuntuotanto- ja ruokintakustannuksia. Kustannussäästö perustuu erityisesti korkeaan satotasoon kertakorjuulla, mikä vastaa 2–3 nurmisäilörehun korjuukertaa. Parhaimmillaan hehtaarikohtainen kokoviljasäilörehusato voi olla jopa yli 10 tn kuiva-ainetta. Korjuuseen voidaan käyttää samaa korjuukalustoa kuin nurmenkorjuussakin, mikä osaltaan tuo säästöjä kustannuksiin.

Kokoviljasäilörehu sopii hyvin nurmivaltaisen tilan viljelykiertoon. Yksivuotisena kasvina sen viljelyalaa voidaan hyödyntää nurmien uusimisessa ja lannanlevitykseen. Kokoviljasäilörehu on hyvä nurmen esikasvi puintia aikaisemman korjuuajankohtansa vuoksi. Lisäksi se tuo joustavuutta sadonkorjuuseen, sillä korjuu ajoittuu tyypillisesti eri ajankohtaan kuin nurmisäilörehun teko ja puinti.

Kokoviljasäilörehu korjataan ennen viljan tuleentumista. Tyypillinen korjuuajankohta on taikinatu-leentumisaste. Tällöin viljakasvuston väri on jo selvästi muuttumassa keltaiseksi ja jyvä on kehittynyt täyteen kokoonsa, mutta on vielä vihreä ja melko pehmeä. Valtaosa tärkkelyksestä on muodostunut jyvään, mutta korsi on sulavampaa kuin tuleentuneessa kasvustossa.

Kasvuston pituus ei juurikaan muutu maitotuleentumisvaiheen jälkeen, mutta korren ja tähkän osuuksissa tapahtuu muutoksia (Tuori ym. 2003). Viljakasvin kehittyessä korren osuus pienenee ja tähkän osuus suurenee (Tuori ym. 2003). Taikinatu-leentuneessa viljassa tähkän osuus on yleensä 50–60 % kuiva-aineesta. Rehun sulavuuteen ja energiapitoisuuteen korren ja tähkän osuuksien muutokset eivät juurikaan vaikuta, koska kasvin kehittyessä korren sulavuus huononee (Tuori ym. 2003).

Koska kokoviljasäilörehu sisältää korsisadon lisäksi myös jyväsadon, se on korjuuvaiheessa alttiina erityisesti jyvien korjuutappioille. Jyväsadon karisemishävikkien riski kasvaa sadon tuleentumisen edetessä. Korjuutappioiden minimoinnissa oikean korjuuajankohdan lisäksi myös korjuutavalla on vaikutusta. Suositeltava vaihtoehto on korjata kokoviljasäilörehu suoraan kasvustosta ajosilppurilla niittopäätä käyttäen (Suokannas 2003). Mikäli korjuu tehdään kasvusto ensin niittämällä, esikuivatus-ta, murskausta tai karhotusta ei suositella, koska ne lisäävät varisemistappioita.

Nautojen ruokinnassa kokoviljasäilörehua voidaan käyttää sekä ainoana karkearehuna että seoksena nurmisäilörehun kanssa (Huuskonen 2013). Aperuokinnassa se on parhaimmillaan. Kokoviljasäilörehun heikkoutena on keskimääräistä nurmisäilörehua heikompi sulavuus, joka yleensä kuitenkin kompensoituu ainakin osittain lisääntyneenä kuiva-aineen syöntinä (Huhtanen ym. 2007). Myös raakaval-kuaispitoisuus on tyypillisesti matala. Näin ollen kokoviljasäilörehu sopii erityisesti valkuaispitoisen säilörehun täydennykseen vähentäen liiallista typen saantia ja siten tehostaen valkuaisen hyväksikäyttöä.

Suomessa ohraa on perinteisesti pidetty parhaana kokoviljasäilörehun raaka-aineena erityisesti hyvän sulavuutensa vuoksi. Viime aikoina kiinnostus kevätruisehnan viljelyyn on lisääntynyt sen hyvän sadontuottokyvyn vuoksi. Kevätruisehnanä on melko uusi viljalaji Suomessa ja pitkän kasvuaikan takia se sopii toistaiseksi parhaiten kokoviljasäilörehun tuottamiseen. Tämän tutkimusosion tavoitteena oli verrata kokoviljasäilörehuksi korjattavan kevätruisehnan, ohran ja vehnän eri lajikkeiden satoja ja ruokinnallista laatua. Lisäksi yhdessä kokeessa verrattiin eri lannoitustasoja tavoitteena löytää optimaalinen typpilannoitustaso kevätruisehnanä. Lisäksi tutkittiin nurmen perustamisen onnistumista, kun suojaviljakasvusto korjattiin kokoviljasäilörehuksi. Lopuksi tehtiin yksinkertaistettu tuotantokustannuslaskelma erilaisille kokoviljasäilörehuvaihtoehdoille.

1.2. Aineisto ja menetelmät

1.2.1. Koekäsittelyt

Kokoviljakokeiden toteutuspaikkana oli Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen toimipiste. Ruukin kylässä (N 64°68' E 25°09') sijaitsevalla entisellä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) koemasella toimintaa on ollut jo lähes 100 vuotta. Tutkimuksen pääpainopisteenä Ruukissa ovat nurmet ja naudanlihan tuotanto, johon oleellisena osana kuuluvat myös viljakasvien kenttäkokeet.

Kokoviljojen kenttäkokeet toteutettiin vuosina 2017–2019. Vuoden 2017 kokeessa oli kaksi ruisvehnälajiketta (Nagano, Nilex), kaksi ohralajiketta (Kaarle, Trekker) ja yksi vehnälajike (Helmi). Vuoden 2018 kokeessa oli edellisten lisäksi mukana ohralajike Armas sekä ruisvehnälajikkeet Bikini ja Somtri. Perustyyppilannoitustasona molempina vuosina oli 90 kg N/ha. Kokeissa verrattiin kokoviljasäilörehuksi korjattavien kevätilvojen eri lajikkeiden satoja ja ruokinnallista laatua.

Vuoden 2017 kokeessa tutkittiin lisäksi kokoviljasäilörehun käyttöä perustettavan nurmen suojakasvina kahdella eri lannoitus- ja kylvösiemenmäärällä. Pienemmällä määrällä kylvösiemenen ja NPK-lannoituksen määrää vähennettiin 30 % perustasosta.

Vuoden 2019 kokeessa tutkittiin eri tyyppilannoitustasojen vaikutusta kevätruusvehnän satoon ja koostumukseen. Tavoitteena oli löytää optimaalinen tyyppilannoitustaso. Tämän tutkimuksen lähtökohtana olivat viljelijöiden kokemukset siitä, että erityisesti kevätruusvehnät kestävät suurempia lannoitustasoja lakoontumatta kuin mitä oli käytetty aiempien vuosien kokeissamme.

1.2.2. Kokeiden toteutus

Kenttäkokeen paikkaa vaihdettiin vuosittain, mutta maalaji oli joka vuosi multavaa karkeaa hietaa (Taulukko 1). Viimeisenä vuonna maalajiluokitus oli ”hiekkainen karkea hietä”, joten koepaikka oli aavistuksen arempi kuivuudelle kuin edellisvuosien koepaikat. Viljavuusarvot olivat tyyppisiä karjatilan karkean maan arvoja: fosforiluvut olivat tasolla ”tyydyttävä – hyvä” ja kalium korkeintaan tasolla ”välttävä”. Tämä otettiin huomioon lannoituksen suunnittelussa.

Taulukko 1. Koepaikkojen maalajit ja keskeiset viljavuusarvot vuosina 2017–2019.

Vuosi	Maalaji	Multavuus	pH	Ca	K	P	Mg	S
2017	KHt	m	6,1	1400	75	14	96	10
2018	KHt	m	6,2	1600	110	15	130	12
2019	hkKHt	m	6,7	1300	67	18	130	9

Kokeet perustettiin syys- tai kevätkynnettyyn ja S-piikkiäkeellä muokattuun peltoon. Karjanlantaa ei käytetty, vaan ravinteet annettiin mineraalilannoitteina kylvön yhteydessä. Kylvöön käytettiin työlevydeltään 1,5 m koeruutukylvökonetta, ja koeruudut jyrättiin kylvön jälkeen. Koejäsenet ja kokeiden toteutusten yksityiskohdat on esitelty Taulukossa 2. Perustyyppitasona käytettiin 90 kg/ha, koska haluttiin välttää kasvustojen lakoontumista, mutta toisaalta turvata kasvustojen riittävä ravinteiden saanti. Ympäristötuki olisi sallinut kokoviljasäilörehulle maksimissaan 120 kg N/ha multavalla maalla. Koska maa-analyysin mukaan kaliumista oli kaikilla koepaikoilla puutetta, käytettiin kaliumpitoisia NPK-lannoitteita. Koeruutujen leveys oli 1,5 m ja pituus 10 m. Kokeet tehtiin neljänä toistona eli keranteena.

Taulukko 2. Kenttäkokeiden koejäsenet sekä kylvö-, lannoitus- ja korjuutiedot vuosina 2017–2019.

Vuosi	Koejäsen, viljalaji ja -lajike	Siemen- määrä, kpl/m ²	N- lannoitus, kg/ha	NPK- lannoite	Kylvö- ajankohta	Korjuu- ajankohta	
2017	Ohra, Kaarle	500	90	20-2-12	24.5.	16.8.	
	Ohra, Kaarle	350	63	20-2-12	24.5.	16.8.	
	Ohra, Trekker	500	90	20-2-12	24.5.	21.8.	
	Ohra, Trekker	350	63	20-2-12	24.5.	21.8.	
	Kevätvehnä, Helmi	650	90	20-2-12	24.5.	25.8.	
	Kevätvehnä, Helmi	455	63	20-2-12	24.5.	25.8.	
	Kevätruisvehnä, Nagano	500	90	20-2-12	24.5.	29.8.	
	Kevätruisvehnä, Nagano	350	63	20-2-12	24.5.	29.8.	
	Kevätruisvehnä, Nilex	500	90	20-2-12	24.5.	29.8.	
	Kevätruisvehnä, Nilex	350	63	20-2-12	24.5.	29.8.	
	2018	Ohra, Kaarle	500	90	20-2-12	5.6.	10.8.
		Ohra, Trekker	500	90	20-2-12	5.6.	10.8.
		Ohra, Armas	500	90	20-2-12	5.6.	10.8.
		Kevätvehnä, Helmi	650	90	20-2-12	5.6.	21.8.
Kevätruisvehnä, Nagano		500	90	20-2-12	5.6.	27.8.	
Kevätruisvehnä, Nilex		500	90	20-2-12	5.6.	27.8.	
Kevätruisvehnä, Bikini		500	90	20-2-12	5.6.	27.8.	
Kevätruisvehnä, Somtri		500	90	20-2-12	5.6.	27.8.	
					Ravinne- seos¹		
2019	Kevätruisvehnä, Nagano	500	0	1-15-70	5.6.	2.9.	
	Kevätruisvehnä, Nagano	500	100	100-15-70	5.6.	2.9.	
	Kevätruisvehnä, Nagano	500	150	150-15-105	5.6.	2.9.	
	Kevätruisvehnä, Nagano	500	200	200-15-140	5.6.	2.9.	
	Kevätruisvehnä, Nagano	500	250	250-15-175	5.6.	2.9.	
	Kevätruisvehnä, Nagano	500	100+50	150-15-105	5.6.	2.9.	

¹Useasta lannoitteesta muodostetun ravinneseoksen sisältämien ravinteiden (NPK) määrä, kg/ha.

Vuonna 2017 koko koealueelle kylvettiin viljojen kylvön yhteydessä nurmi, jonka siemenseos koostui timoteistä, nurminadasta ja puna-apilasta (15 + 5 + 5 kg/ha). Samalla haluttiin selvittää, hyötykö perustettava nurmi 30 % alennetusta suojaviljan kylvösiemenmäärästä ja 30 % alennetusta lannoitustasosta. Näin nurmea perustettaessa suositellaan tekemään, jotta suojaviljan varjostusvaikutus ja lakoontumisriski pienenevät. Samalla haluttiin nähdä, kuinka paljon suojaviljan sato laskee alennetun siemenmäärän ja lannoituksen takia. Perustetun nurmen onnistumista seurattiin arvioimalla nurmen tiheys keväällä 2018 ja mittaamalla ensimmäinen ja toinen säilörehusato kesällä 2018.

Vuonna 2018 lisättiin viljalajeja ja -lajikkeita vuoden 2017 kokeeseen verrattuna. Koekäsittelyt eivät eronneet muilta osin toisistaan. Nurmea ei perustettu viljojen alle. Lisänä edellisen vuoden kokeeseen vuoden 2018 kokeen kasvustoista määritettiin fraktiot, eli tähkän, korren ja lehtien osuudet kokoviljana korjatuissa kasvustoissa.

Vuonna 2019 tutkittiin typpilannoituksen määrän vaikutusta Nagano-kevätruisehnelajikkeeseen satoon ja sadon laatuun (ns. typpiporraskoe). Mikäli kokeessa olisi käytetty NPK-lannoitteita, olisivat myös fosforin ja kaliumin käyttömäärät kasvaneet typen levitysmäärää nostettaessa. Varsinkaan fosforin käyttömäärää ei haluttu maa-analyysin perusteella lisätä. Toisaalta, koska kaliumista tiedettiin olevan puutetta, haluttiin sen määrän nousevan samalla kun typpilannoitustasoa nostettiin. Siten päädyttiin käyttämään yksiravinteisia lannoitteita (suomensalpietari, fosforiravinne ja kaliumsuola), joilla ravintesuhteet saatiin säädettyä Taulukon 2 mukaisiksi. Lasketut määrät fosforiravinnetta ja kaliumsuolaa levitettiin ensin koeruutujen pinnalle ja salpietari annettiin viljan kylvön yhteydessä lannoitevantaiden kautta. Lisäksi yhdellä koejäsenellä (150 kg N/ha) testattiin jaetun typpilannoituksen vaikutusta. Typpilannoitus tehtiin kahdessa erässä niin, että kylvön yhteydessä annettiin 100 kg N/ha muiden ravinteiden kanssa ja loput 50 kg N/ha levitettiin oraille kevätruisehnelajin pensomisvaiheessa.

Rikkakasvit torjuttiin vuonna 2017 pienannosaineen ja MCPA:n yhdistelmällä, muina vuosina torjuntaa ei katsottu tarpeelliseksi rikkakasvien vähäisen taimettumisen takia. Kasvunsäädettä ei käytetty. Tuhohyönteisiä tai kasvitauteja ei tarvinnut torjua. Kasvustot korjattiin punnitsevalla Haldrup-nurmenkorjuukoneella noin 5 cm:n sänkeen. Korjuu tehtiin, kun viljan jyvien todettiin olevan aikaisessa taikinatulementumisvaiheessa. Tällöin kokoviljarehun laatu- ja määräsuhteen oletetaan olevan paras mahdollinen. Erilaisesta kasvurytmistä johtuen korjuuajankohdat poikkesivat eri viljalajeilla toisistaan (Taulukko 2).

1.2.3. Sadosta tehdyt analyysit

Kaikkien kokeiden sadoista otettiin korjuun yhteydessä näytteet kuiva-aineen ja koostumuksen määrittämistä varten. Näytteitä kuivattiin 3 vrk:n ajan +60 °C:een lämmössä. Varsinaisia säilöntäkokeita kokoviljoista ei tehty. Kaikkien koeruutujen sato punnittiin korjuun yhteydessä. Kuiva-ainepitoisuuden perusteella laskettiin kunkin käsittelyn kuiva-ainesato, kg ka/ha.

Kaikkina kolmena vuonna kokoviljaksi korjatuista rehuraaka-aineiden kuivatuista näytteistä määritettiin tuhka, raakavalkuainen, neutraalidetergenttikuitu (NDF), sulamaton kuitu (iNDF), pelkistävät sokerit ja sulavuus (D-arvo) Valion NIR-laitteella (FOSS NIRSystems 6500 spectrometer, Tanska). Käytetty laite oli kalibroitu kokoviljasäilörehuja varten. Suojaviljan alla olleesta nurmesta ei määritetty koostumusta.

Vuoden 2018 sadosta otetuista näytteistä fraktioitiin korsien, lehtien ja tähkien osuudet. Fraktioista määritettiin sulavuus ja tähkästä lisäksi tärkkelyspitoisuus Luken laboratoriossa Jokioisilla. Fraktioiden sulavuus määritettiin pepsini-sellulaasi liukoisuutena (Nousiainen ym. 2003). Tähkän tärkkelysanalysoitiin Salo & Salmin (1968) kehittämällä menetelmällä.

Suojaviljan alla olleesta nurmesta määritettiin kevättiheys ensimmäisenä satovuonna virallisten lajikeohjeiden mukaisesti. Kevättiheys (%) ilmoittaa peittävyuden kasvun selvästi alettua (Laine ym. 2017). Asteikkona käytettiin 0–100, jossa 100 kuvaa täystiheää ja 0 täysin tuhoutunutta kasvustoa.

1.2.4. Tilastollinen analyysi

Vuoden 2017 koe toteutettiin osaruutukokeena (split-plot), jolloin lannoitus- ja siemenmäärä oli pääruututekijänä ja viljalaji ja -lajike osaruututekijänä. Vuosina 2018 ja 2019 koemalli oli satunnaistettu täydellisten lohkojen koe. Jokaisena vuonna kokeissa oli neljä kerrannetta.

Aineisto analysoitiin SAS Enterprise Guide-ohjelmiston MIXED- ja GLMMIX-proseduureja käyttäen. Koejäsenten varianssien yhtäsuuruutta ja normaalijakaumaoletuksen täyttymistä tarkasteltiin Bartlettin testillä ja residuaalitarkasteluilla. Koejäsenten parivertailuihin käytettiin Tukeyn testiä. Vuoden

2019 kokeessa lineaarisella ja toisen asteen regressioanalyysillä tarkasteltiin lannoituksen vaikutusta satoon.

Tulosten yhteydessä käytettäessä ilmaisua ”tilastollisesti merkitsevä”, tai ” $P < 0.05$ ”, tarkoitetaan, että koejäsenten välille syntyneet erot ovat alle 5 %:n todennäköisyydellä sattuman aiheuttamia.

1.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

1.3.1. Sääolot kasvukausina 2017–2019

Luke Ruukin tutkimusasemalla sijaitsee Ilmatieteen laitoksen automaattinen sääasema, josta luotettavasti mitattua sääaineistoa on helposti saatavissa. Lämpösummaltaan kasvukausi 2017 oli hieman pitkäaikaista keskiarvoa viileämpi ja 2018 selvästi lämpimämpi (Taulukko 3). Vuosi 2019 puolestaan oli lämpösumman perusteella lähellä vuosien 1981–2010 keskiarvoa.

Taulukko 3. Sääolot Luke Ruukin tutkimusasemalla kasvukausina 2017–2019 ja pitkäaikaiset keskiarvot jaksolta 1981–2010. (Lähde: Ilmatieteen laitos).

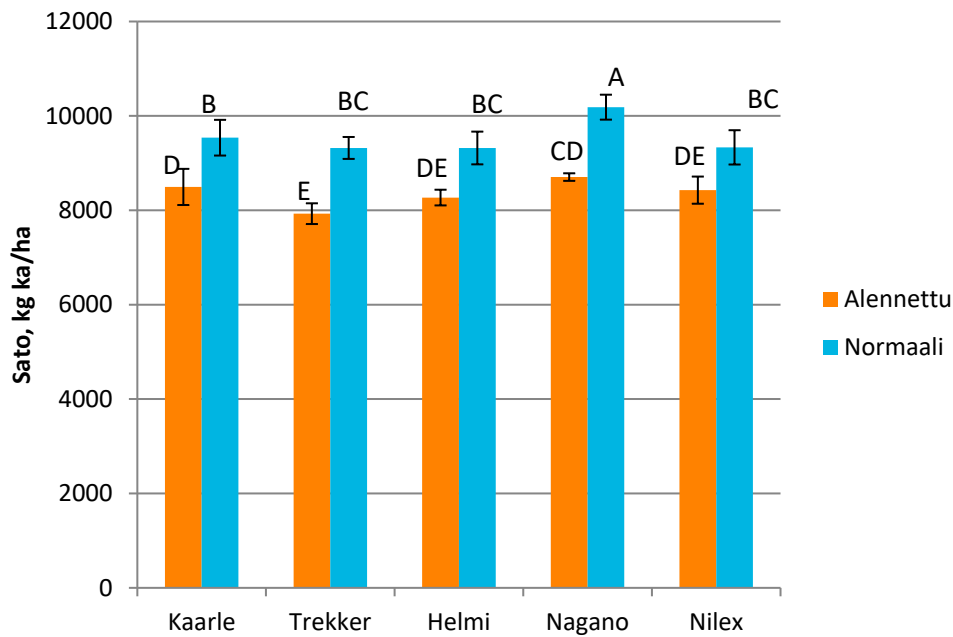
	Sademäärä, mm				Tehoisa lämpösumma, °C			
	2017	2018	2019	1981–2010	2017	2018	2019	1981–2010
Toukokuu	37	23	60	42	41	211	106	95
Kesäkuu	41	45	55	50	213	216	280	244
Heinäkuu	77	25	2	77	310	466	296	338
Elokuu	122	87	104	71	265	322	268	263
Syyskuu	38	58	44	50	110	171	132	113
Summa	315	237	264	289	938	1386	1082	1052

Vuonna 2017 sademäärä oli touko-heinäkuun osalta lähellä tavanomaista, mutta elokuussa satoi selvästi normaalia enemmän. Kesät 2018 ja 2019 olivat tavanomaista kuivempia, varsinkin heinäkuuden osalta. Heinäkuussa 2019 satoi vain 2 mm, mutta toisaalta sää ei ollut yhtä lämmin kuin heinäkuussa 2018, joten kasvien vedenkäyttö ja haihdunta olivat heinäkuussa 2019 pienempiä.

Elokuun 2019 alussa oli kolme hallayötä samalla viikolla, mikä on tällä vuosituhannella poikkeuksellista. Tällöin lämpötila laski -3 – -6 °C:een.

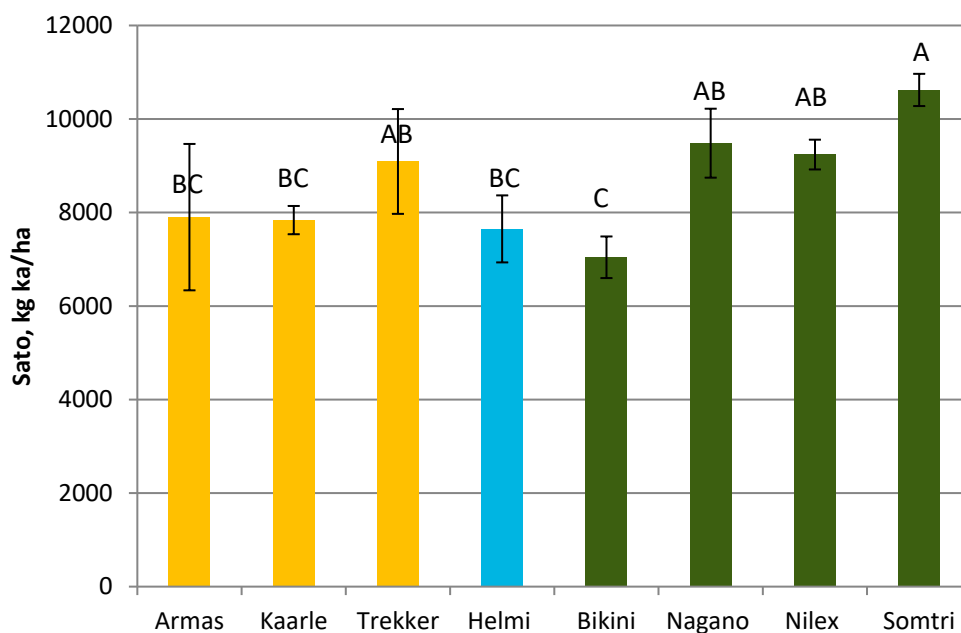
1.3.2. Sadon määrä vuosien 2017 ja 2018 kokeissa

Vuonna 2017 satoisin kokovilja oli Nagano-kevätruisevehnä, jonka kuiva-ainesato ylitti 10 tn ka/ha (Kuva 1 ja Taulukko 4). Muilla viljoilla sadot olivat 9,3–9,5 tn ka/ha, kun tarkasteltiin normaalin siemenmäärän ja lannoitustason koejäseniä. Ero Naganon hyväksi oli tilastollisesti merkitsevä. Vähennettäessä kylvösiemen- ja lannoitusmääriä 30 %:lla perustasosta, sadot olivat 7,9–8,7 tn ka/ha, mikä on 10–15 % vähemmän satoa kuin normaalitasoilla. Alennetuilla perustamispanoksilla Trekker-ohran sato oli hieman pienempi kuin Naganolla ja Kaarle-ohralla. Tulosten tulkintaa vaikeutti lievä yhdysvaikutus ($P=0,047$) pää- ja osaruututekijöiden välillä (Taulukko 4).



Kuva 1. Kokoviljojen kuiva-ainesadot kahdella eri kylvösiemen- ja lannoitusmäärällä vuoden 2017 kokeessa. Jana ilmaisee neljän kerranteen keskihajonnan. Tilastollisesti merkitsevästi eroavat ne käsittelyt, joita ei ole merkitty yhteisellä kirjaimella. Normaali = Suosituksen mukainen siemenmäärä ja lannoitus. Alennettu = Suosituksen mukaista siemenmäärää ja lannoitusta alennettiin 30 %.

Vuonna 2018 kevätuisvehnät olivat hieman satoisampia kuin ohrat, joskaan erot eivät olleet läheskään aina tilastollisesti merkitseviä (Kuva 2 ja Taulukko 5). Ohrien ja kevätvehnän sadot olivat 7,7–9,1 tn ka/ha ja kevätuisvehniä 9,2–10,6 tn ka/ha, lukuun ottamatta Bikini-kevätuisvehnää, jonka sato oli selvästi muita kevätuisvehniä alhaisempi. Suurin sato oli Somtri-kevätuisvehnällä. Jälkeenpäin kävi ilmi, että todennäköisesti korjasimme Bikinin liian aikaisin, jolloin kaikki sato ei ollut vielä ehtinyt muodostua.



Kuva 2. Kokoviljojen kuiva-ainesadot vuoden 2018 kokeessa. Jana ilmaisee neljän kerranteen keskihajonnan. Tilastollisesti merkitsevästi eroavat ne käsittelyt, joita ei ole merkitty yhteisellä kirjaimella.

Vuosien 2017 ja 2018 kokeita ei voi verrata täysin toisiinsa, sillä lajikkeet olivat osin erilaiset. Jos tarkastelusta jätetään huomioimatta alennetun siemenmäärän ja lannoituksen vaikutus ja tarkastellaan molempina vuosina mukana olleita lajikkeita, niin voidaan todeta, että lajikkeiden tuottama kuiva-ainesato oli yllättävänkin lähellä toisiaan vuosina 2017 ja 2018. Tämä siitäkkin huolimatta, että kasvukausi 2017 oli viileä ja sateinen ja kasvukausi 2018 lämmin ja kuivanpuoleinen. Ainoastaan Kaarleohralla ja Helmi-vehnällä vuoden 2018 satoi jäi noin 1,5 tn ka/ha heikommaksi kuin edellisvuonna. Voi olla, että ne reagoivat kuivuuteen enemmän kuin muut kahtena vuonna mukana olleet lajikkeet. Toisaalta on todettava, että kaksi vuotta on liian lyhyt aika viljalajien ja -lajikkeiden välisten erojen selvittämiseen.

Kasvustojen pituudet vaihtelivat vuosina 2017 ja 2018 Trekkerin noin 70 cm:stä Nilexin ja Somtrin noin 100–105 cm:iin. Tällä voi olla merkitystä erityisesti silloin, kun valitaan kokoviljalajiketta luomutuotantoon, jossa kasvuston kilpailukykyyn rikkakasveja vastaan tulisi olla mahdollisimman hyvä. Toisaalta kasvuston pituudella voi olla vaikutusta myös mahdollisesti aluskasvustoksi perustetun nurmen kasvuunlähtöön.

Varsinkin kevätruisvehnäkasvustot olivat taudittomia, vaikka mitään tautiruiskutuksia ei tehty. Ohri- sa näkyi jonkin verran lehtilaikkutauteja.

Taulukko 4. Kokoviljojen kuiva-ainesadot ja koostumus kahdella eri kylvösiemen- ja lannoitusmäärällä (normaali ja alennettu) vuoden 2017 kokeessa. Normaali oli suosituksen mukainen siemenmäärä ja lannoitus ja alennetussa suosituksen mukaista siemenmäärää ja lannoitusta alennettiin 30 %.

Viljalaji	Kevätruisvehnä				Ohra				Kevätvehnä		SEM ¹	P-arvot		
	Nagano		Nilex		Kaarle		Trekker		Helmi			Lannoitus	Lajike	Yhdysvaikutus
Lajike	Normaali	Alennettu	Normaali	Alennettu	Normaali	Alennettu	Normaali	Alennettu	Normaali	Alennettu				
Lannoitustaso ja kylvösiemenmäärä														
Sato, kg ka/ha	10185 ^a	8703 ^{cd}	9333 ^{bc}	8426 ^{de}	9538 ^b	8494 ^d	9320 ^{bc}	7928 ^e	9320 ^{bc}	8269 ^{de}	144,1	0,003	<0,001	0,047
Raakavalkuainen, g/kg ka	88 ^{ab}	82 ^{ab}	88 ^{ab}	81 ^{ab}	82 ^b	80 ^b	88 ^{ab}	79 ^b	92 ^a	82 ^{ab}	2,2	0,023	0,049	0,279
Kuitu, g/kg ka	476 ^{abc}	469 ^{abc}	481 ^{ab}	474 ^{abc}	444 ^{bcd}	438 ^{cd}	418 ^d	420 ^d	485 ^{ab}	488 ^a	9,5	0,551	<0,001	0,931
Sulamaton kuitu, g/kg ka	163 ^a	158 ^{ab}	159 ^{ab}	162 ^a	143 ^{bc}	140 ^c	119 ^d	117 ^d	165 ^a	167 ^a	4,8	0,633	<0,001	0,728
Sokerit, g/kg ka	201 ^{ab}	193 ^b	206 ^{ab}	218 ^a	106 ^d	120 ^d	106 ^d	124 ^d	150 ^c	164 ^c	3,8	<0,001	<0,001	0,008
Tuhka, g/kg ka	47 ^{abc}	47 ^{abc}	48 ^{ab}	44 ^{bcd}	43 ^{cd}	44 ^{bcd}	42 ^d	42 ^d	50 ^a	48 ^{abc}	1,2	0,085	<0,001	0,104
D-arvo, g/kg ka	593 ^c	598 ^c	599 ^c	597 ^c	623 ^b	628 ^b	653 ^a	655 ^a	594 ^c	588 ^c	5,6	0,764	<0,001	0,604

¹SEM = Keskiarvon keskivirhe.

Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Tukeyn testin perusteella (P<0,05).

Taulukko 5. Kokoviljojen kuiva-ainesadot ja koostumus vuoden 2018 kokeessa.

Viljalaji	Kevätveisvehnä				Ohra			Kevätvehnä		SEM ¹	P-arvo
	Bikini	Nagano	Nilex	Somtri	Armas	Kaarle	Trekker	Helmi			
Kuiva-ainesato, kg ka/ha	7043 ^c	9482 ^{ab}	9239 ^{ab}	10621 ^a	7901 ^{bc}	7838 ^{bc}	9092 ^{ab}	7650 ^{bc}	405,9	<0,001	
Raakavalkuainen, g/kg ka	100 ^{ab}	90 ^{bc}	99 ^{ab}	85 ^c	89 ^{bc}	87 ^c	94 ^{bc}	106 ^a	2,8	<0,001	
Kuitu, g/kg ka	471 ^{ab}	468 ^{ab}	441 ^b	508 ^a	501 ^a	509 ^a	465 ^{ab}	469 ^{ab}	12,4	0,003	
Sulamaton kuitu, g/kg ka	148 ^{ab}	158 ^{ab}	148 ^{ab}	170 ^a	153 ^{ab}	167 ^a	136 ^b	155 ^{ab}	6,8	0,010	
Sokerit, g/kg ka	156 ^a	105 ^{ab}	119 ^{ab}	152 ^a	72 ^b	84 ^b	106 ^{ab}	93 ^b	11,8	<0,001	
Tuhka, g/kg ka	50 ^b	50 ^b	51 ^b	50 ^b	60 ^a	61 ^a	55 ^{ab}	55 ^{ab}	1,9	<0,001	
D-arvo, g/kg ka	613 ^{ab}	602 ^{ab}	613 ^{ab}	592 ^{ab}	598 ^{ab}	580 ^b	625 ^a	603 ^{ab}	8,4	0,01	

¹SEM = Keskiarvon keskivirhe.

Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Tukeyn testin perusteella (P<0,05).

1.3.3. Sadon koostumus vuosien 2017 ja 2018 kokeissa

Molempien vuosien kaikkien koejäsenten sulavuudet D-arvoina esitettynä vaihtelivat välillä 580–653 g/kg ka (Taulukot 4 ja 5). Vuonna 2017 kevätruisehnelajikkeiden sulavuudet olivat merkitsevästi matalampia kuin ohralajikkeiden, mutta vuonna 2018 erot olivat pienempiä. Silloin ainoastaan Trekker-ohran sulavuus (625 g/kg ka) oli merkitsevästi suurempi kuin Kaarle-ohran (580 g/kg ka). Koska heinä-elokuu 2018 oli erittäin lämmin ja kasvustot kehittyivät nopeasti, saattoi olla, että joidenkin lajikkeiden osalta korjuussa myöhästettiin hieman. Kaikilla lajikkeilla sulavuudet D-arvoina esitettynä olivat melko alhaisia keskimääräisiin nurmisäilörehujen D-arvoihin verrattuna, mutta tyyppisiä kokoviljasäilörehuille.

Raakavalkuaisen määrä vaihteli välillä 82–106 g/kg ka (Taulukot 4 ja 5). Vuonna 2017 kevätruisehnelajikkeiden välillä ei ollut merkitsevää eroa raakavalkuaispitoisuuksissa, eivätkä ne myöskään eronneet muista koejäsenistä. Helmin raakavalkuaispitoisuus oli näennäisesti suurin molempina vuosina, mutta erot olivat tilastollisesti merkitseviä vain raakavalkuaiseltaan alhaisimpiin lajikkeisiin verrattuna. Lannoituksen alentaminen vuoden 2017 kokeessa laski raakavalkuaispitoisuutta keskimäärin noin 10 g/kg ka. Vuonna 2018 kevätruisehnelajikkeista Somtrin raakavalkuaispitoisuus oli merkitsevästi pienempi kuin Bikinin ja Nilexin, mutta Naganoon verrattuna ei eroa ollut. Kokoviljasäilörehun raakaineiden raakavalkuaispitoisuudet molempina vuosina olivat melko matalia nurmisäilörehuun verrattuna.

Sokerin määrä kaikki lajikkeet huomioiden vaihteli välillä 72–206 g/kg ka (Taulukot 4 ja 5). Vuonna 2017 kevätruisehnelajikkeiden sokeripitoisuudet olivat luokkaa 200 g/kg ka, mikä oli merkitsevästi enemmän kuin muilla viljoilla. Näin korkeat pitoisuudet saattaisivat olla jopa haitallisia eläinten terveydelle, mutta todennäköistä on, että osa sokereista hajoaa säilörehun käymisprosessin aikana. Vuoden 2018 kokeessa kevätruisehnelajikkeiden sokeripitoisuudet eivät olleet enää yhtä korkeat kuin edellisellä vuonna. Bikinin ja Somtrin sokeripitoisuudet olivat luokkaa 150 g/kg ka, mikä oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin Armaksella, Kaarrella ja Helmillä.

Kuitupitoisuudet vaihtelivat välillä 418–509 g/kg ka (Taulukot 4 ja 5). Ensimmäisen vuoden tulosten perusteella näytti, että kevätruisehnelajikkeissa olisi enemmän kuitua kuin ohrissa. Toisena koevuonna johdonmukaista eroa ei kuitenkaan havaittu.

Kokoviljojen fraktioista tähkän osuus koko kasvin kuiva-aineesta laskettuna oli suurin vaihdellen 52 prosentista 67 prosenttiin lukuunottamatta Bikinin-lajiketta (Taulukko 6). Bikinillä se oli 46 %. Lisäksi Bikinin tähkässä oli muita vähemmän tärkkelystä. Korren osuus puolestaan vaihteli muilla lajikkeilla paitsi Bikinillä 27 prosentista 40 prosenttiin, ollen Bikinillä 46 %. Kaikilla lajikkeilla lehden osuus oli alle 10 %. Bikini erottui muista lajikkeista myös eri fraktioiden, erityisesti tähkän ja korren, sulavuuksissa sellulaasiliukoisuutena mitattuna. Muihin lajikkeisiin verrattuna Bikinillä tähkän sulavuus oli selvästi pienempi ja korren puolestaan suurempi. Tarkasteltaessa koko kasvin sulavuutta erot tasaantuivat eikä sulavuuksissa ollut lajikkeiden välillä merkittäviä eroja. Syynä näihin eroihin ja Bikinin muita lajikkeita selkeästi pienempään kuiva-ainesatoon saattoi olla, että se korjattiin liian aikaisessa kehitysvaiheessa.

Taulukko 6. Tähkän osuus, tähkän tärkkelyspitoisuus sekä korren ja tähkän pepsini-sellulaasiliukoisuus vuoden 2018 kokeesta otetuissa näytteissä.

Viljalaji	Kevätveisvehnä				Ohra			Vehnä			
Lajike	Bikini	Nagano	Nilex	Somtri	Armas	Kaarle	Trekker	Helmi	SEM ¹	P-arvo	
Tähkän osuus, g/kg ka	456 ^e	641 ^{abc}	597 ^c	519 ^d	672 ^a	662 ^{ab}	611 ^c	623 ^{bc}	9,9	<0,001	
Tähkän tärkkelyspitoisuus, g/kg ka	365 ^e	522 ^{ab}	538 ^a	468 ^d	483 ^{cd}	505 ^{bc}	487 ^{cd}	499 ^{bc}	6,2	<0,001	
Pepsiini-sellulaasiliukoisuus, g/kg orgaanista ainetta											
Korsi	645 ^a	539 ^c	580 ^b	580 ^b	456 ^d	455 ^d	621 ^a	512 ^c	6,4	<0,001	
Tähkä	915 ^d	947 ^b	949 ^b	936 ^c	968 ^a	974 ^a	953 ^b	950 ^b	3,0	<0,001	

¹SEM = Keskiarvon keskivirhe. SEM on laskettu neljän kerranteen tuloksena. Trekkerillä kerranteiden määrä oli kolme, jolloin SEM pitää kertoa 1,1:llä.

Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Tukeyn testin perusteella (P<0,05).

1.3.4. Kokoviljakasvustojen lannoituksen ja kylvösiemenmäärän vaikutus perustettavan nurmen satoon

Suojaviljaan keväällä 2017 kylvetyn nurmen kehittymisen kannalta oli eduksi, että kaikki viljat pysyivät pystyssä korjuuseen saakka. Erityisen kovia sateita ei koevuoden heinä-elokuussa sattunut, mikä saattoi vaikuttaa siihen, ettei mahdollisia eroja tullut esiin.

Koska suojaviljan lakoa ei esiintynyt vuonna 2017, ensimmäisen nurmivuoden nurmisadot ja kasvustojen tiheydet olivat hyvät, eivätkä ne eronneet merkittävästi toisistaan (Taulukko 7). Peruslannoitus- ja kylvösiemenmäärällä kokonaiskuiva-ainesato oli keskimäärin 7,8 tn/ha ja alennetulla lannoitus- ja siemenmäärällä 8,0 tn/ha. Lannoituksella ja kokoviljana korjatun suojakasvin kylvösiemenmäärällä ei siten ollut vaikutusta satoon eikä kasvuston tiheyteen. Myöskään suojakasvina olleilla eri viljalajikkeilla ei ollut vaikutusta nurmisatoon.

Taulukko 7. Nurmen kokonaiskuiva-ainesato ensimmäisenä satovuonna 2018, kun esikasvina oli kokoviljana korjattu kasvusto kahdella eri kylvösiemen- ja lannoitusmäärällä (normaali ja alennettu). Nurmelle tehtiin kaksi korjuuta. Normaali oli suosituksen mukainen siemenmäärä ja lannoitus ja alennetussa suosituksen mukaista siemenmäärää ja lannoitusta alennettiin 30 %.

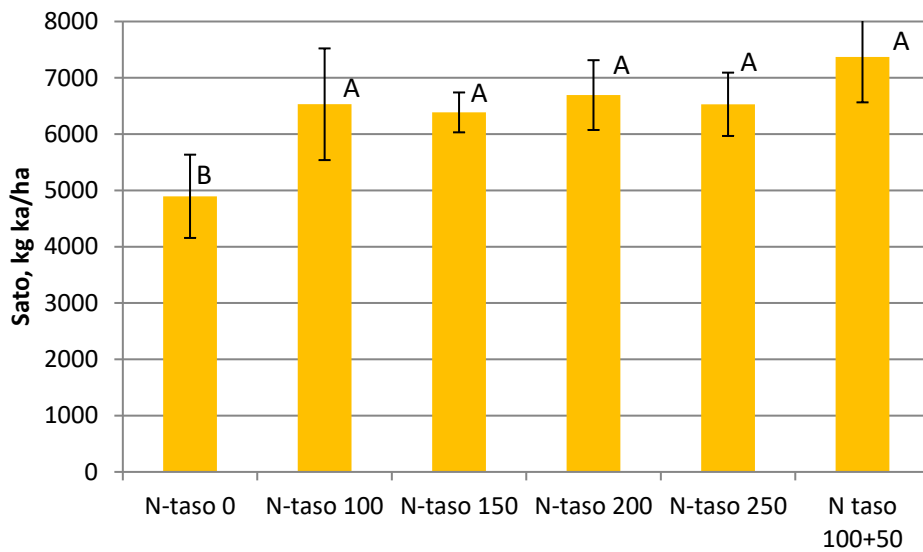
	Normaali	Alennettu		SEM¹		P-arvo
Sato, kg ka/ha	7766	7997		189,0		0,156
Kevättiheys, %	94	96		1,8		0,457

¹SEM = Keskiarvon keskivirhe.

Kokoviljasäilörehu osoittautui hyväksi nurmen suojakasviksi tässä ja aiemmissa tutkimuksissa. Suojakasvin aikainen korjuuajankohta edistää nurmikasvien kehittymistä loppukesän aikana. Alkusyksystä sää ja peltomaa ovat todennäköisesti kuivempia kuin myöhemmin syksyllä, mikä vähentää korjuukoneiden aiheuttamaa tallausvaurioriskiä.

1.3.5. Typpilannoituksen vaikutus kevätruusvehnän satoon vuoden 2019 kokeessa

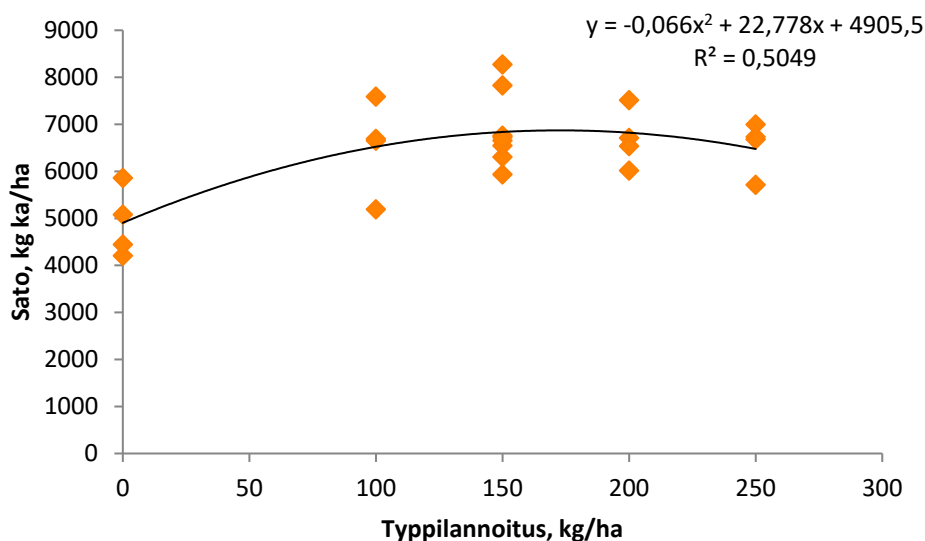
Kevätruusvehnän sadot jäivät vaatimattomiksi vuoden 2019 typpiporraskokeessa (Kuva 3). Typeä saaneiden koejäsenten sadot olivat 6,5–7,4 tn ka/ha, eivätkä erot olleet tilastollisesti merkitseviä. Aikaisempina koevuosina Nagano-kevätruusvehnän sato on ollut 9,5–10,2 tn ka/ha, kun lannoituksena käytettiin 90 kg N/ha. Suurin syy alhaisiin satoihin oli heinäkuun kuivuus, jolloin satoi vain 2 mm. Kuivuusjakso kesti heinäkuun alusta elokuun puolelle, yhteensä noin 40 päivää. Lisäksi kuivuuden vaikutuksia kärjisti koepaikan sattuminen kohtaan, jonka maalajiksi analysoitiin ”hiekkainen karkea hieta”.



Kuva 3. Kokoviljana korjatun kevätruisehnan kuiva-ainesadot vuoden 2019 typpiporraskokeessa. Jana ilmaisee neljän kerranteen keskijohannon. Tilastollisesti merkitsevästi eroavat ne käsittelyt, joita ei ole merkitty yhteisellä kirjaimella. Typpitaso 100+50 tarkoittaa jaettua lannoitusta.

Positiivinen asia oli typpitason 0 kg N/ha sato 4,9 tn ka/ha, mitä on pidettävä kelpo satona ilman typpilannoitusta. Sato oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi muihin käsittelyihin verrattuna. Lämpimästä maasta ja kuivuudesta johtuen maan orgaanisesta aineksestä lienee vapautunut jonkin verran tyyppiä kasvien käyttöön. Lisäksi kannattaa huomata, että N-taso 0 kg/ha sai normaalin määrän fosforia ja kaliumia. Typpilannoituksen jakaminen kahteen osaan antamalla kolmannes koko lannoitusmäärästä vasta kevätruisehnan pensomisvaiheessa näytti hyödyttävän hieman, sillä jaetulla lannoituksella sato oli liki 1,0 tn ka/ha suurempi kuin kertalannoituksella, vaikkakaan ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Kuvassa 4 kuiva-ainesadot on esitetty typpilannoituksen funktiona (ns. typpivastekäyrä). Käyrän selityksaste ei ole kovin korkea ($R^2 = 0,50$), koska sadot suuremmilla typpitasoilla jäivät mataliksi kuivuuden vuoksi.



Kuva 4. Typpilannoitustason vaikutus kokoviljaksi korjatun kevätruisehnan kuiva-ainesatoon, kg/ha. Typpilannoitustasolla 150 kg N/ha mukana on typpilannoitus kerralla annettuna ja jaettuna.

Typpilannoitustason nostaminen lisäsi kokoviljasäilörehun raaka-aineen raakavalkuaispitoisuuksia (Taulukko 8). Suurimmillaan raakavalkuaisen määrä oli 122 g/kg ka, mikä saavutettiin N-tasolla 250 kg/ha. Raakavalkuaispitoisuudet N-tasolta 150 kg/ha ylöspäin olivat tilastollisesti merkitsevästi suurempia kuin alemmilla typpitasoilla ja selvästi suurempia kuin vuosien 2017 ja 2018 kokeissa. Syynä tähän oli todennäköisimmin kuivuudesta johtuvat alhaiset sadot, jolloin kasvusto on käyttänyt osan ylimääräisestä tyypestä raakavalkuaisen muodostamiseen. Silti raakavalkuaispitoisuudet olivat pienempiä kuin hyvällä nurmisäilörehulla, missä raakavalkuaisen määrä on tyypillisesti 130–160 g/kg ka.

Taulukko 8. Kevätuisvehnän kuiva-ainesadot ja rehuraaka-aineen koostumus vuoden 2019 typpiporraskokeessa.

	Typpilannoitustaso, kg N/ha							SEM ²	P-arvo
	0	100	150	200	250	100+50 ¹			
Kuiva-ainesato, kg ka/ha	4895 ^b	6530 ^a	6385 ^a	6693 ^a	6529 ^a	7369 ^a	354	0,002	
Raakavalkuainen, g/kg ka	87 ^b	97 ^b	114 ^a	113 ^a	122 ^a	114 ^a	2,7	< 0,001	
Kuitu, g/kg ka	507	510	513	507	492	522	8,4	0,14	
Sulamaton kuitu, g/kg ka	165 ^{ab}	166 ^a	158 ^{ab}	160 ^{ab}	152 ^b	162 ^{ab}	2,9	0,03	
Sokerit, g/kg ka	184	190	169	179	172	162	6,6	0,07	
Tuhka, g/kg ka	47 ^c	50 ^{bc}	52 ^{ab}	54 ^{ab}	54 ^a	53 ^{ab}	1,0	< 0,001	
D-arvo, g/kg ka	587	585	594	592	599	591	3,4	0,08	

¹Jaettu typpilannoitus.

²SEM = Keskiarvon keskivirhe.

Käsittelykeskiarvot, joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta, eroavat toisistaan Tukeyn testin perusteella (P<0,05).

D-arvot olivat samalla tasolla tai hieman heikompia (585–599 g/kg ka) kuin kevätruisvehnillä vuosien 2018 ja 2019 kokeissa. Tilastollisesti merkitseviä eroja eri typpilannoitustasojen välillä ei ollut. Muutenkin kokoviljaraaka-aineen laatutulokset olivat vuonna 2019 lähellä edellisvuosien tuloksia, joten voidaan todeta, että äärimmäinen kuivuus ei merkittävästi heikentänyt kevätruisvehnän laatua, vaikka satoa se pienensikin.

1.4. Kokoviljasäilörehujen yksinkertaistettu kustannusvertailulaskelma

Taulukossa 9 on kustannusvertailulaskelma, jossa on verrattu eri kokoviljasäilörehuvaihtoehtoja nurmisäilörehuun. Ohra- ja kevätruisvehnäsäilörehujen lisäksi vertailuun otettiin mukaan härkäpapuvehnäkokoviljasäilörehu. Kahden ensiksi mainitun vaihtoehdon satotasot arvioitiin tässä hankkeessa tehtyjen ruutukokeiden tulosten perusteella ja härkäpapuvehnäsäilörehun satotaso arvioitiin aikaisempien Luke Ruukissa tehtyjen kokeiden perusteella (Kuoppala ym. 2013). Käytännön viljelyssä sadot eivät aina yllä koeruuduilta saatujen satojen tasolle monestakaan syystä. Tämä tiedostaen taulukon 9 satotasot pyrittiin arvioimaan mahdollisimman realistisesti.

Taulukko 9. Kokoviljasäilörehujen yksinkertaistettu kustannusvertailulaskelma. Laskelma ei ole täydellinen tuotantokustannuslaskelma, koska se ei sisällä kaikille vaihtoehdoille yhteisiä kustannuksia (esim. laakasiilon ja pellon kustannukset). Hinnat: alv 0 %. Lähteet: Proagria 2017, Palva 2018.

	Lannoitus, N kg/ha	à-hinta, €/kg	Määrä, kg/ha	Härkäpapu- vehnäsäilörehu, €/ha	Ohra- säilörehu, €/ha	Kevättruisvehnä- säilörehu, €/ha	Apila-timotei- nurmisäilörehu, €/ha
Perustaminen							
Kyntö				73	73	73	24
Kylvömuokkaus				74	74	74	25
Kylvö				55	55	55	18
Siemenkustannus							
Härkäpapu		0,88	250	220			
Kevätvehnä		0,49	100	49			
Ohra		0,45	200		90		
Kevättruisvehnä		1,05	250			263	
Nurmi		4,70	8				38
Lannoitus NPK (22-5-5)							
Härkäpapu	50	0,40	227	91			
Ohra	90	0,40	409		164		
Kevättruisvehnä	90	0,40	409			164	
Nurmi	180	0,40	818				327
Korjuu laakasiilon							
Härkäpapu: Niitto + silppurointi				200			
Ohra: Suoraniittopääsilppuri					220	220	
Nurmi: Niitto + silppurointi x 2							400
Kustannukset yht.				762	676	848	832
Sato-oletus, kg ka/ha				8000	7500	9000	8000
Ka-kilon vertailukustannus, snt/kg ka				9,5	9,0	9,4	10,4

Taulukon 9 laskelma ei ole täydellinen tuotantokustannuslaskelma, koska se ei sisällä kaikille vaihtoehdoille yhteisiä kustannuksia (esim. säilöntäaineen, peittomuovien, laakasiilon ja pellon kustannukset). Laskelma haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja verrata vain niitä kustannuseriä, joissa on eri säilörehuvaihtoehdoissa eroja. Lopputuloksena saadaankin ka-kilon vertailukustannus.

Laskelmassa konetyöt on oletettu tehtävän urakoitsijoiden toimesta. Työtuntihinnat ja hehtaarihinnat on saatu Työtehoseuran keräämästä urakointihintatilastosta (Palva 2018). Monet tilat tekevät ainakin kasvuston perustamistyöt ja lannoitteiden levityksen itse. Jos työt tekee itse ja on laskenut niille hinnat, laskelmassa kannattaa käyttää niitä hintoja. Hyvin monella tilalla urakoitsijoiden käyttö tulisi omaa työtä ja konekalustoa edullisemmaksi, varsinkin säilörehun korjuussa. Taulukon 9 laskelmassa härkäpapusäilörehu ja nurmisäilörehu on ajateltu esikuivattavan ennen silppuointia, ohra- ja kevätruusvehnäsäilörehulle on ajateltu käytettävän suoraniittosilppuria jyvien varisemisen ja massan liiallisen kuivumisen estämiseksi.

Kun kokoviljasäilörehun kustannuksia verrataan apilaa ja timoteitä sisältävään nurmeen, kaikkien kokoviljasäilörehuvaihtoehtojen vertailukustannus oli nurmea hieman pienempi (Taulukko 9). Nurmella suurimmat kustannustekijät olivat korjuu- ja lannoituskustannukset, jotka olivat lähes kaksinkertaiset kokoviljoihin verrattuna. Kokoviljasäilörehuilla nurmea enemmän kustannuksia aiheutui puolestaan siemenkustannuksesta ja jokavuotisista kylvö- ja muokkaustöistä. Laskelma on herkkä sato-oletukselle. Jos oletamme nurmen sadoksi 10 tn ka/ha, nurmi muuttuukin kokoviljoja edullisemmaksi. Laskelma osoittaa lähinnä sen, että erityyppiset kokoviljasäilörehut eivät ole nurmea merkittävästi kalliimpia tuottaa.

Tuotantokustannuslaskelmat ovat tilakohtaisia laskelmia, jotka tulee tehdä tilakohtaisilla hinnoilla, satotasoilla ja tuotantotuloksilla. Lisäksi on huomioitava, että pelkkä rehuntuotantolaskelma ei vielä kerro koko totuutta, sillä myös rehujen tuotantovaikutukset tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi lypsylehmiä ruokinnassa ohrapohjaisen kokoviljasäilörehun tuotantovaikutus on hyvin erilainen verrattaessa sitä hyvälaatuisen nurmisäilörehuun. Toisaalta kokoviljasäilörehulla voi olla tärkeä paikkansa aperuokinnan komponenttina.

1.5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa tehtyjen peltokokeiden perusteella korjattaessa kevätruusvehnä kokoviljasäilörehuksi voidaan normaalivuosina päästä 9–10 tn/ha kuiva-ainesatoihin. Hyviä kevätruusvehnälajikkeita olivat Nagano, Nilex ja Somtri. Kevätruusvehnistä Bikini-lajikkeen sato jäi muita pienemmäksi. Mukana olleet ohralajikkeet eivät ihan ylittäneet kevätruusvehnien satoihin, mutta eivät jääneet niistä paljoa. Typpitasona käytimme hietamaalla olleissa kokeissa 90 kg N/ha. Viimeisen koevuoden oletuksena oli, että kevätruusvehnä voisi kestää lakoontumatta vielä suurempiakin typpilannoitusmääriä ja siten sato voisi olla merkittävästi korkeampi. Valitettavasti kolmas koevuosi oli niin kuiva, että tämä jäi toteennäyttämättä tekemällämme typpiporraskokeella.

Samoin kuin aiemmissakin tutkimuksissa myös näissä kokeissa kokoviljasäilörehujen sulavuus (D-arvo) ja raakavalkuaispitoisuus olivat selvästi pienempiä kuin hyvälaatuisella nurmisäilörehulla. Ohrien sulavuus oli ensimmäisenä koevuonna merkittävästi parempi kuin kevätruusvehnien ja vehnän, toisena koevuonna erot olivat pienempiä, mutta samansuuntaisia. Trekker-ohralla oli paras sulavuus ja se oli myös satoisa. Raakavalkuaispitoisuudeltaan eri kasvilajit tai -lajikkeet erosivat toisistaan vain vähän. Joissain tilanteissa kokoviljasäilörehut voivat hyviä nurmisäilörehunrehun täydentäjiä erityisesti seosrehuruokinnassa.

Ensimmäisenä koevuonna tutkittiin myös kokoviljakasvustojen soveltuvuutta perustettavan nurmen suojakasviksi. Puolella koealueesta suojakasvin kylvösiemenmäärää ja lannoitustasoa pienennettiin 30 %:a. Tämän perustamisohjeen tavoitteena on vähentää suojakasvuston lakoontumisriskiä ja toisaalta harventaa kasvustoa niin, että perustettava nurmi saa paremmin valoa, vettä ja ravinteita.

Nurmen perustamisvuonna loppukesästä ei tullut kovia sateita, joten suojaviljakasvustot pysyivät hyvin pystyssä. Siten alennetun siemen- ja lannoitemäärän vaikutuksia seuraavan vuoden nurmisaan ei ollut nähtävissä. Nurmiin tiheydet keväällä olivat yhtä hyvät ja molemmat perustamistavat tuottivat nurmisatoa noin 7,8–8,0 tn ka/ha. Myöskään eri kasvilajeilla tai -lajikkeilla ei ollut vaikutusta perustettavan nurmen satoon tai tiheyteen. Alennettu lannoitustaso ja kylvösiemenmäärä pienensivät kokoviljasatoa vain noin 10–15 %. Alennettu siemenmäärä ja lannoitus ovat ikään kuin vakuutus nurmen perustamisen varmistamiseksi. Useimmiten vakuutus kannattaa ottaa, sillä suojakasvin sadonalennus ei ole kovin suuri.

Yksinkertaistettu tuotantokustannuslaskelma osoitti, että erityyppiset kokoviljasäilörehut eivät ole nurmea merkittävästi kalliimpia tuottaa. Laskelman lopputulos riippuu tietysti paljon satotasooletuksista. Jos kokoviljasäilörehut sopivat tilalla olevien eläinten ruokintaan ja ruokintajärjestelmiin, voidaan niillä saavuttaa merkittäviä työtekniisiä etuja ja ne voivat tuoda hyötyä viljelykiertoon. Tilan työhuiput tasoittuvat, kun kesässä tarvitaan vain yksi korjuukerta ja se on eri aikaan kuin nurmisäilörehun teko tai puinti. Kokoviljasäilörehu mahdollistaa lannan ja erityisesti kuivanlannan ravinteiden tehokkaan ja hygieenisen hyödyntämisen, kun lanta mullataan maahan kasvustoja perustettaessa. Lisäksi viljelijöiden kokemusten mukaan nurmen perustaminen kokoviljasäilörehukasvustojen avulla on yleensä onnistunut hyvin ja niin kävi tässäkin tutkimuksessa.

Viitteet

- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows; a revision of the relative silage dry matter intake index. *Animal* 1: 758–770.
- Huuskonen, A., 2013. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets based on whole-crop barley silage with or without protein supplementation relative to grass silage-based diet. *Agricultural and Food Science* 22: 424–434.
- Kuoppala, K., Lötjönen, T., Saarinen, E., Suomela, R., Hyrkäs, M. & Huuskonen, A. 2014. Palkokasviviljakasvustojen satoisuus ja rehuarvo. Teoksessa: Huuskonen, A. (toim.). Edistystä luomutuotantoon – loppuraportti. MTT Raportti 175: 28–36. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-587-5>
- Laine, A., Högnäsbacka, M., Niskanen, M., Ohralahti, K., Jauhiainen, L., Kaseva, J. & Nikander, H. 2017. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2009–2016. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2017. Saatavilla: <https://www.sgnieminen.fi/wp-content/uploads/2015/09/Viralliset-lajikekokeet-2009-2016.pdf>.
- Nousiainen J., Rinne M., Hellämäki M. & Huhtanen, P. (2003) Prediction of the digestibility of the primary growth of grass silages harvested at different stages of maturity from chemical composition and pepsin-cellulase solubility. *Animal Feed Science and Technology* 103: 97–111.
- Palva, R. 2018. Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat. TTS:n julkaisu 447. Työtehoseura ry. 16 s.
- ProAgria 2017. Maatalouskalenteri 2017. Esimerkkilaskelmia tuotantokustannuksista: 153–162.
- Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 40: 38–45.

- Suokannas, A. 2003. Kokoviljan korjuuteknologia ja korjuutappiot. 27–37. Puintikostean viljan murskesäilöntä. Teoksessa Suokannas, A., Pehkonen, A., Mäkinen, H., Tuori, M. & Pentti, S. (toim.). Kokoviljasäilörehu karjatilalla. Maa- ja elintarviketalous 40: 27–37.
- Tuori, M., Pursiainen, P., Jaakkola, S. & Syrjälä-Qvist, L. 2003. Kokovilja säilörehuna. Teoksessa Suokannas, A., Pehkonen, A., Mäkinen, H., Tuori, M. & Pentti, S. (toim.). Kokoviljasäilörehu karjatilalla. Maa- ja elintarviketalous 40: 12–26.

2. Kevätruisvehnä- ja ohrakokoviljasäilörehut kasvavien sonnien ruokinnassa

Arto Huuskonen¹ ja Katariina Manni²

¹Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

²Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Kokoviljasäilörehun viljelyllä voidaan muun muassa monipuolistaa tilan viljelykasvivalikoimaa, helpottaa työhuippuja kasvukaudella ja hidastaa monivuotisten rikkakasvien runsastumista lohkoilla. Viime vuosina kokoviljasäilörehun vaihtoehtoiksi on tullut uusia kasvilajeja. Kehitystä naudanlihantuotantoon -hankkeessa satoisimmaksi kokoviljasäilörehuksi osoittautui kevätruisvehnä, josta on saatu positiivisia kokemuksia myös yksittäisillä maataloilla. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kevätruisvehnästä korjatun kokoviljasäilörehun tuotantovaikutusta kasvavien lihanautojen ruokinnassa verrattuna ohrakokoviljasäilörehuun ja nurmisäilörehuun.

Helmikuussa 2018 alkaneessa kokeessa oli koe-eläiminä hereford- ja charolais-rotuisia sonneja. Ruokintakokeen alussa sonnit olivat keskimäärin 311 vuorokauden ikäisiä ja painoivat 440 kg. Sonnit saivat vapaasti seosrehua, jossa oli väkirehua (litistetty ohra, rapsirouhe, kivennäiset) 40 % dieetin kuiva-aineesta laskettuna. Säilörehuja oli viisi: 1) timoteisäilörehu, 2) kevätruisvehnäsäilörehu, 3) kevätruisvehnä- ja timoteisäilörehun seos (1:1), 4) ohrasäilörehu ja 5) ohra- ja timoteisäilörehun seos (1:1). Kokoviljasäilörehut korjattiin taikinatuuleentumisvaiheessa suoraniittopäällä varustetulla ajosilppurilla. Kokeessa käytetty kevätruisvehnälajike oli Nagano, ohralajike Wolmari ja timotelajike Tenho. Timotei-, kevätruisvehnä- ja ohrasäilörehun D-arvot olivat 685, 622 ja 659 g/kg ka ja syöntiindeksipisteet vastaavasti 98, 115 ja 123.

Ruokintakoe kesti 160 päivää ja sonnien teurasikä oli keskimäärin 470 vuorokautta. Kokoviljasäilörehun sisällyttäminen rehuannokseen lisäsi sonnien kuiva-aineen syöntiä verrattuna sonneihin, jotka saivat nurmisäilörehua ainoana karkearehuna. Ohrasäilörehu ainoana karkearehuna kasvatti sonneja parhaiten nettokasvun ollessa 1083 g/pv. Heikoin nettokasvu (911 g/pv) oli sonneilla, joilla kevätruisvehnä oli ainoa karkearehu. Nurmisäilörehun ollessa ainoa karkearehu nettokasvu oli 989 g/pv. Nurmi- ja kokoviljasäilörehun seoksista ruisvehnäsäilörehulla nettokasvu oli 992 ja ohrasäilörehulla 993 g/pv. Sonnien keskimääräinen teuraspaino oli 386 kg, teurasprosentti 546 g/kg, ruhon lihakkuusluokka 9,4 ja ruhon rasvaisuusluokka 2,7. Ruokintakäsittelyt eivät vaikuttaneet teuraspainoon, teurasprosenttiin tai lihakkuuteen. Ohrasäilörehu ruokinnassa sen sijaan lisäsi hieman ruhojen rasvaisuutta kevätruisvehnäsäilörehuun verrattuna.

Tulosten perusteella sonnit kompensoivat kokoviljasäilörehun heikompa sulavuutta rehun syöntiä lisäämällä. Kevätruisvehnä näyttäisi soveltuvan kohtuullisen hyvin sonnien ruokintaan varsinkin seoksena nurmisäilörehun kanssa. Tässä kokeessa kevätruisvehnä korjattiin todennäköisesti hieman liian varhaisella kasvuasteella, mikä heikensi tuotantovaikutusta varsinkin ainoana karkearehuna käytettäessä.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, sonnit, ruokinta, kokoviljasäilörehu, kevätruisvehnä, ohra

2.1. Johdanto

Kokoviljasäilörehuksi korjattava viljakasvusto voidaan korjata nurmirehun korjuukalustolla ja varastoida nurmisäilörehun tavoin (Joki-Tokola ym. 2002). Siten nautakarjatilan rehunkorjuussa tarvitaan parhaimmillaan vain yksi korjuukoneketju. Viljakasvuston korjuu kokoviljasäilörehuksi tulee edullisemmaksi kuin jyväsadon leikkuupuinti ja sadon varastointi kuivaamalla. Kokoviljasäilörehun nykyistä laajamittaisemmalla käytöllä olisi mahdollista alentaa nautatilojen rehuntuotantokustannuksia (Turunen 2003). Aiemmin toteutetussa Kehitystä nautanlihanuotantoon -hankkeessa saadut tulokset (Kykkänen ym. 2014) rohkaisevat nautakarjatiljoja kokoviljan viljelyyn. Potentiaaliset satotasot ovat niin korkeat, että tuotantokustannusten pieneminen korjuu- ja lannoituskustannusten pienentymisen kautta on houkutteleva vaihtoehto. Kokoviljasäilörehun tuotanto on nautatilan kannalta myös riskinhallintaa, ja sen käyttöön varautuminen parantaa tilojen riskinsietokykyä. Viileän ja sateisen kesän aikana myöhäiset viljalajikkeet eivät välttämättä ehdi puintikuntoon. Tällöin sato on pelastettavissa säilörehuksi korjaamalla. Kuivina kasvukausina nurmen kasvu ei välttämättä riitä tarvittavan karkearehummäärän tuottamiseen. Tällöin viljakasvustojen korjuu kokoviljasäilörehuksi voi turvata riittävän karkearehun saannin. Nautatiloilla voikin olla kokoviljasäilörehua myös ilman ennakkosuunnitelmaa.

Koska kokoviljasäilörehu koostuu heikosti sulavasta korsisadosta ja hyvin sulavasta jyväsadosta, kokoviljasäilörehun sulavuus riippuu ratkaisevasti edellä mainittujen satofraktioiden suhteellisesta osuudesta viljakasvustossa. Ohra on meillä viljeltävistä viljakasvilajeista kokoviljaksi korjattuna sulavuudeltaan luontaisesti paras, koska ohran kokoviljasato sisältää viljakasveista maissin jälkeen suhteellisesti eniten jyviä (Ellen 1993). Tämä todettiin myös Ruukissa vuonna 1995 tehdyssä kenttäkokeessa, jossa kokoviljaksi korjattujen ohran, kauran ja kevätvehnän kuiva-ainesadot olivat keskimäärin 10 861, 12 258 ja 12 765 kg/ha (Joki-Tokola 1996). Kasvilajien väliset satoerot johtuivat korsisatojen eroista. Kauralla ja kevätvehnällä korsisadon suhteellisesti suurempi osuus niiden kokoviljasadossa heikensi sulavuutta niin, että niillä sadon sulavuus (D-arvo) oli keskimäärin runsaat 10 % heikompi kuin ohralla. Myös Kykkäsen ym. (2014) tutkimuksessa havaittiin, että ohra oli tutkimuksessa mukana olleista viljoista sulavinta kokoviljasäilörehuksi korjattuna, mikä kompensoi sen huonompaa sadon tuottoa kevätruusvehnään, kauraan ja kevätvehnään verrattuna.

Viime vuosina kokoviljavaihtoehtoiksi on tullut uusia kasvilajeja. Kykkäsen ym. (2014) tutkimuksessa satoisimmaksi kokoviljavaihtoehdoksi osoittautui kevätruusvehnä, josta on saatu positiivisia kokemuksia myös yksittäisillä maatiloilla. Pelkkä suuri satotaso ei kuitenkaan riitä oikeutukseksi uuden viljelykasvin laajamittaiselle tuotannolle, sillä rehun on tuotettava tulosta myös ruokinnassa. Kykkäsen ym. (2014) tulosten perusteella kevätruusvehnän energia-arvo on matalahko.

Kasvavien nautojen ruokinnassa kokoviljoja on mahdollista käyttää joko ainoana karkearehuna tai seoksena nurmirehun kanssa. Lypsylehmillä tehtyjen tutkimusten perusteella kokoviljasäilörehujen heikohko sulavuus voi osittain kompensoitua rehun sulavan osan nopealla sulatuksella, jolloin nopeutunut läpivirtaus nautan pötsissä mahdollistaa syönnin lisääntymisen (Ahvenjärvi ym. 2006, Huhtanen ym. 2007). Tällöin matalahko energia-arvo osittain kompensoituu suuremmalla rehun syönnillä. Lypsylehmillä on havaittu, että suurimmat syönnin lisäyksestä saatavat hyödyt ovat saavutettavissa silloin, kun seosrehuruokinnassa käytettävästä karkearehusta noin puolet on kokoviljasäilörehua ja puolet nurmisäilörehua (Huhtanen ym. 2007). Tässä raportoitavan tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kevätruusvehnästä korjatun kokoviljasäilörehun tuotantovaikutusta kasvavien lihanautojen ruokinnassa verrattuna ohrasäilörehuun ja nurmisäilörehuun.

2.2. Aineisto ja menetelmät

2.2.1. Koe-eläimet ja kasvatusympäristö

Ruokintakoe suoritettiin Luke Ruukin toimipisteen tutkimuspihatossa, jonne hankittiin vuoden 2017 loka-marraskuussa 50 kpl hereford- (hf) ja 50 kpl charolais-rotuisia (ch) sonnivasikoita. Eläimet hankittiin yksityisiltä emolehmätiloilta A-Tuottajat Oy:n eläinvälityksen kautta. Tässä raportoitava ruokintakoe aloitettiin helmikuussa 2018. Kokeen alussa hf-sonnit painoivat keskimäärin 428 ($\pm 42,8$) kg ja olivat keskimäärin 309 ($\pm 16,1$) vuorokauden ikäisiä. Vastaavasti ch-sonnit painoivat 453 (52,5) kg ja olivat iältään 311 ($\pm 15,9$) vrk.

Sonnit kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa, joiden pituus oli 10 m ja leveys 5 m. Karsinassa oli siten tilaa 10 m² eläintä kohden. Karsina-alue muodostui lantakäytävästä ja kuivitetusta makuu-alueesta. Makuualueen koko oli 5 x 5 m, jolloin eläintä kohti oli 5 m² kuivitetua makuu-alueetta. Lantakäytävät tyhjennettiin kokeen aikana keskimäärin kaksi kertaa viikossa, ja samalla lisättiin kuiviketta makuualueelle. Makuualueet tyhjennettiin talvella kahden kuukauden ja kesällä kolmen kuukauden välein.

2.2.2. Koeruokinnat

Kokeen alussa sonnit jaettiin rodun ja elopainon perusteella viidelle koeruokinnalle, jolloin kullekin koeruokinnalle tuli 10 hf- ja 10 ch-sonnia (4 karsinaa ja 20 sonnia / koeruokinta). Ruokinta tapahtui seosrehuruokintana perustuen vapaaseen rehun saantiin. Kaikilla koeruokinnalla (Taulukko 1) seosrehussa oli säilörehua 60 %, litistettyä ohraa 33,5 %, rapsirouhetta 5 % ja kivennäisvitamiiniseosta 1,5 % rehuannoksen kuiva-aineesta. Viisi erilaista säilörehuruokintaa olivat:

1. Timoteisäilörehu (TS)
2. Kevätveisvehnäsäilörehu (KS)
3. Kevätveisvehnä- ja timoteisäilörehun seos (1:1) (KTS)
4. Ohrasäilörehu (OS)
5. Ohra- ja timoteisäilörehun seos (1:1) (OTS)

Taulukko 1. Ruokintakokeen seosrehuissa käytetyt rehuosakomponentit ja niiden osuudet seoksissa (g/kg ka).

	TS	KS	KTS	OS	OTS
Timoteisäilörehu	600		300		300
Kevätveisvehnäsäilörehu		600	300		
Ohrasäilörehu				600	300
Litistetty ohra	335	335	335	335	335
Rapsirouhe	50	50	50	50	50
Kivennäis-vitamiiniseos	15	15	15	15	15

TS = karkearehuna timoteisäilörehu, KS = karkearehuna kevätveisvehnäsäilörehu, KTS = karkearehuna kevätveisvehnä- ja timoteisäilörehun seos, OS = karkearehuna ohrasäilörehu, OTS = karkearehuna ohra- ja timoteisäilörehun seos.

Koesuunnitelman mukaiset seosrehut valmistettiin seosrehuvaunulla (Trioliet, 10 m³), josta rehu jaettiin ruokintakuppeihin (GrowSafe Systems). Jokaisessa karsinassa oli kaksi ruokintakuppia, jotka mahdollistivat yksilökohtaisen rehun kulutuksen seurannan (eläinten automaattinen tunnistus elektronisten korvamerkkien kautta). Eläimet saivat tutkimussuunnitelman mukaista seosrehua vapaasti eli ruokintakupeissa oli rehua jatkuvasti tarjolla. Ruokintakupit tyhjennettiin vanhasta rehusta kesäkauden aikana kerran päivässä ja talvikauden aikana noin kaksi kertaa viikossa. Vettä kaikki eläimet saivat vapaasti juomakupeista, joita oli yksi jokaisessa karsinassa.

2.2.3. Koerehut

Koesäilörehut viljeltiin ja korjattiin Luken Ruukin toimipisteessä kasvukaudella 2017. Nurmisäilörehu korjattiin timoteikasvustosta, jossa lajikkeena oli Tenho. Kokoviljasäilörehuista ohralla lajikkeena oli Wolmari (kylvösiemenmäärä 220 kg/ha, kylvöpäivä 8.6.) ja kevätruisvehnällä Nagano (kylvösiemenmäärä 200 kg/ha, kylvöpäivä 13.6.).

Timoteikasvusto niitettiin 28.6. Elhon HNM 280 P niittomurskaimella, ja rehu korjattiin ajosilppurilla (New Holland FX 60) noin vuorokausi niiton jälkeen. Kevätruisvehnä- ja ohrasäilörehut korjattiin taikinatuleentumisvaiheessa 19.9. pystykasvustosta suoraniittopäällä varustetulla ajosilppurilla (Claas Jaguar 970). Kokoviljakasvustojen niittokorkeus oli noin 10 cm. Säilöntäaineena kaikilla koesäilörehuilla oli muurahaishappopohjainen GrasAAT SX, jota annosteltiin 5 litraa/tonni tuoretta rehua. Säilörehut varastoitettiin laakasiiloihin.

2.2.4. Rehunäytteiden otto, esikäsitteleminen ja analysointi

Seosrehuja tehtäessä säilörehuista otettiin näytteitä, jotka pakastettiin ja yhdistettiin jokaisen ruokintajakson (28 vrk) analyysinäytteeksi. Väkiurehuista kerättiin näytteet jokaisesta rehuerästä ja yhdistettiin eräkohtaisiksi analyysinäytteiksi.

Säilörehuista ja väkiurehuista analysoitiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, neutraalidetergenttikuitu (NDF), raakasvasva ja tärkkelys Luken laboratoriossa Jokioisilla. Primäärinen kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (105 °C, 20 h). Säilörehun kuiva-aine korjattiin Huidan ym. (1986) kuvaamalla menetelmällä haihtuvien yhdisteiden (maitohappo, haihtuvat rasvahapot ja ammoniakki) osalta. Orgaanisen aineen pitoisuus saatiin polttamalla näytettä (600 °C, 2 h) ja vähentämällä saadun tuhkan määrä kuiva-aineen määrästä. NDF määritettiin Van Soestin ym. (1991) kuvaamalla tavalla. Raakavalkuaisen määrityksessä käytettiin Dumas-tyypin typpianalysaattoria (Leco FP-428 N Analyser, Leco Corporation, St. Joseph, MO, USA). Raakasvasva analysoitiin AOAC:n (1990) mukaisesti ja tärkkelys Salon ja Salmen (1968) kuvaamalla tavalla.

Säilörehuista määritettiin käymislaatu (pH, ammoniumtyppi, vesiliukoiset hiilihydraatit, haihtuvat rasvahapot sekä maito- ja muurahaishappo) Valio Oy:ssä käytössä olevalla puristenestetitrukseen pohjautuvalla laatumäärityksellä (Moisio ja Heikonen 1989). Säilörehun D-arvo (sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa) määritettiin Huhtasen ym. (2006) mukaisesti. Rehujen energia- ja valkuaisarvot laskettiin Luken (2020) kuvaamalla tavalla. Säilörehujen syönti-indeksit laskettiin Huhtasen ym. (2007) esittämällä tavalla.

2.2.5. Eläinten punnitus ja teurastus

Sonnien kasvua seurattiin punnitsemalla eläimet kahtena peräkkäisenä päivänä kokeen alussa ja lopussa. Punnitustuloksena käytettiin kahden punnituskerran keskiarvoa. Sonnien elopainon kasvu (päiväkasvu) laskettiin loppuelopainon ja kokeen alun elopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Sonnit teurastettiin kolmessa teuraserässä Atria Oy:n Kauhajoen teurastamossa. Teuraspainotaivoite oli 370 kg hf-sonneille ja 410 kg ch-sonneille.

Teurastus tapahtui yleisten teurastuskäytäntöjen mukaan (EC 2006). Nettokasvu laskettiin teuraspainon ja kokeen alun ruhopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Ruhopainona kokeen alussa käytettiin arviota elopaino $\times 0,52$. Teurasprosentti saatiin jakamalla eläimen ruhopaino kokeen lopun elopainolla ja kertomalla sadalla. Ruhon lihakuus määriteltiin EUROP-luokituksella, jossa E tarkoittaa lihakuudeltaan erinomaista ja P lihakuudeltaan heikkoa ruhoa. Luokkia oli kaiken kaikkiaan 15 (E+, E, E-, U+, U, U-, R+, R, R-, O+, O, O-, P+, P, P-). Tilastollista käsittelyä varten luokat numeroitiin numeroilla 1–15. Rasvaluokitus tehtiin asteikolla 1–5, jossa 1 tarkoittaa vähärasvaista ja 5 erittäin rasvaista ruhoa (EC 2006).

2.2.6. Tilastollinen analyysi

Kaikista mitatuista muuttujista saatiin yksilökohtaiset havainnot, joten tuloksia laskettaessa käytettiin eläintä havaintoyksikkönä. Kesken kokeen jouduttiin poistamaan kaksi ch-sonnia (TS- ja KS-ruokinta) ja yksi hf-sonni (TS-ruokinta) koeruokinnosta johtumattomista syistä. Näiden eläinten tuloksia ei ole huomioitu tulosten laskennassa. Tulosten tilastollisena käsittelynä tehtiin varianssianalyysi SAS-ohjelmiston (versio 9.4) GLM-proseduurilla. Testauksessa käytetty koemalli oli:

$$y_{ijklm} = \mu + \delta_k + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \theta_{ijm} + \beta_{xijkl} + e_{ijklm}$$

Koemallissa μ on yleiseskiarvo, e_{ijklm} on virhetermi ja δ_k on teuraserän vaikutus (1, 2, 3). α_i on ruokintakäsittelyn (TS, KS, KTS, OS, OTS) vaikutus, γ_j on rodun (Hf, Ch) vaikutus ja $(\alpha\gamma)_{ij}$ on ruokintakäsittelyn ja rodun yhdysvaikutus. θ_{ijm} on karsinan satunnaisvaikutus. Eläinten elopainoa kokeen alussa käy-tettiin kovariaattina (β_{xijkl}) mallissa.

Koekäsittelyjen väliset tilastolliset erot testattiin ortogonaalisilla kontrasteilla:

1. Rodun vaikutus (hf vs. ch)
2. Kokoviljoja sisältävät ruokinnat (KS, KTS, OS, OTS) vs. puhdas timoteisäilörehu (TS)
3. Kevätveisvehnää sisältävät ruokinnat (KS, KTS) vs. ohrakokoviljaa sisältävät ruokinnat (OS, OTS)
4. Seokset (KTS, OTS) vs. puhtaat kokoviljat (KS, OS)
5. Kontrastien 3 ja 4 välinen yhdysvaikutus (onko timoteisäilörehun lisäyksellä erilainen vaikutus keväteisvehnän kuin ohran kanssa)
6. Rodun ja kontrastin 2 yhdysvaikutus
7. Rodun ja kontrastin 3 yhdysvaikutus
8. Rodun ja kontrastin 4 yhdysvaikutus
9. Rodun ja kontrastin 5 yhdysvaikutus

Koska rodun ja ruokintojen välillä oli vain vähän merkitseviä yhdysvaikutuksia, tulostaulukoissa esitetään vain rodun ja ruokintojen päävaikutukset.

2.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

2.3.1. Koerehut

Koerehujen kemiallinen koostumus, säilönnällinen laatu ja rehuarvot on esitetty taulukossa 2. Korjuajan sääolosuhteista johtuen nurmisäilörehun kuiva-ainepitoisuus jäi selvästi matalammaksi kuin kokoviljasäilörehuilla. Rehuanalyysin perusteella nurmisäilörehun D-arvo oli 685 g/kg ka, mitä voidaan pitää tavoiteltavana sulavuutena kasvavien nautojen ruokinnassa. Kokoviljasäilörehujen sulavuus jää yleensä hyvälaatuista nurmisäilörehua heikommaksi (Abdalla ym. 1999, Sinclair ym. 2003, Huuskonen 2013), kuten tapahtui tässäkin kokeessa. Ohrakokoviljan D-arvo oli 659 ja kevätruisehjän 622 g/kg ka. Kokoviljasäilörehujen raakavalkuais- ja kuitupitoisuudet olivat selvästi matalammat kuin nurmisäilörehulla. Kokoviljasäilörehuille tyypillisesti ne sisälsivät huomattavan määrän tärkkelystä. Kevätruisehjän säilörehun kuitu- ja sokeripitoisuudet olivat suuremmat mutta tärkkelyspitoisuus pienempi ohrasäilörehuun verrattuna (Taulukko 2). Analyysitulosten perusteella näyttää mahdolliselta, että kevätruisehjän korjattiin hieman liian varhaisella kasvuasteella.

Kaikkien säilörehujen säilönnällinen laatu oli analyysitulosten perusteella hyvä. Kevätruisehjän säilörehun sokeripitoisuus oli selvästi korkeampi kuin nurmisäilörehun ja ohrakokoviljan. Syöntiindeksipisteet nurmi-, kevätruisehjän- ja ohrasäilörehuille olivat 98, 115 ja 123. Nurmisäilörehun syönti-indeksiä heikensi erityisesti sen matala kuiva-ainepitoisuus.

Taulukko 2. Koerehujen kemiallinen koostumus, rehuarvot ja säilönnällinen laatu.

	Timotei- säilörehu	Kevätruisehjän- säilörehu	Ohra- säilörehu	Litistetty ohra	Rapsi- rouhe
Näytämäärä, kpl	6	6	6	3	2
Kuiva-aine, g/kg	205	314	350	872	876
Tuhka, g/kg ka	69	51	54	23	76
Raakavalkuainen, g/kg ka	148	98	99	105	377
Kuitu, g/kg ka	559	496	402	213	284
Tärkkelys, g/kg ka	6	172	308	569	13
Raakarasva, g/kg ka	38	21	22	17	29
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	11,0	9,6	10,2	13,2	11,4
D-arvo, g/kg ka	685	622	659		
OIV, g/kg ka	88	78	82	95	169
PVT, g/kg ka	19	-17	-22	-38	154
Säilörehun syönti-indeksi	98	115	123		
Säilönnällinen laatu					
pH	3,72	3,91	3,90		
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka	17	9	10		
Maito- ja muurahaishappo, g/kg ka	68	31	39		
Sokerit, g/kg ka	53	116	60		
NH₄typpi kokonaistypestä, g/kg	50	54	26		

Säilörehujen väliset erot rehuarvoissa ja kemiallisessa koostumuksessa näkyivät luonnollisesti myös kokeessa käytettyjen seosrehujen koostumuksessa (Taulukko 3). Kokoviljasäilörehujen korvaaminen osittain tai kokonaan timoteisäilörehulla pienensi seoksen kuiva-aine- ja tärkkelyspitoisuutta mutta vastaavasti lisäsi raakavalkuais-, kuitu- ja energiapitoisuutta. Suomessa käytössä olevien ruokintasuosituksen (Luke 2020) mukaan yli 200 kg painavien sonnien valkuaisen saanti on riittävä, kun rehuanoksen PVT-arvo on yli -10 grammaa kilossa kuiva-ainetta. Tässä kokeessa tavoitearvo alittui hieman KS- ja OS-ruokinnoilla (Taulukko 3). Koeaineistojen perusteella on kuitenkin havaittu, että jo 110–120 grammaa kilossa kuiva-ainetta on riittävä dieetin raakavalkuaispitoisuus kasvaville naudoille energian saannin ollessa riittävää. Tämä tarkoittaa, että PVT-suosituksen alaraja voitaisiin turvallisesti pudottaa arvoon -20 g/kg ka ilman negatiivista vaikutusta kasvuun (Huuskonen ym. 2014).

Taulukko 3. Kokeessa käytettyjen seosrehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

	TS	KS	KTS	OS	OTS
Kuiva-aine, g/kg	295	422	348	460	360
Tuhka, g/kg ka	68	57	62	59	63
Raakavalkuainen, g/kg ka	143	113	128	113	128
Kuitu, g/kg ka	421	383	402	327	374
Tärkkelys, g/kg ka	195	294	245	376	285
Raakarasva, g/kg ka	30	20	25	21	25
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	11,6	10,8	11,2	11,1	11,3
OIV, g/kg ka	93	87	90	89	91
PVT, g/kg ka	6	-15	-4	-18	-6

TS = karkearehuna timoteisäilörehu, KS = karkearehuna kevätruisvehnäsäilörehu, KTS = karkearehuna kevätruisvehnä- ja timoteisäilörehun seos, OS = karkearehuna ohrasäilörehu, OTS = karkearehuna ohra- ja timoteisäilörehun seos.

2.3.2. Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti

Ruokintakoe kesti keskimäärin 160 vuorokautta, ja sonnit teurastettiin 470 vuorokauden iässä. Taulukossa 4 on esitetty tuotantotulokset koetekijöittäin eli rotujen ja ruokintojen keskiarvona. Sonnien kuiva-aineen syönti kokeen aikana oli keskimäärin 10,1 kg/pv. Ch-sonnien päivittäinen kuiva-ainesyönti oli hieman korkeampi kuin hf-sonneilla. Tämä johtui rotujen välisestä erosta elopainoisissa, sillä metabolista elopainoa kohden lasketussa kuiva-ainesyönnissä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa hf- ja ch-sonnien välillä (85,1 vs. 87,0 g kuiva-ainetta / metabolinen elopaino-kg).

Taulukko 4. Sonnien rehun syönti sekä kasvu- ja teurastulokset ruokintakokeessa.

	Rotu		Ruokinta					SEM	Ortogonaaliset kontrastit (P-arvot)				
	Hf	Ch	TS	KS	KTS	OS	OTS		1	2	3	4	5
Sonnien lukumäärä	49	48	18	19	20	20	20						
Kokeen kesto, pv	159	161	167	164	162	149	159	3,2	0,319	0,046	0,026	0,192	0,153
Elopaino alussa, kg	428	453	435	445	436	445	440	12,5	0,020	0,655	0,861	0,571	0,887
Elpaino lopussa, kg	689	724	710	701	703	713	702	10,5	<0,001	0,658	0,601	0,623	0,508
Teurasikä, pv	468	472	479	473	469	462	468	4,9	0,791	0,047	0,240	0,620	0,372
Syönti, kg ka/pv	9,9	10,3	9,4	10,1	9,9	10,6	10,4	0,218	0,006	0,003	0,031	0,212	0,898
Energian saanti, MJ/pv	113	117	111	110	112	120	119	2,5	0,007	0,096	0,003	0,823	0,667
Raakavalkuaisen saanti, kg/pv	1,25	1,28	1,36	1,14	1,27	1,21	1,35	0,026	0,009	0,003	0,019	<0,001	0,895
Elopainon kasvu, g/pv	1633	1720	1641	1576	1651	1841	1666	45,7	0,009	0,344	0,002	0,199	0,007
Nettokasvu, g/pv	882	1108	989	911	992	1083	993	30,4	<0,001	0,730	0,007	0,689	0,011
Rehun hyväksikäyttö													
kg ka/päiväkasvu-kg	6,12	6,00	5,77	6,39	6,02	5,83	6,28	0,134	0,917	0,016	0,301	0,949	0,003
MJ/päiväkasvu-kg	69,6	68,2	67,9	70,2	68,3	65,9	72,3	1,52	0,924	0,377	0,992	0,228	0,009
Kg raakavalkuaista/päiväkasvu-kg	0,77	0,75	0,83	0,73	0,77	0,66	0,81	0,017	0,861	<0,001	0,553	<0,001	0,003
Ruhon laatu													
Teuraspaino, kg	362	411	391	379	386	390	384	6,9	<0,001	0,387	0,525	0,959	0,329
Teurasprosentti, g/kg	526	566	551	539	548	545	546	3,3	<0,001	0,106	0,490	0,183	0,194
Lihakkuus, EUROP (1-15)	8,4	10,5	9,6	9,3	9,4	9,6	9,2	0,26	<0,001	0,516	0,751	0,430	0,292
Rasvaisuus, EUROP (1-5)	3,3	2,1	2,5	2,4	2,4	3,0	3,2	0,14	<0,001	0,111	<0,001	0,658	0,488

Hf=hereford, Ch=charolais, karkearehu: TS=timoteisäilörehu, KS=kevätruisvehnäsäilörehu, KTS=KS ja TS, OS=ohrasäilörehu, OTS=OS ja TS, SEM=keskiarvon keskivirhe, Kontrastit: 1=rodun vaikutus (hf vs. ch), 2=kokoviljoja sisältävät ruokinnat (KS, KTS, OS, OTS) vs. puhtas timoteisäilörehu (TS), 3=kevätruisvehnää sisältävät ruokinnat (KS, KTS) vs. ohrakoviljaa sisältävät ruokinnat (OS, OTS), 4=seokset (KTS, OTS) vs. puhtaat kokoviljat (KS, OS), 5=kontrastien 3 ja 4 välinen yhdysvaikutus (onko timoteisäilörehun lisäyksellä erilainen vaikutus kevätruisvehnän kuin ohran kanssa).

Nurmisäilörehua ainoana karkearehuna saaneiden sonnien rehun syönti oli kokeen aikana keskimäärin 9,4 kuiva-ainekilogrammaa päivässä. Kokoviljasäilörehun sisällyttäminen rehuannokseen lisäsi sonnien kuiva-aineen syöntiä verrattuna sonneihin, jotka saivat nurmisäilörehua ainoana karkearehuna. Myös useissa aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että naudat pystyvät kompensoimaan kokoviljasäilörehun nurmea heikompaa sulavuutta syöntiä lisäämällä (Sinclair ym. 2003, Huhtanen ym. 2007, Keady ym. 2013). Tässä kokeessa suurimmat syöntimäärät havaittiin ohrasäilörehua sisältäneillä ruokinnoilla, joilla rehun syönti oli keskimäärin 5 % suurempaa kuin kevätruisehneä sisältäneillä seoksilla. Kokoviljasäilörehua ainona karkearehuna saaneiden sonnien rehun syönti ei poikennut tilastollisesti merkitsevästi kokoviljasäilörehun ja timoteisäilörehun seosta karkearehuna saaneiden sonnien rehun syönnistä (Taulukko 4).

Suuremmasta rehun syöntimäärästä ja dieetin korkeammasta energiapitoisuudesta johtuen ohrasäilörehua saaneiden sonnien energian saanti oli keskimäärin 8 % suurempaa kuin kevätruisehneä sisältäen rehua saaneilla sonneilla. Timoteisäilörehun sisällyttäminen rehuannokseen puolestaan lisäsi hieman sonnien raakavalkuaisen saantia kokoviljasäilöhupohjaisiin ruokintoihin verrattuna.

2.3.3. Kasvu ja rehun hyväksikäyttö

Nettopäiväkasvu kokeen aikana oli hf-sonneilla keskimäärin 882 g/pv ja ch-sonneilla 1108 g/pv. Nurmisäilörehun ollessa ainoa karkearehu sonnien nettopäiväkasvu kokeen aikana oli keskimäärin 989 g/pv. Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen kokoviljasäilöhullalla ei vaikuttanut kasvuihin. Paras kasvutulos saavutettiin, kun ohrakokovilja oli ainoana karkearehuna. Kevätruisehneä ainoana karkearehuna saaneiden sonnien kasvu jäi puolestaan hieman muita ryhmiä matalammaksi (Taulukko 4).

Havaitut tulokset ovat samansuuntaisia McCartneyn ja Vaagen (1994) tutkimuksen kanssa, jossa raportoitiin, että ruisehneä sisältäen rehua saaneet hiehot kasvoivat ohrasäilörehua saaneita hiehoja heikommin. Eron arveltiin johtuvan ensisijaisesti ruokintojen välisistä eroista rehun syönnissä, sillä ruisehneä saaneiden hiehojen kuiva-ainesyönti jäi ohrasäilörehulla ruokittuja matalammalle tasolle (McCartney ja Vaage 1994).

Toisaalta ZoBell ym. (1992) eivät havainneet koeryhmien välillä merkitseviä eroja, kun feedlot-härkiä ruokittiin ruisehne- ja ohrasäilörehuja sisältävillä seoksilla. Yksittäisten kokeiden välillä havaitut ristiriidat voivat johtua esimerkiksi kokeessa käytetyistä väkirehutasoista. ZoBellin ym. (1992) tutkimuksessa eläimet ruokittiin selvästi korkeimmilla väkirehutasoilla (620–742 g/kg ka) kuin McCartneyn ja Vaagen (1994) kokeessa (130–150 g/kg ka) tai tässä raportoitavassa tutkimuksessa (400 g/kg ka). Kaiken kaikkiaan vertailujen tekeminen yksittäisten kokeiden välillä on aina haastavaa, sillä kokoviljasäilörehujen ruokinnallinen arvo ja tuotosvasteet vaihtelevat suuresti. Erot saattavat johtua esimerkiksi korjuuvaiheen kasvuasteesta, niittokorkeudesta, kasvilajista ja -lajikkeesta, kasvu- ja korjuuolosuhteista sekä korjuu- ja varastointitekniikasta, jotka kaikki voivat vaikuttaa rehun kemialliseen koostumukseen, säilönnälliseen laatuun sekä korren ja tähkän suhteelliseen osuuteen korjatussa rehussa (Rustas 2009, Wallsten ym. 2009, O’Kiely 2011, Keady ym. 2013, Huuskonen ym. 2016).

Rehun kuiva-aineen hyväksikäyttö (kg ka/päiväkasvu-kg) oli kokoviljasäilörehuruokinnoilla hieman heikompaa kuin timoteisäilörehua ainoana karkearehuna saaneilla sonneilla (Taulukko 4). Toisaalta kokoviljasäilörehujen sisällyttäminen rehuannokseen paransi valkuaisen hyväksikäyttöä timoteisäilörehuun verrattuna. Dieetin typpipitoisuuden vähentämisen onkin todettu olevan tehokas keino vähentää virtsan ja sonnan kautta tapahtuva typen eritystä sekä kasvukilogrammaa kohden laskettua eritystä (Huhtanen ja Huuskonen 2020).

Seosrehuruokinnassa on käytännön tilatasollakin suhteellisen helppoa korvata osa nurmi- tai nurmi-palkokasvisäilörehusta kokoviljasäilöhullalla, mikä tehostaa typen hyväksikäyttöä. Toisaalta kasvavien sonnien ruokinnassa ollaan usein tilanteessa, jossa varsinaista valkuaislisää ei tarvita, vaikka kokovil-

jasäilörehua käytettäisiin ainoana karkearehuna (Huuskonen 2013, Pesonen ym. 2014). Edellä mainituissa tutkimuksissa käytettiin sonnien ruokinnassa karkearehuina ohrakokoviljasäilörehuja, joiden raakavalkuaispitoisuudet olivat 105 g/kg ka (Huuskonen 2013) ja 89 g/kg ka (Pesonen ym. 2014). Matalista valkuaispitoisuuksista huolimatta valkuaislisä ei parantanut sonnien kasvua, rehun hyväksikäyttöä tai teurastuloksia, kun eläimet ruokittiin vapaasti joko seosrehulla (väkirehuprosentti 40 %) tai kokoviljasäilörehulla ja kohtuullisella määrällä viljaväkirehua (väkirehuprosentti 20–40 %) (Huuskonen 2013, Pesonen ym. 2014).

2.3.4. Teurastulokset

Hf-sonnien teuraspaino oli keskimäärin 362 kg, lihakuusluokka R (8,4) ja rasvaisuusluokka 3,3. Ch-sonnien teuraspaino oli puolestaan keskimäärin 411 kg, lihakuusluokka U (10,5) ja rasvaisuusluokka 2,1. Vastaavia eroja teurasruhon koostumuksessa keskikokoisten ja isojen lihrotujen välillä on havaittu useissa aiemmissa tutkimuksissa (mm. Bartoň ym. 2006, Pesonen ym. 2013a,b, Pesonen ja Huuskonen 2015).

Ruokinnat eivät vaikuttaneet merkittävästi sonnien teuraspainoon, teurasprosenttiin tai ruhojen lihakuusluokkaan. Sen sijaan ohrasäilörehua saaneiden sonnien ruhot olivat hieman rasvaisempia kuin muilla ruokinnoilla (Taulukko 4). Tämä saattoi johtua lisääntyneestä energian saannista, jonka on monissa aiemmissa tutkimuksissa havaittu lisäävän teurasruhojen rasvoittumista (Pesonen ym. 2013b, Huuskonen ja Huhtanen 2015, Manni ym. 2016).

2.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tulosten perusteella sonnit kompensoivat kokoviljasäilörehun nurmisäilörehua heikompa sulavuutta rehun syöntiä lisäämällä. Kevättruisvehnä näyttäisi soveltuvan kohtuullisen hyvin sonnien ruokintaan varsinkin seoksena nurmisäilörehun kanssa. Tässä kokeessa kevätruisvehnä korjattiin mahdollisesti hieman liian varhaisella kasvuasteella, mikä heikensi tuotantovaikutusta varsinkin ainoana karkearehuna käytettäessä. Vaikka ohrasäilörehulla saavutettiin tässä kokeessa erittäin hyvät kasvutulokset, kokoviljasäilörehun suurimmat hyödyt eivät kuitenkaan todennäköisesti liity ruokintaan, vaan suuriin satotasoihin, rehun tuotantokustannusten pienenemiseen ja muihin rehuntuotannollisiin etuihin kuten lannan hyväksikäyttöön ja nurmen perustamiseen.

Kokoviljasäilörehu sisältää suhteellisen vähän raakavalkuaista. Tässä kokeessa kokoviljojen raakavalkuaispitoisuus oli noin 100 g/kg ka. Tulosten perusteella tämän ei havaittu heikentäneen sonnien tuotantotuloksia. Paras kasvutulos saavutettiin koekäsittelyllä, jossa ohrakokovilja oli ainoana karkearehuna ja jossa dieetin PVT- ja raakavalkuaispitoisuus olivat vertailtavista koekäsittelyistä matalimmat. Ruokinnassa kokoviljasäilörehun matala raakavalkuaispitoisuus voidaan nähdä etuna, sillä kokoviljan käyttö laskee rehuannoksen typpipitoisuutta, mikä puolestaan parantaa typen hyväksikäyttöä.

Viitteet

- Abdalla, A. L., Sutton, J.D., Phipps, R.H. & Humphries, D.J. 1999. Digestion in the rumen of lactating dairy cows given mixtures of urea-treated whole-crop wheat and grass silage. *Animal Science* 69: 203–212.
- Ahvenjärvi, S., Joki-Tokola, E., Vanhatalo, A., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 2006. Effects of replacing grass silage with barley silage in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science* 89: 1678–1687.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA. 1298 s.
- Bartoň L., Řehák D., Teslík V., Bureš D. & Zahrádková R. 2006. Effect of breed on growth performance and carcass composition of Aberdeen Angus, Charolais, Hereford and Simmental bulls. *Czech Journal of Animal Science* 51: 47–53.
- EC 2006. Council Regulation (EC) No 1183/2006 of 24 July 2006 concerning the Community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. *The Official Journal of the European Union* L214: 1–6.
- Ellen, J. 1993. Growth, yield and composition of four winter cereals. 1. Biomass, grain yield and yield formation. *Netherland Journal of Agricultural Science* 41: 153–165.
- Huhtanen, P. & Huuskonen, A. 2020. Modelling effects of carcass weight, dietary concentrate and protein levels on the CH₄ emission, N and P excretion of dairy bulls. *Livestock Science* 232: 103896. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103896>.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293–323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows; a revision of the relative silage dry matter intake index. *Animal* 1: 758–770.
- Huida, L., Väätäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silage as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215–230.
- Huuskonen, A. 2013. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets based on whole-crop barley silage with or without protein supplementation relative to a grass silage-based diet. *Agricultural and Food Science* 22: 424–434.
- Huuskonen, A. & Huhtanen, P. 2015. The development of a model to predict BW gain of growing cattle fed grass silage-based diets. *Animal* 9: 1329–1340.
- Huuskonen A., Huhtanen P. & Joki-Tokola E. 2014. Evaluation of protein supplementation for growing cattle fed grass silage-based diets: a meta-analysis. *Animal* 8: 1653–1662.
- Huuskonen A., Pesonen M. & Honkavaara M. 2016. Performance and meat quality of Nordic Red and Aberdeen Angus bulls offered faba bean or field pea based whole crop legume-cereal silages. *Agricultural and Food Science* 25: 1–12.
- Joki-Tokola, E. 1996. Kokoviljasta säilörehua. *Leipä leveämmäksi* 44, 1/1996: 12–13.
- Joki-Tokola, E., Huttu, S., Huuskonen, A. & Kiljala, J. 2002. Kokoviljasäilörehun korjuutekniikkatutkimus Ruukissa. Teoksessa: Saarisalo, E. & Topi-Hulmi, M. (toim.). *Rehuvaihtoehtoja nautakarjatilaille*. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu 18: 81–85.
- Keady, T.W.J., Hanrahan, J.P., Marley, C.L. & Scollan, N.D. 2013. Production and utilization of ensiled forages by beef cattle, dairy cows, pregnant ewes and finishing lambs: a review. *Agricultural and Food Science* 22: 70–92.
- Kykkänen, S., Huuskonen, A., Hyrkäs, M., Suomela, R., Saarinen, E. & Virkajärvi, P. 2014. Eri viljalajikkeiden satoisuus ja rehuarvo kokoviljasäilörehuksi korjattuna. Teoksessa: Huuskonen, A. (toim.). *Kehitystä naudantautantoon: loppuraportti*. MTT Raportti 167: 9–28.
- Luke 2020. Feed Tables and Nutrient Requirements. Natural Resources Institute Finland (Luke), Helsinki, Finland. <http://www.luke.fi/feedtables>.

- Manni, K., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2016. Effects of barley intake and allocation regime on performance of growing dairy bulls offered highly digestible grass silage. *Livestock Science* 191: 72–79.
- McCartney, D.H. & Vaage, A.S. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. *Canadian Journal Animal Science* 74: 91–96.
- Moisio, T. & Heikonen, M. 1989. A titration method for silage assessment. *Animal Feed Science and Technology* 22: 341–353.
- O’Kiely, P. 2011. Intake, growth and feed conversion efficiency of finishing beef cattle offered diets based on triticale, maize or grass silages, or ad libitum concentrate. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 50: 189–207.
- Pesonen, M., Honkavaara, M. & Huuskonen, A. 2013a. Production, carcass and meat quality traits of Hereford, Charolais and Hereford × Charolais bulls offered grass silage-grain-based rations and slaughtered at high carcass weights. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 63: 28–38.
- Pesonen, M., Honkavaara, M., Kämäräinen, H., Tolonen, T., Jaakkola, M., Virtanen, V. & Huuskonen, A. 2013b. Effects of concentrate level and rapeseed meal supplementation on performance, carcass characteristics, meat quality and valuable cuts of Hereford and Charolais bulls offered grass silage-barley-based rations. *Agricultural and Food Science* 22: 151–167.
- Pesonen, M. & Huuskonen, A. 2015. Production, carcass characteristics and valuable cuts of beef breed bulls and heifers in Finnish beef cattle population. *Agricultural and Food Science* 24: 164–172.
- Pesonen, M., Joki-Tokola, E. & Huuskonen, A. 2014. Effects of concentrate proportion and protein supplementation on performance of growing and finishing crossbred bulls fed a whole-crop barley silage-based diet. *Animal Production Science* 54: 1399–1404.
- Rustas, B.-O. 2009. Whole-crop cereals for growing cattle. Effects of maturity stage and chopping on intake and utilisation. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Skara, Sweden. 60 s.
- Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 40: 38–45.
- Sinclair, L. A., Wilkinson, R.G. & Ferguson, D.M.R. 2003. Effects of crop maturity and cutting height on the nutritive value of fermented whole crop wheat and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science* 81: 257–269.
- Turunen, H. 2003. Kokoviljasäilörehun taloudellisuus nautakarjatilalla. Teoksessa: Lampinen, K., Harmoinen, T. & Teräväinen H. (toim.). Kokoviljasäilörehun tuotanto ja käyttö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 5–16.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.
- Wallsten, J., Nadeau, E., Bertilsson, B. & Martinsson, K. 2009. Voluntary intake and diet selection by dairy heifers fed ensiled whole-crop barley and oats harvested at different stages of maturity. *Livestock Science* 122: 94–98.
- ZoBell, D.R., Goonewardene, L.A. & Engstrom, D.F. 1992. Use of triticale silage in diets for growing steers. *Canadian Journal of Animal Science* 72: 181–184.

3. Eri säilöntäaineet kuivahkon murskevehnän säilönnän tukena

Marketta Rinne¹, Marcia Franco¹, Tomasz Stefanski¹, Kaisa Kuoppala¹, Taina Jalava¹ ja Arto Huuskonen²

¹Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

²Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

Tiivistelmä

Viljan murskesäilönnässä voidaan käyttää samoja säilöntäaineita kuin nurmisäilörehulla. Happopohjaiset säilöntäaineet rajoittavat käymistä ja estävät haitallisten mikrobien kasvua. Maitohappobakteeriympyeillä käymistä ohjataan puhtaan maitohappokäymisen suuntaan. Homeiden kasvua estävillä säilöntäaineilla vähennetään homehtumisriskiä. Kuivahko vilja lisää homehtumisriskiä. Tässä kokeessa selvitettiin kuivahkon murskeviljan säilymistä ja aerobista stabiilisuutta erityyppisillä säilöntäaineilla. Lisäksi verrattiin eri menetelmiä aerobisen stabiilisuuden määrittämiseksi.

Kokeessa käytetty syysvehnä murskattiin välittömästi puinnin jälkeen. Säilönnän aluksi viljaan sekoitettiin hanavettä niin, että viljan kosteuspitoisuus oli 280 g/kg. Säilöntä tehtiin kaupallisilla muurahais- ja propionihappovaltaisilla säilöntäaineilla, puhtaalla muurahaishapolla ja kontrollina oli säilöntä ilman säilöntäainetta. Vilja säilöttiin ilmatiiviisiin 1,5 litran lasipurkkeihin, joita pidettiin valolta suojattuna huoneen lämmössä 57 päivää. Purkit punnittiin säilönnän alussa ja lopussa säilöntähävikin määrittämiseksi. Avaamisen yhteydessä viljan homehtuminen arvioitiin visuaalisesti ja viljoista otettiin näytteet käymislaadun määrittämistä varten. Viljan aerobinen stabiilisuus määritettiin lämpötilan nousuna, hiilidioksidin muodostumisena ja homehtumisena.

Kaikki säilöntäaineet laskivat pH:ta suhteessa kontrolliin. Ammoniumtyypen osuus kokonaistypestä on herkkä mittari kertomaan rehun laadusta. Siinä ei kuitenkaan havaittu käsittelyjen välillä eroja. Murskeviljojen kosteuspitoisuus vaihteli vain vähän (269–276 g/kg). Mikrobikäyminen ja maitohapon muodostuminen olivat vähäisiä. Myös muiden käymishappojen, etikka-, propioni- ja voihapo, muodostuminen oli minimaalista. Kontrollirehuun muodostui etanolia ja etanolipitoisuuksien ja hiivojen määrän välillä oli positiivinen yhteys. Säilönnän aikana hiivojen pitoisuus pieneni verrattuna raaka-aineeseen. Homeiden osalta näin kävi vain kontrollissa ja korkeimmalla muurahaishappopitoisen säilöntäaineen käyttömäärällä. Säilönnän aikana lähes kaikkiin purkkeihin muodostui homekasvuttoa. Kontrollirehujen painohävikki oli suurin ja säilöntäaineet pienensivät tappioita merkittävästi. Kokeen olosuhteissa säilöntätulosta pystyttiin parantamaan huomattavasti erilaisia happopohjaisia säilöntäaineita käyttäen. Lämpötilan nousulla mitattuna puhtaalla muurahaishapolla käsitellyn ja kontrollirehun aerobinen stabiilisuus oli lyhin. Korrelaatio lämpötilan nousuun ja hiilidioksidin muodostumiseen liittyvien mittausten välillä oli erittäin korkea. Visuaalisesti havainnoidun homehtumisen ja lämpötilaan perustuvan aerobisen stabiilisuuden välillä oli myös positiivinen korrelaatio, mutta se oli heikompi kuin lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden välinen.

Kuivahkon murskeviljan säilöntälaatu ja aerobinen stabiilisuus paranivat muurahaishais- ja propionihappopohjaisia säilöntäaineita käyttäen. Muurahaishappopitoisuuden lisääminen paransi säilöntäaineen tehoa, joten haastavissa tilanteissa säilöntäaineen määrän lisääminen parantaa säilöntävarmuutta. Hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen on aerobisen stabiilisuuden mittaamiseen sopiva menetelmä.

Asiasanat: vilja, säilöntä, happo, aerobinen stabiilisuus, hiiva, home

3.1. Johdanto

Puintikosteiden viljanjyvien murskesäilöntä on edullinen ja tehokas vaihtoehto viljan kuivaukselle. Murskevilja soveltuu hyvin nautojen seosrehuruokintaan, joka on yleistynyt Suomessa tilakoon kasvun myötä. Murskesäilönnässä vilja puidaan ja säilötään kosteana, mikä vähentää selvästi kuivatuskustannuksia ja sääriippuvuutta. Edullisuus korostuu sateisina syksyinä. Kuivatuskustannukset nousevat todennäköisesti jatkossa ja ilmastonmuutoksen myötä syyssateiden määrän on ennustettu lisääntyvän. Tarvetta vaihtoehdoille viljan kuivaukseen siis on.

Murskesäilöntä on yksinkertainen menetelmä, jonka periaatteet noudattavat nurmisäilörehun tekoa. Viljan jyvät murskataan niin, että jyvän pinta rikkoutuu ja pakataan ilmatiiviisti siiloon tai muovituubiin. Rehussa muodostuva maitohappo ja mahdolliset säilöntäaineen mukana lisätyt hapot laskevat pH:ta niin, että rehu saavuttaa mikrobiologisesti vakaan tilan.

Murskeviljan säilönnässä voidaankin käyttää samoja säilöntäaineita kuin nurmisäilörehun säilönnässä. Happopohjaiset säilöntäaineet rajoittavat käymistä ja estävät haitallisten mikrobien kasvua. Maitohappobakteeriympöillä käymistä voidaan ohjata puhtaan maitohappokäymisen suuntaan ja siten vähentää virhekäymisestä kertovien etikkahapon ja etanolin pitoisuuksia ja parantaa rehun mikrobiologista laatua. Homeiden kasvua estävillä säilöntäaineilla voidaan vähentää erityisesti suhteellisen kuivan murskeviljan homehtumisriskiä.

Perinteisesti murskeviljan kosteustavoitteena on pidetty 300–400 g/kg, jolloin vilja on keltatuleentumisvaiheessa. Käytännössä on kuitenkin paineita säilöä viljaa tätä kuivempaan. Se voi johtua sääolosuhteista ja työn ajoitukseen liittyvistä haasteista, mutta kuivemman viljan puimiminen on myös helpompaa ja veden kuljetus vähäisempää, joten se voi olla myös tietoinen tavoite. Joskus kuivalle viljalle on suositeltu vesilisäystä, mutta se voi olla teknisesti haastavaa ja tuntua tarpeettomalta.

Murskesäilönnässä säilönnällisen laadun kannalta kosteahko (yli 300 g/kg) vilja on varmin vaihtoehto. Puinnin ja murskauksen kannalta märkä vilja on kuitenkin hankala ja 250–300 g/kg puintikosteus on yleinen käytäntö. Kuivahkossa viljassa happokäyminen jää kuitenkin heikoksi ja homehtumisen riski kasvaa. Säilöntäaineen valinnassa pääsääntö on, että kuivemmassa viljassa haposäilöntäaineet toimivat varmimmin. Kosteuden kasvaessa biologiset säilöntäaineet toimivat paremmin, kun niiden sisältämät bakteeriympit saavat kasvuunsa välttämätöntä vettä.

Kuivahkon viljan säilönnän haasteena on vähäisempi käyminen ja helpompi hapen pääsy rehumasaan, jolloin rehu on alttiimpi erityisesti homeiden aiheuttamalle pilaantumiselle. Homeista rehua ei pidä syöttää eläimille, joten homehtuminen lisää rehuhävikkiä ja työtä pilaantuneiden kohtien poistamisessa. Pahimmillaan koko erä on hävitettävä. Homeet voivat tuottaa homemyrkkijä eli mykotoksiineja, jotka voivat aiheuttaa karjalle monenlaisia oireita (Koivunen ja Huuskonen 2018).

Tässä kokeessa selvitimme optimia kuivemman (säilöntäkosteus 280 g/kg) murskeviljan säilymistä ja aerobista stabiilisuutta, kun säilönnän tukena käytettiin erityyppisiä säilöntäaineita. Samalla vertasimme eri menetelmiä aerobisen stabiilisuuden määrittämiseen. Tuloksista on julkaistu tieteellinen artikkeli (Franco ym. 2019).

3.2. Aineisto ja menetelmät

3.2.1. Viljan murskaus ja säilöntä

Kokeessa käytetty syysvehnä (*Triticum aestivum*, lajike Urho (Boreal Kasvinjalostus Oy, Jokioinen)) puitiin Luke Jokioisilla 25.9.2017 kosteudessa 194 g/kg (Kuva 1). Vehnä oli kylvetty 7.9.2016 ja lohko oli lannoitettu 2.5.2017 käyttäen 108 kg typpeä/ha ja rikat torjuttiin 22.5.2017. Jyvät murskattiin välittömästi puinnin jälkeen Hämeen ammattikorkeakoulun Mustialan toimipisteessä Tammelassa käyttäen Murska-myllyä (MD 700 HD; Aimo Kortteen Konepaja Oy, Ylivieska) (Kuva 2). Murskauksen jälkeen vilja säilytettiin kylmiössä seuraavaan aamuun. Raaka-aineen kemiallinen koostumus on esitetty Taulukossa 1.



Kuva 1. Syysvehnä puitiin poutasäässä Jokioisilla 25.9.2017. Kuvat: Luke / Marketta Rinne.



Kuva 2. Vehnän jyvät käsiteltiin Murska-myllyllä HAMK Mustialassa. Vehnänjyvien rakenne rikkoutui murskauksen yhteydessä. Kuvat: Luke / Marketta Rinne.

Taulukko 1. Raaka-aineena käytetyn murskevehnän koostumus.

Ominaisuus	Tulos
Puintikosteus, g/kg	194
Säilöntäkosteus, g/kg	280
Kemiallinen koostumus, g/kg kuiva-ainetta	
Tuhka	20
Raakavalkuainen	139
Tärkkelys	670
NDF ¹	126
Mikrobiologinen laatu, PMY²/g	
Kokonaisbakteerit	$1,3 \times 10^7$
Hiivat	$7,0 \times 10^4$
Homeet	$2,3 \times 10^5$

¹Neutraalidetergenttikuitu.

²PMY = pesäkkeitä muodostava yksikkö.

Säilöntä aloitettiin sekoittamalla viljaan hanavettä niin, että viljan kosteuspitoisuus nousi 280 g:aan / kg. Sen jälkeen viljaeriin lisättiin Taulukossa 2 esitetyt säilöntäainekäsittelyt, jotka edustivat erilaisia kaupallisia muurahais- ja propionihappopohjaisia säilöntäaineita. Lisäksi mukana oli puhdas muurahaishappo ja kontrolli ilman säilöntäainetta. Huolellisen säilöntäaineen levittämisen jälkeen vilja pakattiin käsin huolellisesti tiivistäen 1,5 litran lasipurkkeihin. Jokaista säilöntäainekäsittelyä varten tehtiin kolme rinnakkaista havaintoa ja riittävän näytemäärän varmistamiseksi jokaista rinnakkaista tehtiin kolmeen purkkiin, jotka yhdistettiin avaamisen jälkeen yhdeksi näytteeksi. Säilöntäaineet sekoitettiin veteen siten, että jokaista yhden rinnakkaisen eli neljän kg:n viljaerää kohti nestemäärä oli 25 ml tasaisen levittymisen varmistamiseksi. Ilmatiiviisti suljetut lasipurkit säilytettiin valolta suojattuna huoneen lämmössä 57 päivää (Kuva 3).

Taulukko 2. Säilöntäainekäsittelyt.

Lyhenne	Kaupallinen nimi	Valmistaja	Vaikuttavat aineet	Käyttömäärä
K	Kontrolli		Hanavesi	
FA₁	Muurahaishappo	Merck Group, Darmstadt, Saksa	80 % muurahaishappoa	5 l/tonni
FA₂	AIV Ässä Na	Eastman, Oulu	58 % muurahaishappoa 20 % propionihappoa 5,2 % natriumformiaattia 2,5 % kaliumsorbaattia	5 l/tonni
FA₃	AIV Ässä Na	Eastman, Oulu	58 % muurahaishappoa 20 % propionihappoa 5,2 % natriumformiaattia 2,5 % kaliumsorbaattia	7 l/tonni
FA₄	AIV 2000 Plus Na	Eastman, Oulu	49 % muurahaishappoa 15 % natriumformiaattia 10 % propionihappoa 2 % natriumbentsoaattia	7 l/tonni
FA₅	GrasAAT SX	ADDCON, Bitterfeld-Wolfen, Saksa	37 % muurahaishappoa 22 % natriumformiaattia 18 % propionihappoa 7,3 % natriumia 1% sorbiinihappoa	5 l/tonni
PA₁	Eastman Stabilizer Crimp	Eastman, Oulu	54 % propionihappoa 31 % ammoniumpropionaattia 5 % natriumbentsoaattia	5 l/tonni
PA₂	Kofa Feed EP	ADDCON, Bitterfeld-Wolfen, Saksa	37 % propionihappoa 14 % natriumbentsoaattia 11 % natriumpropionaattia 10 % muurahaishappoa	4 l/tonni



Kuva 3. Murskevilja säilöttiin lasipurkkeihin. Kuva: Luke / Marketta Rinne.

3.2.2. Säilöntähävikin, homehtumisen ja aerobisen stabiilisuuden määrittäminen

Purkit punnittiin säilönnän alussa ja lopussa säilöntähävikin määrittämiseksi. Avaamisen yhteydessä homehtuminen purkkien sivuilla ja kannen alla arvioitiin visuaalisesti asteikolla 0–3 (0 = ei hometta, 1 = hieman hometta, 2 = kohtalaisesti hometta ja 3 = runsaasti hometta). Homehtuneet kohdat poistettiin, materiaali sekoitettiin huolellisesti ja siitä otettiin näytteet analyysijä ja aerobisen stabiilisuuden määrittämistä varten. Käytetyt laboratorioanalyysimenetelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti tästä kokeesta kirjoitetussa tieteellisessä artikkelissa (Franco ym. 2019).

Näytteiden aerobinen stabiilisuus määritettiin kolmella eri menetelmällä. Standardimenetelmänä toimi viljaerän lämpötilan nousu, joka määritettiin pakkaamalla 800 g tuoretta viljaa pieneen polystyreenilaatikkoon avoimessa muovipussissa siten, että näyte sai ilmaa. Näytteeseen asetettiin termoparikaapeli, joka avulla näytteen lämpötila mitattiin automaattisesti 10 minuutin välein. Näytteitä pidettiin tasaisessa 22 °C lämpötilassa. Näytteen aerobisen stabiilisuuden katsottiin päättyneen, kun näytteen lämpötila nousi 2 °C korkeammaksi kuin ympäröivä lämpötila, ja tulos ilmaistaan tunneissa.

Vaihtoehtoisina menetelminä selvitettiin suljetussa lasipurkissa pidetyn viljaerän muodostaman hiilidioksidin mittaamista ja visuaalisesti määritettyä homehtumista (Kuva 4). Tätä varten 0,5 litran lasipurkkiin punnittiin 50 g viljaa. Purkin ilmatila oli suuri varmistuen hapen riittävyyden aerobiseen pilaantumiseen. Purkit pidettiin 25 °C lämpötilassa. Purkeista otettiin kerran päivässä kaasunäyte, jonka hiilidioksidipitoisuus määritettiin kaasukromatografilla. Näytteenoton yhteydessä viljanäytteen homehtuminen arvioitiin käyttäen asteikkoa 0–3 samoin kuin edellä on kuvattu.



Kuva 4. Hiilidioksidimittauksia ja homehtumisen visuaalista havainnointia varten viljaa laitettiin ilmatiiviisti suljettuihin lasipulloihin. Kuva: Luke / Marketta Rinne.

3.2.3. Tilastollinen analyysi

Tulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen SAS-ohjelmiston MIXED-proseduuria. Säilöntäainekäsittely oli mallissa kiinteänä tekijänä ja rinnakkaiset havainnot satunnaistekijänä. Käsittelyjen eroja arvioitiin parittaisina vertailuina Tukeyn testillä. Lisäksi saman säilöntäineen (FA₂ ja FA₃) annostuksen lineaarinen vaikutus arvioitiin käyttäen kontrastikertoimia. Eri aerobisen stabiilisuuden määrittämismenetelmien korrelaatioita tarkasteltiin SAS-ohjelmiston CORR-proseduurilla.

3.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.3.1. Murskeviljan käymislaatu ja säilöntätappiot

Happamuus on tärkeimpiä rehun laatukriteereitä ja kaikki säilöntäaineet laskivat pH:ta suhteessa kontrolliin (Taulukko 3). Myös ammoniumtyypen osuus kokonaistypestä on herkkä mittari kertomaan rehun laadusta. Siinä ei kuitenkaan havaittu käsittelyjen välillä eroja, kun arvot oli korjattu säilöntäaineen mukana annostellun ammoniumtyypen määrän suhteen.

Taulukko 3. Eri säilöntäaineilla säilötyn murskevehnän käymislaatu ja mikrobiologinen laatu.

	K	FA ₁	FA ₂	FA ₃	FA ₄	FA ₅	PA ₁	PA ₂	SEM ¹
Kosteuspitoisuus, g/kg	276	271	272	269	271	273	272	273	1,1
pH	6,16 ^e	4,89 ^b	5,20 ^c	4,57 ^a	5,01 ^{bc}	5,79 ^d	5,75 ^d	5,87 ^d	0,052
Ammonium-N, g/kg N²	5,9 ^a	4,7 ^a	5,0 ^a	4,7 ^a	5,4 ^a	4,4 ^a	16,9 ^b	4,4 ^a	0,42
Ammonium-N, g/kg N³	5,9	4,7	5,0	4,7	5,4	4,4	4,3	4,4	0,41
Kuiva-aineessa, g/kg									
Sokerit	19 ^a	34 ^{bc}	42 ^c	38 ^{bc}	35 ^{bc}	28 ^{ab}	31 ^{ab}	22 ^{ab}	2,6
Etanoli	7,8 ^d	0,2 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	0,2 ^a	0,6 ^a	1,3 ^b	3,3 ^c	0,12
Maitohappo	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0,22 ^a	0,74 ^b	0,048
Etikkahappo	1,11 ^b	0,58 ^a	0,67 ^a	0,55 ^a	0,58 ^a	0,78 ^a	1,29 ^b	1,35 ^b	0,063
Propionihappo²	0,13 ^a	0,16 ^a	1,09 ^{bc}	1,74 ^c	0,75 ^{ab}	1,01 ^b	4,28 ^d	1,77 ^c	0,148
Propionihappo³	0,13 ^{ab}	0,16 ^{ab}	0,16 ^{ab}	0,44 ^{ab}	0,09 ^b	0,20 ^{ab}	0,77 ^a	0,12 ^{ab}	0,133
Voihappo	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,003
Mikrobiologinen laatu, PMY⁴/g									
Hiivat	2,7×10 ³	<1×10 ¹	<1×10 ¹	<1×10 ¹	<1×10 ¹	1,5×10 ³	4,2×10 ³	4,1×10 ⁴	-
Homeet	9×10 ²	4,3×10 ⁵	1,2×10 ⁵	1,7×10 ²	3,7×10 ⁵	6,1×10 ⁴	7,2×10 ⁵	5,5×10 ⁴	-

Säilöntäainekäsittelyiden lyhenteet on selitetty Taulukossa 2.

Käsittelykeskiarvot joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta eroavat toisistaan Tukeyn testin perusteella ($P < 0,05$).

¹SEM = Keskiarvon keskivirhe.

²Analysoitu määrä.

³Analysoidusta määrästä vähennetty säilöntäaineen mukana lisätty määrä.

⁴PMY = Pesäkkeitä muodostava yksikkö.

Valmiiden murskeviljojen kosteuspitoisuus vaihteli välillä 269–276 g/kg. Mikrobikäyminen jäi siis vähäiseksi eikä rehuihin muodostunut käytännössä ollenkaan maitohappoa (Taulukko 3). Myös muiden käymishappojen eli etikka-, propioni- ja voiapon muodostuminen oli minimaalista. Jotkut säilöntäaineet sisälsivät propionihappoa, joten taulukossa 3 on analysoidun pitoisuuden lisäksi esitetty korjatut pitoisuudet, joissa analysoidusta määrästä on vähennetty säilöntäaineen mukana annosteltu määrä. Kontrollirehussa havaittiin suhteellisen paljon etanolia, mikä kertoo hiivojen aktiivisuudesta. Vastaavasti kontrollirehun sokeripitoisuus oli pienin, kun sokerit olivat fermentoituneet etanoliksi.

Näytteistä analysoitujen etanolipitoisuuksien ja hiivojen määrän välillä oli havaittavissa positiivinen yhteys. Säilönnän aikana hiivojen pitoisuus pieneni verrattuna raaka-aineeseen, mutta homeiden osalta näin kävi vain kontrollissa ja korkeimmalla muurahaishappopitoisen säilöntäaineen (FA₃) käyttömäärällä. Säilönnän aikana lähes kaikkiin purkkeihin oli muodostunut näkyvää homekasvustoa (Taulukko 4).

Taulukko 4. Eri säilöntäaineilla säilötyn murskevehnän säilöntätappiot ja homehtumishavainnot

	K	FA ₁	FA ₂	FA ₃	FA ₄	FA ₅	PA ₁	PA ₂	SEM ¹
Painohävikki, g/kg alkuperäistä kuiva-ainetta²	12,2 ^a	2,9 ^{cd}	3,3 ^c	1,7 ^d	3,1 ^c	4,1 ^c	3,3 ^c	6,6 ^b	0,32
Homehtumisarvo³									
Purkin päällä	1,7 ^{bc}	2,1 ^{ab}	1,8 ^{bc}	1,1 ^c	1,9 ^b	2,8 ^a	0,2 ^d	2,0 ^b	0,17
Purkin sivulla	0,0 ^c	2,6 ^a	2,6 ^a	1,3 ^b	2,9 ^a	2,6 ^a	1,0 ^b	0,8 ^{bc}	0,19
Aerobisen vaiheen aikana	0,9 ^{bcde}	2,0 ^a	1,1 ^{abcd}	0 ^e	1,5 ^{abc}	1,7 ^{ab}	0,3 ^{de}	0,6 ^{cde}	0,21

Säilöntäainekäsittelyiden lyhenteet on selitetty Taulukossa 2.

Käsittelykeskiarvot joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta eroavat toisistaan Tukeyn testin perusteella (P<0,05).

¹SEM = Keskiarvon keskivirhe.

²Arvot korjattu Knickyn ja Spörndlyn (2015) kaavalla.

³Asteikko 0-3 (0 = ei hometta, 3 = runsaasti hometta).

Painonmuutoksen avulla määritetty säilöntähävikki oli keskimäärin pieni, vain noin 5 g/kg alkuperäistä kuiva-ainetta (Taulukko 4). Kontrollirehujen painohävikki oli suurin ja säilöntäaineet pienensivät tappioita merkitsevästi.

Tämän kokeen murskeviljan kosteuspitoisuus (280 g/kg raaka-aineessa ja 272 g/kg keskimäärin säilönnän jälkeen) oli jonkun verran matalampi kuin suositus (300–400 g/kg). Kokeen olosuhteissa säilöntätulosta pystyttiin parantamaan huomattavasti erilaisia happopohjaisia säilöntäaineita käyttäen.

3.3.2. Murskeviljan aerobinen stabiilisuus

Lämpötilannousulla mitattuna puhtaalla muurahaishapolla käsitellyn ja kontrollirehun aerobinen stabiilisuus oli lyhin eli 72 ja 80 h (Taulukko 5). Myös propionihappopohjaisen P₂-rehun stabiilisuus oli lyhyt, mutta siihen on voinut vaikuttaa valitettava koetekninen kömmähdys eli säilöntäaineen laimentaminen käyttöohjeen vastaisesti vedellä, jolloin bentsoehappo kiteytyi heikentäen todennäköisesti valmisteen tehoa. Muurahaishappopohjaisten säilöntäaineiden FA₄ ja FA₅ aerobinen stabiilisuus ei myöskään eronnut tilastollisesti merkitsevästi kontrollista. Korkeimmalla annostustasolla käytetty FA₃-käsitelty rehu ei lämmennyt lainkaan 174 h kestäneen seurannan aikana ja myös PA₁-käsittelyn stabiilisuus oli hyvin pitkä, 168 h. On syytä huomioda, että nämä lukuarvot eivät suoraan vastaa käytännön tilannetta maataloilla, mutta ne soveltuvat käsittelyiden välisten erojen arviointiin.

Taulukko 5. Eri säilöntäaineilla säilötyn murskevehnän aerobinen stabiilisuus eri menetelmissä sekä vaihtoeh-toisen menetelmien korrelaatio vakiintuneeseen lämpötilan nousuun perustuvaan menetelmään.

	K	FA ₁	FA ₂	FA ₃	FA ₄	FA ₅	PA ₁	PA ₂	SEM ¹	(R ²) ²
Aerobinen sta-biilisuus, tuntia										
Lämpötilan nousu³	80 ^a	72 ^a	137 ^b	174 ^{b,*}	108 ^{ab}	87 ^{ab}	168 ^b	82 ^a	12,5	
Hiilidioksidi⁴ (1 mg/g kuiva-ainetta)	55 ^a	54 ^a	108 ^c	168 ^{d,*}	82 ^b	71 ^{ab}	127 ^c	64 ^{ab}	6,0	0,936
Hiilidioksidi⁵ (1 mg/g kuiva-ainetta)	80 ^{ab}	64 ^a	126 ^c	168 ^{d,*}	99 ^{bc}	95 ^{bc}	164 ^d	79 ^{ab}	6,9	0,979
Homehtumis-arvo⁶ (raja- arvo 1)	112 ^{bcd}	48 ^a	114 ^{cd}	168 ^{f,*}	68 ^a	86 ^{abc}	168 ^{f,*}	132 ^{de}	9,9	0,567
Homehtumis-arvo⁷ (raja-arvo 2)	128 ^{cd}	62 ^a	127 ^{cd}	168 ^{e,*}	92 ^{ab}	97 ^{bc}	168 ^{e,*}	144 ^d	7,1	0,528

Säilöntäainekäsittelyiden lyhenteet on selitetty Taulukossa 2.

Käsittelykeskiarvot joilla ei ole samaa yläindeksikirjainta eroavat toisistaan Tukeyn testin perusteella (P<0,05).

¹SEM = Keskiarvon keskivirhe.

²Korrelaatiokerroin lämpötilan nousun³ ja vaihtoeh-toisten aerobisen stabiilisuuden määrittämenetelmien välillä.

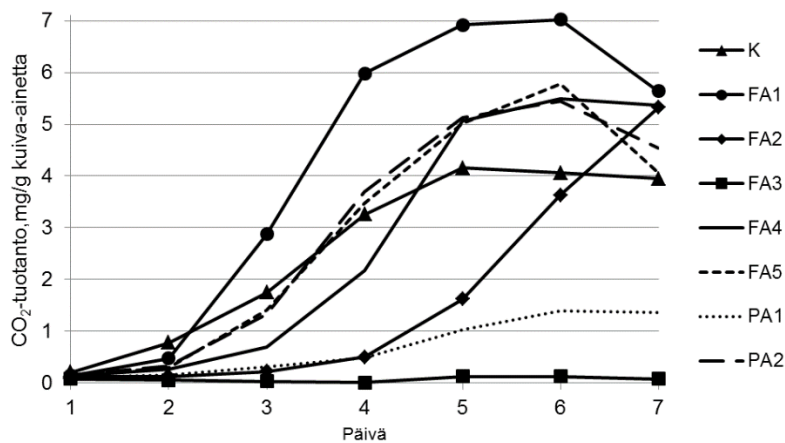
³Aika (h) siihen kun näytteen lämpötila nousee 2 °C yli ympäröivän lämpötilan.

^{4,5}Aika (h) siihen kun hiilidioksidipitoisuus nousee 1 ja 2 mg:an /g näytteen kuiva-ainetta.

^{6,7}Aika (h) siihen kun näyte saavuttaa homehtumisarvon 1 ja 2.

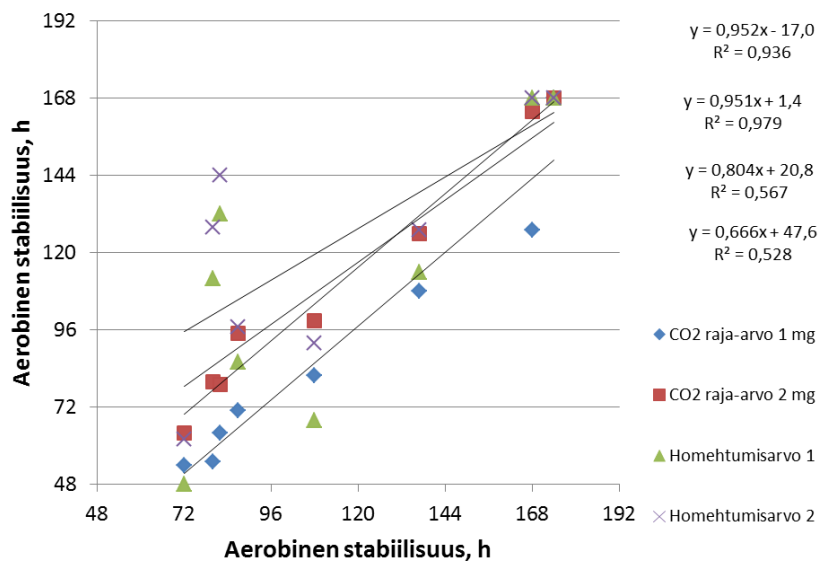
*Käsittely ei saavuttanut raja-arvoa mittaussajan puitteissa.

Homehtumiseen liittyvä viljan lämpötilan nousu voi jäädä laboratoriomittakaavan näytteessä niin pieneksi, että sitä ei havaita vaikka vilja homehtuu. Näin kävi esimerkiksi Seppälän ym. (2015) ko-keessa, jossa murskeviljan kosteuspiitoisuus oli 184 g/kg. Näytteet olivat lämpötilamittausjakson jälkeen selvästi homehtuneet, mutta lämpöä oli muodostunut ilmeisesti niin hitaasti, että se oli haihtunut näytteestä ilman, että lämpötilan nousu havaittiin. Tällaisessa tilanteessa voisi toimia homei-den kasvusta aiheutuvan hiilidioksidipitoisuuden nousun muutoksen seuraaminen (Kuva 5). Tässä kokeessa käsittelyiden välillä eroja havaittiin myös lämpötilamittauksessa, mikä antoi mahdollisuu-den verratta vaihtoeh-toisten menetelmien tarkkuutta standardimenetelmäksi vakiintuneeseen läm-pötilamittaukseen verrattuna.



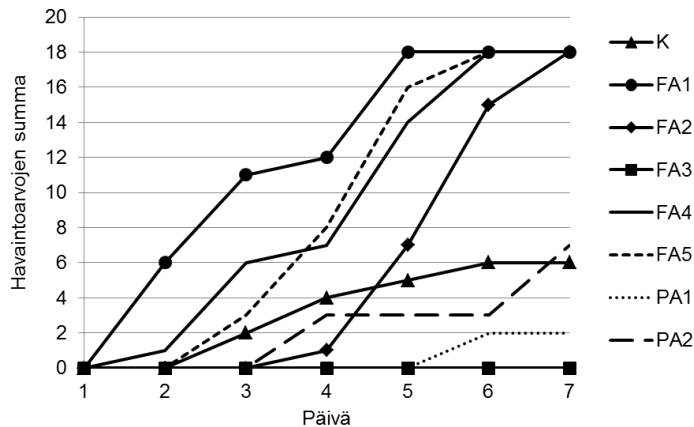
Kuva 5. Eri säilöntäaineilla säilötyn murskevehnän kumulatiivinen hiilidioksidin (CO₂) tuotanto (mg/g DM) aerobisen vaiheen aikana. Säilöntäainekäsittelyiden lyhenteet on selitetty Taulukossa 2.

Korrelaatio lämpötilan nousuun ja hiilidioksidin muodostumiseen liittyvien mittausten välillä oli erittäin korkea ($R^2 = 0.936 - 0.979$), vaikka hiilidioksidimittaukset tehtiin vain kerran päivässä (Kuva 6). Tämän perusteella hiilidioksidipitoisuuden mittausta voi pitää aerobisen stabiilisuuden mittaamiseen hyvin sopivana menetelmänä. Sen etuna ovat myös mm. tarvittava pienempi näytemäärä ja mahdollisuus havaita muutoksia myös silloin kun näytteen luonteen takia lämpötilaeroja ei havaita pilaantumisesta huolimatta. Jotta menetelmää voisi hyödyntää laajemmin, se pitäisi automatisoida kustannusten pienentämiseksi ja tällöin myös mittauspisteitä voitaisiin lisätä tarkkuuden parantamiseksi.



Kuva 6. Eri säilöntäaineilla säilötyn murskevehnän aerobisen stabiilisuuden määrittämenetelmien korrelaatiot (kaksi ylimmäistä tulosta on lämpötila ja CO₂, kaksi alimmaista tulosta on lämpötila ja homehtuminen) verrattuna vakiintuneeseen lämpötilan nousuun perustuvaan menetelmään. CO₂ perustuu näytteestä muodostuneen hiilidioksidin määrään ja homehtumisarvo visuaaliseen havaintoon. Säilöntäainekäsittelyiden lyhenteet on selitetty Taulukossa 2.

Visuaalisesti havainnoidun homehtumisen ja lämpötilaan perustuvan aerobisen stabiilisuuden välillä oli myös positiivinen korrelaatio ($R^2 = 0,528\text{--}0,567$), mutta se oli selvästi heikompi kuin lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden välinen (Kuva 6). Näkyvän homehtumisen seuranta voi kuitenkin olla hyödyllinen havainto ja sen systemaattinen seuranta on hyvin helppo ja edullinen toteuttaa (Kuva 7).



Kuva 7. Eri säilöntäaineilla säilötyn murskevehnän kumulatiivinen homehtumisarvo (päivittäisten lukemien summa) aerobisen vaiheen aikana. Säilöntäainekäsittelyiden lyhenteet on selitetty Taulukossa 2.

3.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Kuivahkon murskeviljan säilöntälaatua ja aerobista stabiilisuutta pystyttiin parantamaan selvästi muurahais- ja propionihappopohjaisia säilöntäaineita käyttäen. Lisäksi muurahaishappopitoisuuden määrän lisääminen paransi säilöntäaineen tehoa, joten haastavissa säilöntätilanteissa säilöntäaineen määrän lisääminen parantaa säilöntävarmuutta.

Aerobisen stabiilisuuden vaihtoehtoiset määrittämenetelmät eli hiilidioksidin tuotannon mittaaminen ja homehtumisen visuaalinen havainnointi korreloivat positiivisesti standardimenetelmän eli näytteen lämpötilan nousun kanssa. Saatujen tulosten perusteella ne soveltuvat myös rehunäytteiden aerobisen stabiilisuuden määrittämiseen ja parantavat mahdollisuuksia selvittää kokeellisesti tavanomaista kuivempien murskeviljojen säilöntämenetelmien tehokkuutta homehtumisen estämisessä.

Viitteet

- Franco, M., Stefanski, T., Jalava, T., Kuoppala, K., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2019. Fermentation quality and aerobic stability of low moisture-crimped wheat grains manipulated by organic acid-based additives. *The Journal of Agricultural Science* 157: 245–253.
- Knicky, M. & Spöndly, R. 2015. Short communication: use of a mixture of sodium nitrite, sodium benzoate, and potassium sorbate in aerobically challenged silages. *Journal of Dairy Science* 98: 5729–5734.
- Koivunen, E. & Huuskonen, A. 2018. Säilörehun hometoksiinit ja niiden vaikutukset naudoilla. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 19/2018: 23 s.
- Seppälä, A., Mäki, M., Orkola, S. & Rinne, M. 2015. Aerobic stability of crimped barley ensiled with organic acids. Teoksessa: Udén P (toim.), *Proceedings of the 6th Nordic Feed Science Conference*, Uppsala, Sweden. Report 291. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences, pp. 71–76. Saatavilla: <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/bilder/bilder-per-amne/foder/nfsc-2016/nfsc-2015-proceedings-final.pdf>.

4. Propionihappopitoinen säilöntäaine vastapuidun viljan lämpenemisen hidastajana

Katariina Manni¹, Arto Huuskonen² ja Erkki Joki-Tokola³

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2C, 31600 Jokioinen

² Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31A, 71750 Maaninka

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Paavo Havaksentie 3, 90570 Oulu

Tiivistelmä

Viljan murskesäilöntä on edullinen ja nopea tapa säilöä viljaa. Yksi viljan tuoresäilönnän haaste on kuitenkin viive puinnin ja murskauksen välissä. Nykyisin säilöntäaine lisätään viljan sekaan yleensä vasta murskausvaiheessa. Tällöin vilja on saattanut odottaa murskausta kasassa tai kärryssä pahimmillaan jopa muutamia vuorokausia. Viiveen seurauksena viljan mikrobipitoisuudet lisääntyvät ja vilja lämpenee. Aerobisten mikrobien kasvua ja viljan lämpenemistä voidaan estää lisäämällä viljaan propionihappoon perustuvaa säilöntäainetta puintivaiheessa tai välittömästi sen jälkeen. Tätä menetelmää demonstroitiin Luonnonvarakeskuksessa Siikajoen koetoiminta-asemalla Ruukissa.

Syksyllä 2018 tehtiin esikoe, jonka pohjalta koejärjestelyjä tarkennettiin ja koe toistettiin seuraavana syksynä. Molemmissa kokeissa viljana oli Brage-ohra. Koekäsittelyt tehtiin propionihappopitoisella säilöntäaineella, jonka annostelutasot olivat 2, 4 tai 6 l/tn. Lisäksi mukana oli kontrollikäsittely ilman säilöntäainetta. Vuoden 2018 kokeen käsitellyt viljat ja kontrolli laitettiin avoimiin, 80 cm:n korkuisiin ja 150 litran suuruisiin saaveihin. Vuonna 2019 viljamäärät olivat edellistä vuotta pienempiä, ja ne laitettiin käsittelyiden jälkeen avonaisiin 30 litran styrox-kylmälaukkuihin. Molempina vuosina viljan lämpötilaa mitattiin viljan seassa olevilla dataloggereilla 10 vuorokauden ajan.

Esikokeessa vuonna 2018 käsitelty viljamäärä oli kohtuullisen iso, minkä seurauksena viljan käsittely kesti kauan ja osa viljasta ehti lämmetä ennen käsittelyä. Tämä näkyi tuloksissa, sillä jopa korkeimman säilöntäainemäärän saanut vilja lämpeni enimmillään 35 °C:een. Ilmeisesti lämpenemisen estäminen on huomattavasti vaikeampaa, jos mikrobit ovat jo ehtineet lisääntyä viljassa. Siten mikäli puinnin jälkeen on tarkoitus lisätä säilöntäainetta lämpenemisen estämiseksi, on käsittely syytä tehdä viipymättä puinnin yhteydessä. Pidemmän aikavälin tarkastelussa propionihappopitoisen säilöntäaineen lisäys kuitenkin rajoitti viljan lämpenemistä kontrolliin verrattuna.

Syksyn 2019 kokeessa säilöntäainekäsittelyiden jälkeen jo tunti säilönnästä kaikkien käsittelyiden viljan lämpötila oli noussut. Kosteaa viljan pilaantumisherkkyys näkyi viljan lämpötilan nopeana nousuna säilöntäainelisäyksestä huolimatta. Propionihappopitoinen säilöntäaine kuitenkin rajoitti lämpenemistä. Koko seurantajakson aikana kahdella suurimmalla säilöntäaineen annostelutasolla lämpötilan nousu oli vähäisempää kuin pienimmällä säilöntäainemäärällä ja kontrollilla.

Vaikka propionihappoa sisältävä säilöntäaine on tarkoitettu ensisijaisesti kuivahkon viljan säilöntään, kun pääasiallinen haaste on homeiden torjunta, tulosten perusteella sitä voidaan käyttää kosteammallakin viljalla ehkäisemään puidun viljan lämpenemistä, mikäli murskaus viivästyy. Edellytyksenä kuitenkin on, että säilöntäainekäsittely tehdään joko puinnin yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen. Näin tehty säilöntäaineen lisäys viljaan tuo joustavuutta viljan korjuuseen ja murskesäilöntään.

Asiasanat: vilja, tuoresäilöntä, säilöntäaine, propionihappo, hiiva, home

4.1. Johdanto

Viljan murskesäilöntä on edullinen ja nopea tapa säilöä viljaa. Lisäksi murskesäilöttävän viljan aikainen korjuu pienentää sadonkorjuun sääriskyä sekä vähentää pellolla tapahtuvia laatutappioita ja viljan varisemista. Ravintoainepitoisuudet tuoreen ja kuivatun viljan välillä ovat samat kuiva-aineesta laskettuna, joten nauta ei hyödy viljan kuivauksesta. Kun vilja murskataan jo säilöntävaiheessa, sitä ei tarvitse enää erikseen jauhaa syöttövaiheessa. Kosteaa viljaa sopii erityisesti seosrehuruokintaan tuoden seokseen kosteutta. Lisähyötynä on kostean viljan pölyämättömyys.

Viljan tuoresäilöntä säästää ympäristöä, kun kuivauksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt jäävät pois. Jos viljasadon määrä on 3 500 kg/ha ja se kuivataan 25 %:n kosteudesta 14 %:n varastointikosteuteen, kuivaukseen lasketaan kuluvaan 80 litraa polttoöljyä. Litrasta polttoöljyä muodostuu palaessa 2,7 kg hiilidioksidia. Kun maamme kasviuonekaasupäästöt asukasta kohti ovat noin 10 tonnia (Syke 2020), vähentää 46 hehtaarin viljasadon tuoresäilöntä kuivauksen sijasta kasviuonekaasupäästöjä saman verran, kuin niitä raportoidaan maassamme syntyvän yhtä kansalaista kohti vuodessa.

Murskesäilöttävä vilja voidaan tyypillisesti keltatuleentumisasteella. Tällöin se on saavuttanut täyden energia- ja valkuaisarvon, mutta jyvät ovat suurempia ja pehmeämpiä kuin täysin tuleentuneessa viljassa. Suositus murskesäilöttävän viljan puintikosteudelle on 35–45 % (Palva ym. 2005). Hyvä nyrkisääntö viljan sopivalle kosteudelle on, että se kädessä puristettaessa pysyy hetken kasassa. Tällöin vilja tiivistyy säilöntävaiheessa hyvin, mikä on onnistuneen säilönnän edellytys. Haittapuolena kostea vilja hidastaa puintia jonkin verran.

Mikäli tavoitteena on maksimoida puintityö ja ehkäistä murskesäilötyn viljan jäätymistä, vilja voidaan puida suosituksia kuivempaan. Tällöin riskinä kuitenkin on lisääntynyt homeiden kasvu säilönnän kaikissa vaiheissa erityisesti, jos viljan kosteus on alle 30 % (Seppälä ym. 2016). Lisäksi kuivahkon viljan tiivistäminen säilöntävaiheessa vaikeutuu, mikä edelleen lisää homehtumisriskiä.

Murskesäilöntäurakointi mahdollistaa sen, ettei joka tilalla tarvitse olla omaa murskesäilöntäkalustoa. Urakoitsijan käyttö saattaa joillain tiloilla tuoda helpotusta tarvittavan työvoiman määrään viljan säilönnässä. Lisäksi urakoitsijoilla on monesti mahdollisuus investoida tehokkaampaan kalustoon kuin yksittäisellä tilalla, mikä tuo tehokkuutta säilöntään. Urakoitsijoiden käytön haittapuolena saattaa olla aikataululliset paineet. Urakoitsijaa ei välttämättä saada paikalle juuri silloin, kuin tarve olisi.

Yksi viljan tuoresäilönnän haaste on viive puinnin ja murskauksen välissä. Nykyisin säilöntäaine lisätään viljan sekaan yleensä vasta murskausvaiheessa. Tällöin vilja on saattanut odottaa murskausta kasassa tai kärryssä pahimmillaan jopa muutamia vuorokausia. Seurauksena viljan mikrobipitoisuudet lisääntyvät ja vilja lämpenee ennen varsinaista säilöntää.

Aerobisten mikrobien kasvua ja viljan lämpenemistä voidaan estää lisäämällä viljaan propionihappoon perustuvaa säilöntäainetta jo puintivaiheessa tai välittömästi sen jälkeen. Propionihappo ehkäisee erityisen hyvin homeiden ja hiivojen kasvua. Tätä menetelmää demonstroitiin Luonnonvarakeskuksessa (Luke) Siikajoen koetoiminta-asemalla, missä selvitettiin, ehkäiseekö propionihappoa sisältävä Propcorn Plus -säilöntäaine vastapuidun viljan lämpenemistä. Kokeita oli kaksi, joista ensimmäinen oli esikoe. Siitä saatujen kokemusten perusteella koejärjestelyjä tarkennettiin ja koe toistettiin seuraavana syksynä.

4.2. Aineisto ja menetelmät

4.2.1. Viljan propionihappokäsittelyn esikoe vuonna 2018

Syksyllä 2018 toteutettu säilöntäkoe oli esikoe, jossa testattiin viljan lämpötilaseurannan toimivuutta sekä selvitettiin sopivia koejärjestelyjä. Viljana oli Brage-ohra, joka puitiin kahdessa erässä peräkkäisinä päivinä elokuun loppupuolella kosteuden ollessa noin 31 %. Näin ollen säilöntään tuli kahtena eri ajankohtana puitua viljaa.

Koekäsittelyt tehtiin propionihappopitoisella Propcorn Plus -säilöntäaineella. Säilöntäaineen annostelutasoja oli kolme, 2, 4 ja 6 l/tn. Lisäksi mukana oli kontrollikäsittely ilman säilöntäainetta. Käsittelyt tehtiin neljänä toistona. Myös kontrollinäytteitä oli neljä. Säilöntäkäsittelyt tehtiin yhden päivän aikana yksi käsittely kerrallaan valmiiksi. Säilöntäaineella käsitellyt ja käsittelemättömät viljat laitettiin avoimiin, 80 cm:n korkuisiin ja 150 litran suuruisiin saaveihin. Koekäsittelyiden jälkeen viljasaaveja pidettiin ulkolämpötilaa vastaavassa tilassa katon alla trukkilavojen päällä (Kuva 1). Viljan lämpötilaa mitattiin viljan seassa olevilla dataloggereilla kolmen tunnin välein 10 vuorokauden ajan. Myös ulkolämpötilaa mitattiin koko seurantajakson ajan.



Kuva 1. Säilöntäkäsittelyiden jälkeen vuoden 2018 kokeessa vilja säilytettiin avoimissa saaveissa ulkolämpötilaa vastaavassa tilassa. Kuvat: Luke / Sirpa Lunski.

4.2.2. Viljan propionihappokäsittelykoe vuonna 2019

Vaikka vuonna 2019 alkusyksyn sää oli huomattavan lämmin, viljojen tuleentuminen ei edennyt oletetulla tavalla. Viljoissa oli huomattavan paljon jälkiversontaa, jonka johdosta tuleentuminen oli erittäin epätasaista. Epätasainen tuleentuminen piti viljan kosteuden korkealla. Tämän seurauksena vilja jouduttiin puimaan suunniteltua kosteampana.

Vuoden 2019 säilöntäkoe toteutettiin viljan puinnin yhteydessä 2.9. Viljana oli ohra ja lajikkeena Brage (Kuva 2). Viljan kosteus puintihetkellä oli keskimäärin 45 % Wile 200 -kosteusmittarilla mitattuna.



Kuva 2. Viljan säilöntäkokeessa käytettyä Brage-ohraa Luke Ruukin pellolla ja puituna. Kuvat: Luke / Sirpa Lunki.

Koekäsittelyt tehtiin propionihappopitoisella Propcorn Plus –säilöntäaineella. Säilöntäaineen annostelutasoja oli kolme, 2, 4 ja 6 l/tn. Lisäksi oli kontrollikäsittely ilman säilöntäainetta. Käsittelyt tehtiin neljänä toistona. Myös kontrollinäytteitä oli neljä.

Jokaisen käsittelyn säilöntäaine annosteltiin etukäteen muovipulloihin (Kuva 3). Säilöntäaine sekoitettiin 20 kg:n viljaeriin, jotka oli punnittu muovilaatikoihin juuri ennen säilönnän aloitusta. Viive puinnin ja säilöntäkäsittelyiden alkamisen välillä oli noin tunti. Varsinainen säilöntä tehtiin levittämällä punnittu viljaerä muovin päälle lattialle ja viljan sekaan ruiskutettiin säilöntäainetta muovipullostsa viljaa välillä sekoittaen (Kuva 3). Jokaisen säilöntäkäsittelyn ja kontrollin yksi kerranne tehtiin aina samaan aikaan.



Kuva 3. Säilöntäaine annosteltiin etukäteen muovipulloihin, joista se ruiskutettiin viljan sekaan. Kuvat: Luke / Sirpa Lunki.

Kunkin säilöntäkäsittelyn jälkeen vilja laitettiin avonaisiin 30 litran styrox-kylmälaukkuihin (Kuva 4), joita pidettiin ulkolämpötilaa vastaavassa tilassa katon alla trukkilavojen päällä. Säilöntäkäsittelyihin meni kokonaisuudessaan aikaa noin 50 minuuttia. Näin ollen aikaviive puinnista säilönnän valmiiksi saamiseen oli hieman alle kaksi tuntia.



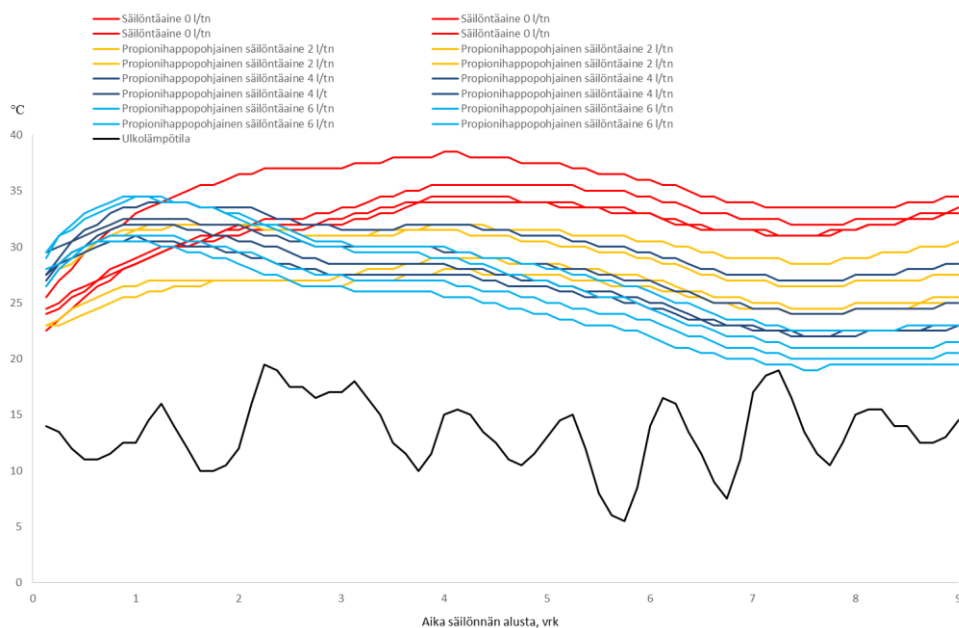
Kuva 4. Säilöntäkäsittelyiden jälkeen viljat laitettiin avonaisiin styrox-laatikoihin. Kuva: Luke / Sirpa Lunki.

Viljan lämpötilaa mitattiin viljan seassa olevilla dataloggereilla tunnin välein 10 vuorokauden ajan. Varastolämpötilaa mitattiin tyhjässä styrox-laatikossa olevalla dataloggerilla ja ulkolämpötilaa ulkona olevalla dataloggerilla. Myös näissä mittaus tapahtui tunnin välein koko koejakson ajan.

4.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

4.3.1. Vuoden 2028 esikokeen tulokset

Syksyllä 2018 tehdyn esikokeen tulokset olivat tärkeitä suunniteltaessa vuoden 2019 koetta. Kuhunkin käsittelykohtaiseen tynnyriin tarvittava viljamäärä oli kohtuullisen suuri, minkä seurauksena viljan käsittely kesti kauan ja osa viljasta ehti lämmetä ennen käsittelyä. Vilja puitiin kahdessa erässä, minkä johdosta eri käsittelyjen välillä oli systemaattisia eroja jo ennen säilöntäaineen lisäämistä. Nämä systemaattiset erot näkyvät erityisesti ensimmäisen päivän lämpötilaseurannan kuvissa (Kuva 5).

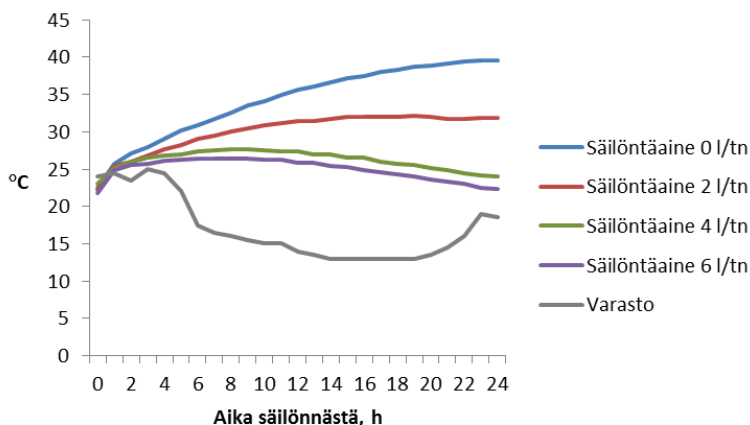


Kuva 5. Viljan lämpötilan muutokset säilöntäainekäsittelyiden jälkeen 10 vuorokauden ajalta syksyllä 2018 tehdystä esikokeesta. Kaikkien rinnakkaisten käsittelyiden lämpötiläkäyrät on esitetty, koska käsittelyjen satunnaistamisessa oli puutteita.

Tuloksista on huomattava, että jopa korkeimman säilöntäainemäärän saanut vilja lämpeni enimmäkseen 35 °C:een. Ilmeisesti lämpenemisen estäminen on huomattavasti vaikeampaa, jos mikrobit ovat jo ehtineet lisääntyä viljassa. Näin ollen mikäli puinnin jälkeen on tarkoitus lisätä säilöntäainetta lämpenemisen estämiseksi, on käsittely syytä tehdä viipymättä puinnin yhteydessä, mieluiten jo puimurin purkutorvessa. Pidemmän aikavälin tarkastelussa propionihappopitoisen säilöntäaineen lisäys kuitenkin rajoitti selvästi viljan lämpenemistä kontrolliin verrattuna. Ilman säilöntäainetta säilötyn viljan lämpötila oli alkua lukuunottamatta koko seurantajakson ajan korkeampi kuin säilöntäaineella käsiteltyjen viljojen.

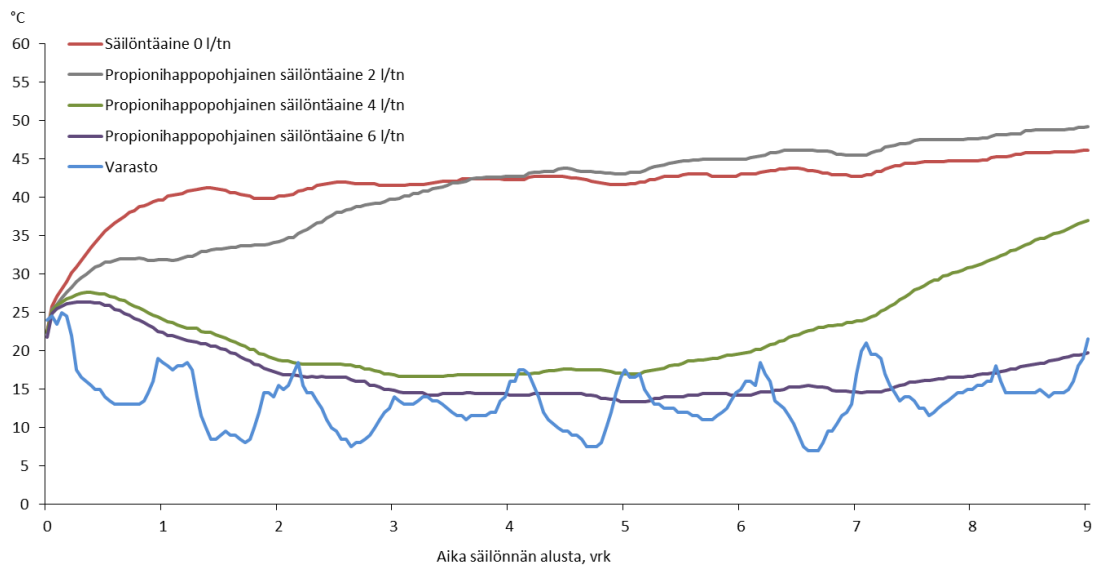
4.3.2. Vuoden 2019 varsinaisen kokeen tulokset

Vuonna 2019 varastoinnin alussa, noin kaksi tuntia puinnista, kaikilla käsittelyillä viljan lämpötila oli alle varastolämpötilan, mutta jo tunti säilönnästä kaikkien käsittelyiden viljan lämpötila oli yli varastolämpötilan (Kuva 6). Kosteaa viljaa lisää pilaantumisherkkyttä, mikä näkyi puinnin jälkeisenä lämpötilan nopeana nousuna ensimmäisen vuorokauden aikana säilöntäaineen lisäyksestä huolimatta (Kuva 6). Huomattavaa kuitenkin oli, että propionihappopitoisen säilöntäaineen lisäys rajoitti viljan lämpenemistä kontrolliin verrattuna. Lisäksi kahdella suurimmalla säilöntäaineen annostelutasolla lämpötilan nousu oli selkeästi pienempää kuin kontrollilla ja pienimmällä säilöntäainemäärällä. Kahdella suurimmalla säilöntäaineen annostelutasolla lämpötila kääntyi laskuun 10 tunnin kuluttua säilönnän alusta, kun taas kontrollilla ja pienimmällä säilöntäaineen annostelutasolla lämpötila jatkoi edelleen nousua.



Kuva 6. Viljan lämpötilan muutokset säilöntäainekäsittelyiden jälkeen ensimmäisten 24 tunnin ajalta ilman säilöntäainetta ja propionihappopitoisella säilöntäaineella käsiteltyinä syksyllä 2019.

Koko seurantajakson aikana kahdella suurimmalla säilöntäaineen annostelutasolla lämpötilan nousu oli selvästi vähäisempää kuin toiseksi suurimmalla säilöntäainemäärällä ja kontrollilla (Kuva 7). Huomattavaa oli myös, että suurimmalla säilöntäainemäärällä lämpötila pysyi melko tasaisena koko seurantajakson ajan, kun taas toiseksi suurimmalla säilöntäainemäärällä lämpötila alkoi uudestaan nousta noin viiden vuorokauden kuluttua säilönnän alusta. Käytännön johtopäätöksenä voidaan todeta, että annostelutaso 6 l/tn olisi antanut puinnin ja ilmatiiviin säilönnän välille toiminta-aikaa viikon verran.



Kuva 7. Viljan lämpötilan muutokset säilöntäainekäsittelyiden jälkeen yhdeksän vuorokauden ajalta syksyllä 2019.

Vuosien 2018 ja 2019 kokeiden tulosten vertailu kertoo, että jos säilöntäaine lisätään liian myöhään, sama säilöntäainemäärä ei enää riitä viljan lämpenemisen estoon. Vuonna 2018 suurimmalla säilöntäainemäärällä ei päästy lähelle keskimääräistä ulkoilman lämpötilaa missään vaiheessa seurantajaksoa vaikka vilja oli kuivempaa, kun taas vuoden 2019 kokeessa kahdella suurimmalla säilöntäainemäärällä viljan lämpötila oli lähellä ulkolämpötilaa suurimman osan seurantajakson ajasta. Tässä konkretisoitui selvästi se, että mikäli puidun viljan lämpenemistä halutaan ehkäistä, säilöntäaine tulee tehdä joko puinnin yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen ja käyttää riittävää säilöntäainemäärää, joka taas riippuu viljan kosteuspitoisuudesta.

4.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Vaikka propionihappoa sisältävä säilöntäaine on tarkoitettu ensisijaisesti kuivahkon viljan säilöntään, kun pääasiallinen haaste on homeiden torjunta, tulosten perusteella sitä voidaan käyttää kosteammallakin viljalla ehkäisemään puidun viljan lämpenemistä, mikäli murskaus viivästyy. Edellytyksenä lämpenemisen eston onnistumiselle kuitenkin on, että säilöntäainekäsittely tehdään joko puinnin yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen. Näin tehty säilöntäainemäärä tuo joustavuutta viljan korjuuseen ja murskesäilöntään. Samalla se voi mahdollistaa puidun viljan kuljetuksen kauemmaksi murskattavaksi, ja siten edesauttaa tilojen välistä tuoreviljakauppaa. Vuoden 2019 tulosten perusteella suurimmalla annostelutasolla 6 l/tn puinnin ja ilmatiiviin säilönnän välille olisi saatu viikon verran toiminta-aikaa.

Viljan korkeista kosteuspitoisuuksista johtuen käytetyt säilöntäainemäärät olivat 4–6 l/tn ennen kuin säilöntäainemäärät olivat selkeästi havaittavissa. On mahdollista, että puinnin yhteydessä lisätty säilöntäaine voidaan huomioida pienempänä säilöntäainetarpeena murskausvaiheessa, kun vilja suljetaan ilmatiiviiseen siiloon. Tyypillisesti haittamikrobien kasvu kannattaa estää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa säilöntäprosessia. Säilöntäainemäärän käyttö lisää kustannuksia, mutta toisaalta ravintoainetappiot ja homeiden riskit viljassa pienentyvät. Aikaisessa vaiheessa lisätyllä säilöntäainemäärällä saavutettu jousto murskauksen aikataulussa antaa paremmat mahdollisuudet hyödyntää urakointia tai yhteiskoneita, mikä puolestaan voi pienentää konekustannuksia.

Johtuen kokeissa käytetyn viljan tavoiteltua suuremmista kosteuksista, lisätutkimusta tarvitaan vastaavan kokeen tekemiseen kuivemmalla viljalla sekä käyttäen eri säilöntäaineita. Monipuolisempi seos orgaanisia happoja olisi voinut toimia jopa vielä paremmin kuin pelkkään propionihappoon perustuva säilöntäaine, sillä kosteassa viljassa varsinkin bakteerien ja hiivojen lukumäärä on tyypillisesti erittäin korkea. Myös viljan mikrobimääritykset olisi hyvä sisällyttää jatkotutkimuksiin. Tutkimusta tarvitaan myös todentamaan, tarvitaanko murskesäilönnän yhteydessä lisäsäilöntäainetta, jos sitä on jo lisätty puintivaiheessa. Säilöntäaineen annostelu puimurin torvessa ei ole täysin uusi asia, mutta sekin todennäköisesti vaatisi lisätutkimusta. Nykyisin osittain puskuroitujen happopohjaisten säilöntäaineiden aikana tuotteiden metallisyövyttävyyys ei ole enää samanlainen ongelma kuin vuosikymmeniä sitten. Siten säilöntäaineiden annostelua puimurissa voisi harkita laajemmin käyttöön otettavaksi.

Viitteet

- Palva, R., Kirkkari, A-M. & Teräväinen, H. (toim.) 2005. Viljasadon käsittely ja käyttö: Viljan tuoresäilöntä. *Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja* 1012: Tieto tuottamaan 108.
- Seppälä, A., Orkola, S., Nysand, M., Mäki, M., Miettinen, H. & Rinne, M. 2016. Puintikostean viljan murskesäilöntä uudistuu tehokkuusvaatimusten myötä. *Maataloustieteen Päivät 2016*. Saatavilla: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2016/Seppala_ym_2016.pdf.
- Syke 2020. Uusi päästölaskentajärjestelmä kaikille Suomen kunnille – päästövähennys keskimäärin 15 prosenttia vuodesta 2005. (Viitattu 27.2.2020) Saatavilla: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uusi_paastolaskentajarjestelma_kaikille_\(54833\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uusi_paastolaskentajarjestelma_kaikille_(54833)).

5. Murskesäilötyn viljan säilönnällinen ja mikrobiologinen laatu

Katariina Manni¹ ja Arto Huuskonen²

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2C, 31600 Jokioinen

² Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31A, 71750 Maaninka

Tiivistelmä

Homeet voivat olla yksi tuoresäilötyn viljan ongelma. Mikäli vilja puidaan suosituksia kuivempana, hyötynä on puintityön nopeutuminen, mutta samalla säilönnälliset haasteet, erityisesti homehtumisriski, saattavat lisääntyä. Yhtenä syynä tähän on, että muut mikrobit eivät tällaisessa tilanteessa kulu ta yhtä tehokkaasti happea, jolloin happi jää pääasiassa homeiden käyttöön. Huolellinen säilöntä on siten keskeinen keino pienentää homeiden riskiä. Homeet voivat aiheuttaa rehun nopean pilaantumisen, varsinkin jos säilö avataan lämpimällä ilmalla. Murskesäilötty vilja voi pilaantua kauttaaltaan tai siinä saattaa esiintyä yksittäisiä pilaantumispesäkkeitä. Tilanäytteisiin perustuvassa selvityksessä seurattiin murskesäilötyn viljan mikrobiologista laatua ja käymislaatua puinnista ruokintaan saakka.

Näytteitä otettiin kuuden tilan viljasta ennen murskausta ja säilöntää sekä kaksi kertaa säilönnän jälkeen, kun vilja oli syötössä. Murskesäilötty viljanäytteet otettiin pinnasta ja syvemältä rehusta. Ennen murskausta ja säilöntää otetuista näytteistä määritettiin kuiva-aine, raakavalkuainen, kuitu ja tärkkelys. Lisäksi tehtiin mikrobiologiset analyysit, joissa määritettiin kokonaisbakteerien, hiivojen ja homeiden määrät. Murskesäilöttyistä viljoista määritettiin kuiva-aine, käymislaatu (pH, ammonium-N, sokerit, etanoli, maitohappo ja haihtuvat rasvahapot) sekä hygieeninen laatu (hiivat ja homeet).

Viljan kosteuspitoisuudet säilöntähetkellä vaihtelivat tilojen välillä. Pääosin viljat olivat suosituksia kuivempia. Verrattaessa murskesäilöttyjen viljojen käymislaatuja ja mikrobiologista laatua tilojen välillä oli eroja. Yhteistä kaikille tiloille oli erittäin suuret bakteeri-, hiiva- ja homepitoisuudet viljassa ennen säilöntää. Kaikista näytteistä laskettuna viljoissa oli keskimäärin bakteereita 8,0, hiivoja 6,4 ja homeita 5,4 log₁₀ pmy/g, pmy tarkoittaa pesäkkeitä muodostavaa yksikköä. Murskesäilönnän jälkeen otettujen analyysitulosten perusteella osalla tiloista vilja oli säilynyt erittäin hyvin, mikä näkyi sekä käymislaadun että mikrobiologisen laadun tuloksissa, kun taas osalla tiloista säilönnällisessä laadussa oli havaittavissa puutteita. Yksi syy heikentyneeseen säilönnälliseen laatuun saattoi olla, että käytetty biologinen säilöntäaine ei toiminut johtuen rehun korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta. Tätä päätelmää tuki rehun pieni maitohappopitoisuus. Yhdellä tilalla syynä säilönnän heikentyneeseen laatuun saattoi olla liian vähäinen säilöntäaineen määrä, mikä näkyi pienenä muurahaishapon määränä rehussa.

Bakteerien, hiivojen ja homeiden pitoisuudet vastapuidussa viljassa olivat huomattavan suuria. Siksi on syytä pyrkiä minimoimaan aika, jonka vilja joutuu odottamaan ennen säilöntää. Onnistunut säilöntä pysäyttää hiivojen ja homeiden kasvun. Mikrobiologinen laatu ja käymislaatu ovat säilönnän onnistumisen mittareita. Niiden perusteella tilanäytteiden tulokset osoittivat, että murskevilja voi olla hygieeniseltä laadultaan sekä erinomaista että arveluttavaa. Selvitettäessä säilönnän epäonnistumisen syitä, asioita tulee tarkastella laaja-alaisesti. Säilöntähetken liittyvät tekijät, kuten viive puinnin ja murskauksen välissä, käytetty säilöntäaine ja sen määrä, viljan kosteuspitoisuus ja säilötyn viljan ilmatiiviyys ovat asioita, jotka vaikuttavat säilönnälliseen lopputulokseen. Nämä kaikki on syytä huomioida tilanteissa, joissa tavoitteena on ratkoa ongelmia tai ylipäätään parantaa säilönnällistä laatua.

Asiasanat: vilja, murskesäilöntä, mikrobiologinen laatu, hiivat, homeet

5.1. Johdanto

Viljan murskesäilöntä perustuu hapettomuuteen ja happamuuteen. Huolellinen tiivistäminen, muovikerros ja aumamuovin painotus estävät ilman pääsyä säilöttävän viljan sekaan. Riittävä pH:n lasku varmistetaan säilöntäaineilla. Homeet voivat olla yksi tuoresäilötyn viljan ongelma. Ne menestyvät melkein missä vain, kunhan happea ja kosteutta on edes hieman tarjolla, eikä niiden käyttämä ravinto ole jäässä. Huolellinen säilöntä on siten keskeinen keino pienentää niiden esiintymisriskiä. Mikäli vilja puidaan suosituksia (35–45 %) kuivempana, hyötynä on puintityön nopeutuminen, mutta samanaikaisesti säilönnälliset haasteet, erityisesti homehtumisriski, saattavat lisääntyä. Yhtenä syynä tähän on se, että muut mikrobit eivät tällaisessa tilanteessa kuluta yhtä tehokkaasti happea, jolloin happi jää pääasiassa homeiden käyttöön. Ruotsalaisessa tutkimuksessa (Olstorpe ym. 2010) tiloilta kerättyjä kuivahkoja (kosteus 17–23 %) murskeviljanäytteitä varastoitiin ilman säilöntäainetta ilmatilassa muovituubissa 3–4 viikon ajan ennen avaamista syöttöön. Kohonneita homepitoisuuksia (yli 10 000 pmy/g, pmy tarkoittaa pesäkkeitä muodostavaa yksikköä) mitattiin 71 %:ssa näytteistä, kun rehu oli otettu syöttöön.

Homeista rehua ei pidä koskaan syöttää eläimille, sillä homeet saattavat tuottaa rehuun eläimille haitallisia mykotoksiineja eli homemyrkkyjä (Koivunen ja Huuskonen 2018). Mykotoksiinien esiintymistä on vaikea havaita, sillä ne ovat näkymättömiä, mauttomia ja hajuttomia. Myös niiden aiheuttamia oireita voi olla vaikea tunnistaa, sillä ne voivat olla monisyisiä ja useiden eri tekijöiden aiheuttamia. Mykotoksiinien oireita saattaa olla muun muassa vähentynyt rehun syönti, heikentyneet tuotantotulokset, hedelmällisyyshäiriöt ja erilaiset terveysongelmat (Scudamore ja Livesey 1998, Fink-Gremmels 1999, 2008). Homeisten rehujen aiheuttamia taloudellisia tappioita tulee mm. mahdollisista heikentyneistä tuotantotuloksista, sairaiden eläinten hoidosta, hukkaan menevästä pilaantuneesta rehusta ja pilaantuneen rehun käsittelyn aiheuttamasta ylimääräisestä työstä. Vakavimpia homeiden aiheuttamia seurauksia voivat olla eläinten ja ihmisten terveysriskit.

Homeet voivat aiheuttaa rehun nopean pilaantumisen, varsinkin jos säilö avataan lämpimällä ilmalla. Murskesäilötty vilja voi alkaa pilaantua kauttaaltaan tai siinä saattaa esiintyä yksittäisiä pilaantumispesäkkeitä. Ne voivat ilmetä esimerkiksi säännönmukaisina alueina tai juosteina rehun seassa. Mahdollisia syitä voivat olla kuiva-ainepitoisuuden vaihtelut, riittämätön tiivistäminen, ilmavuodot säilönnän aikana tai epäonnistumiset säilöntäaineen annostelussa. Säilöntäaineen annostelusta johtuvat pilaantumiset saattavat johtua tavoitetta pienemmästä säilöntäaineen määrästä tai säilöntäaineen epätasaisesta levittämisestä säilönnän yhteydessä.

Tilanäytteisiin perustuvassa selvityksessä seurattiin murskesäilötyn viljan mikrobiologisen laadun ja käymislaadun muutoksia puinnista ruokintaan saakka.

5.2. Aineisto ja menetelmät

Tuoresäilötyn viljan mikrobiologista ja säilönnällistä laatua tutkittiin kuuden eri tilan viljanäytteistä. Näytteet otettiin viljasta ennen murskausta ja säilöntää sekä säilönnän jälkeen ruokinnan alkaessa ja myöhemmässä vaiheessa, kun kyseistä viljaerää oli syötetty jo jonkin aikaa. Murskesäilötty viljanäytteet otettiin pinnasta ja syvemältä rehusta.

Kustakin viljaerästä kirjattiin puinti- ja säilöntäpäivä, viive puinnin ja murskauksen välisessä ajassa, viljan kosteus ja lämpötila näytteenottohetkellä viljanäytteestä mitattuna, säilöntäaine ja sen käyttömäärä, mylly jolla vilja murskattiin sekä murskesäilötyn viljan varastointimuoto.

Edustavan näytteen saamiseksi viljakasoista ennen murskesäilöntää ja murskesäilötystä viljasta otettiin ensin useita osanäytteitä, jotka yhdistettiin. Yhdistetystä, huolellisesti sekoitetusta näytteestä otettiin varsinainen analyysinäyte. Ennen murskausta ja säilöntää otetuista viljanäytteistä määritet-

tiin kuiva-aine, raakavalkuainen, kuitu (NDF) ja tärkkelys. Lisäksi tehtiin mikrobiologiset analyysit, joissa määritettiin kokonaisbakteerien, hiivojen ja homeiden määrät. Murskesäilötyistä viljoista määritettiin kuiva-aine, käymislaatu (pH, ammonium-N, sokerit, etanoli, maitohappo ja haihtuvat rasvahapot (VFA)) sekä hygieeninen laatu (hiivat ja homeet). Primäärinen kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (105 °C, 20 h). Raakavalkuaisen määrittämisessä käytettiin Dumas-tyyppin tyypianalysointia (Leco FP-428 N Analyser, Leco Corporation, St. Joseph, MO, USA). Kuitu määritettiin Van Soestin ym. (1991) kuvaamalla tavalla. Tärkkelys analysoitiin Salon ja Salmen (1968) kuvaamalla tavalla. Murskesäilötyn viljan kuiva-aine korjattiin Huidan ym. (1986) kuvaamalla menetelmällä haihtuvien yhdisteiden (maitohappo, haihtuvat rasvahapot ja ammoniakki) osalta. Murskesäilöttyjen viljojen käymislaatu (pH, ammoniumtyppi, vesiliukoiset hiilihydraatit, VFA, etanoli sekä maito- ja muurahaishappo) analysoitiin Francon ym. (2019) julkaisussa kuvatuin menetelmin. Kaikki analyysit tehtiin pakastetuista näytteistä Luonnonvarakeskuksen (Luke) laboratorioissa Jokioissa.

5.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Murskesäilöntään liittyviä tilakohtaisia taustatietoja on koottu Taulukkoon 1. Viljan murskesäilöntä tehtiin yhden päivän aikana kaikilla muilla tiloilla yhtä tilaa lukuunottamatta, jolla murskesäilöntä tehtiin kahtena peräkkäisenä päivänä. Tilojen välinen viive puinnin ja murskauksen välissä vaihteli viidestä tunnista viikkoon. Kaikilla tiloilla käytettiin säilöntäainetta, joko happopohjaisia, ureaan perustuvaa tai biologisia. Tavoiteltu säilöntäaineen käyttömäärä vaihteli välillä 4–5 l/tn. Yhdellä tilalla säilönnän yhteydessä viljan sekaan lisättiin vettä. Kaikilla tiloilla oli käytössä Murskan mylly. Kolmella tilalla murskevilja säilöttiin tuubiin ja kolmella tilalla laakasiiloon, joista kaksi oli katettu.

Taulukko 1. Murskesäilöntään liittyviä tilakohtaisia taustatietoja. Viljan kosteus ja lämpötila on mitattu kosteusmittarilla näytteenottohetkellä viljanäytteestä.

	Tila 1	Tila 2	Tila 3	Tila 4	Tila 5	Tila 6
Säilöntäpäivä	6.8.2018	5.9.2018	6.8.2018	10.8.2018	14.8.2018	14.- 15.8.2018
Viljalaji	Ohra	Seosvilja	Ohra	Ohra	Kaura- vehnä	Ohra, kaura, vehnä
Kosteus, % (Wile 200)	28,1	32,6	> 30	20,4	28,8	23,2
Lämpötila, °C (Wile 200)	26,6	29,2	26,3	28,7	18,1	23,5
Aika puinnista murskaukseen, h	48	12	48	48	5	Kuormia viikon ajalta
Säilöntäaineen tyyppi ja nimi	Happo: Mestarin vahva	Happo: Mestarin vahva	Entsyymiseos + rehu-urea: Maxammon	Biologinen: Bonsilage CCN	Biologinen: Bonsilage CCN	Biologinen: Josilac Kombi
Säilöntäainetta, l/tn	5	4	5	4	4	4
Mylly	W-Max 20C	Murska 1400	W-Max 20C	Murska 20CB	Murska 700	Murska 20CB
Varastointi	Tuubi	Laakasiilo, katettu	Tuubi	Tuubi	Laakasiilo, katettu	Laakasiilo, avoin
Huomioita		Puinti- ilma lämmin		Kevyttä, murskautui huonosti		Vesilisäys murskauksen yhteydessä

Viljojen kosteuspitoisuudet ja koostumus ennen murskesäilöntää otetuista näytteistä ovat Taulukossa 2. Kosteuspitoisuudet säilöntähetkellä vaihtelivat tilojen välillä ja pääosin viljat olivat kuivahkoja, kosteuspitoisuuden ollen pienimmillään vain 11 %. Viljojen koostumukset vaihtelivat jonkin verran. Raakavalkuaispitoisuudet olivat keskimäärin tyypillisiä viljan raakavalkuaispitoisuuksia hieman suurempia ja tärkkelyspitoisuudet puolestaan pienempiä (Luke 2020).

Taulukko 2. Murskesäilöttävän viljan raaka-aineen koostumus ennen murskesäilöntää otetuista näytteistä.

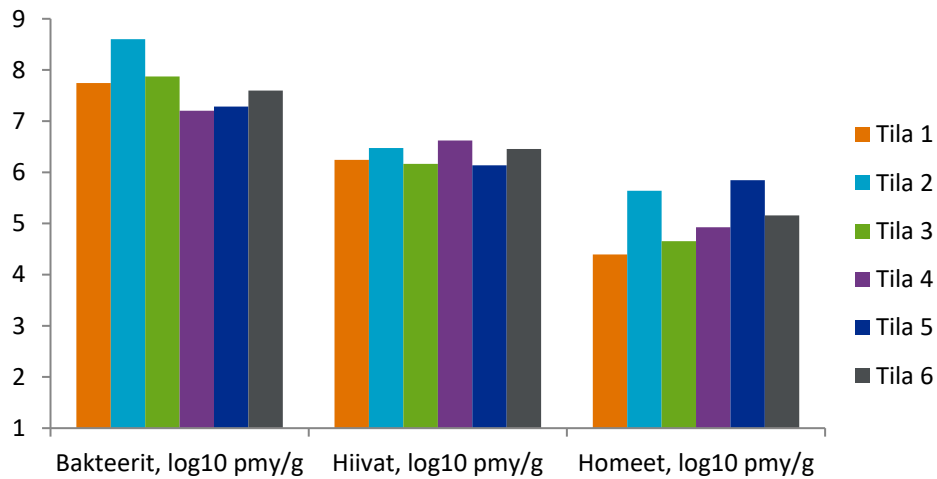
Tila	Kosteus, g/kg	Kuitu, g/kg ka	Raakavalkuainen, g/kg ka	Tärkkelys, g/kg ka
1	206	198	141	547
2	267	191	145	555
3	241	208	110	565
4	107	218	147	501
5	347	247	154	504
6	158	228	137	518

Viljojen mikrobiologinen laatu ennen murskesäilöntää otetuista näytteistä on esitetty Taulukossa 3 ja Kuvassa 1. Bakteerien, hiivojen ja homeiden määrät olivat kaikilla tiloilla erittäin suuria. Kaikista näytteistä laskettuna viljoissa oli keskimäärin bakteereita 8,0, hiivoja 6,4 ja homeita 5,4 log₁₀ pmy/g. Myös aiemmissa tutkimuksissa viljoista määritetyt bakteerien, hiivojen ja homeiden määrät ennen säilöntää ovat olleet hyvin suuria (Seppälä ym. 2015, Seppälä ym. 2016).

Taulukko 3. Viljojen mikrobiologinen laatu ennen murskesäilöntää otetuista näytteistä. Bakteerien alin määrittäysraja oli 10 pmy/g ja hiivojen ja homeiden 100 pmy¹/g.

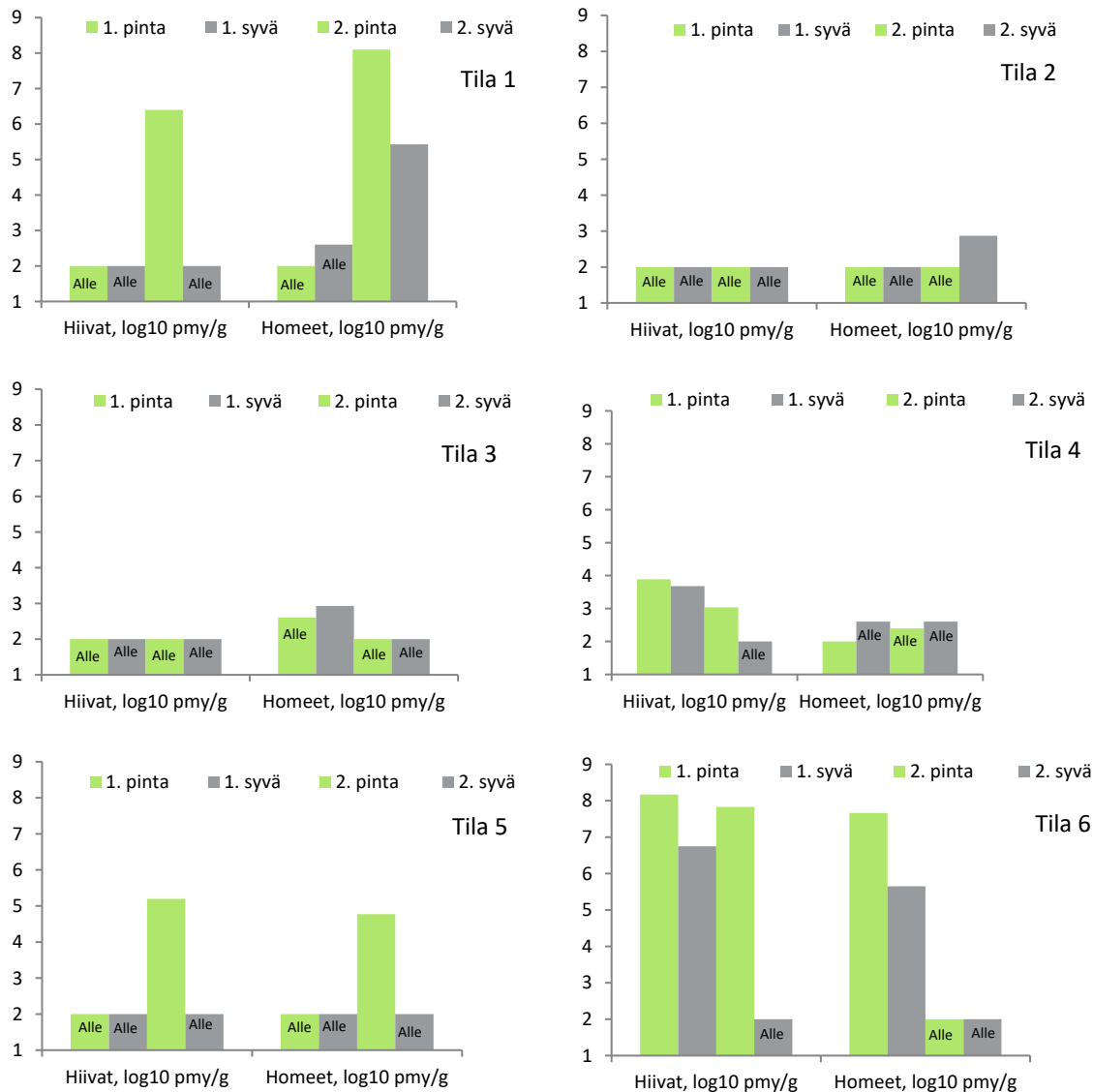
Tila	Bakteerit, pmy/g PCA 30 °C, 3 d	Hiivat, pmy/g DRBCA 25 °C, 5 d	Homeet, pmy/g DRBCA 25 °C, 5 d
1	55 600 000	1 752 475	24 752
2	> 400 000 000	2 990 099	435 644
3	74 400 000	1 460 000	45 000
4	16 000 000	4 183 168	84 158
5	19 200 000	1 371 287	702 970
6	39 600 000	2 851 485	143 564

¹Pmy = Pesäkkeitä muodostava yksikkö.



Kuva 1. Viljan mikrobiologinen laatu ennen murskesäilöntää otetuista näytteistä. Bakteerien alin määrittäysraja oli 10 pmy/g ja hiivojen ja homeiden 100 pmy/g, pmy = pesäkkeitä muodostava yksikkö.

Murskesäilönnän jälkeen kahdella näytteenotokerralla talvella sekä keväällä tai alkukesästä otetuissa viljan pinta- ja sisäosan näytteissä oli edelleen hiivoja ja homeita (Kuva 2), mutta kaikilla muilla tiloilla tilaa 6 lukuunottamatta niiden määrät olivat kuitenkin selkeästi pienempiä kuin ennen säilöntää otetuissa raaka-ainenäytteissä.



Kuva 2. Kuuden eri tilan murskesäilötyn viljan pinta- ja sisäosan mikrobiologinen laatu säilönnän jälkeen kahdella eri näytteenotokerralla, joista ensimmäinen (1) oli talvella ja toinen (2) keväällä tai alkukesästä. Määritysraja oli 100 pmy/g (2 log₁₀), pmy = pesäkeitä muodostava yksikkö.

Verrattaessa murskesäilöttyjen viljojen käymislaatuja ja mikrobiologista laatua, tilojen välillä oli eroja (Taulukot 4 ja 5). Yhteistä kaikille tiloille oli erittäin suuret bakteeri-, hiiva- ja homepitoisuudet viljassa ennen säilöntää. Murskesäilönnän jälkeen otettujen analyysitulosten perusteella osalla tiloista vilja oli säilynyt erittäin hyvin, mikä näkyi sekä käymislaadun että mikrobiologisen laadun tuloksissa, kun taas osalla tiloista säilönnällisessä laadussa oli havaittavissa puutteita. Tulosten tarkastelussa on kuitenkin syytä huomioida myös näytteiden edustavuus. Yksittäinen näyte ei välttämättä kuvaa koko tilannetta. Jos näytteeseen on esimerkiksi sattunut osumaan huonosti säilynyttä viljaa, se ei suoraan tarkoita sitä, että koko viljaerä olisi pilalla. Myös näytteiden käsittely näytteenoton jälkeen on haasteellista. Sopivissa olosuhteissa hiiva- ja homemäärät näytteessä voivat lähteä lisääntymään ennen kuin näyte on analysoitu, mikä voi heijastua tuloksiin. Lisäksi, koska mikrobiologisen laadun määrittämisessä analyysijä ei tehty rinnakkaisnäytteistä, kovin pitkälle meneviin johtopäätöksiin ei näiden tulosten valossa voida mennä.

Taulukko 4. Tilojen 1–3 murskesäilöttyjen viljojen kosteuspitoisuus, käymislaatu ja mikrobiologinen laatu. Hiivojen ja homeiden alin määrittäysraja oli 100 pmy¹/g.

Tila	Näyte ja näytteenoton ajankoh- ta	Kosteus, g/kg	pH	Ammonium- N ² , g/kg N	Sokerit, g/kg ka	Etanoli, g/kg ka	Muurahais- happo, g/kg ka	Maitohappo, g/kg ka	VFA, g/kg ka	Hiivat, pmy ¹	Homeet, pmy
1	Pinta 23.11.2018	344	4,61	8,0	41	1,7	6,3	0,9	1,7	<100	<100
1	Syvä 23.11.2018	314	4,47	5,7	38	1,4	7,1	0,4	1,4	<100	<400
1	Pinta 3.6.2019	272	5,83	13,3	30	0,1	1,8	0,4	0,9	2 500 000	126 000 000
1	Syvä 3.6.2019	249	4,76	5,3	34	0,2	5,2	0,1	1,2	<100	267 327
2	Pinta 23.11.2018	418	3,90	17,3	53	3,3	7,7	11,9	4,8	<100	<100
2	Syvä 23.11.2018	401	3,97	18,2	45	3,4	9,6	9,3	4,0	<100	<100
2	Pinta 11.4.2019	342	3,96	18,6	26	3,6	5,4	16,6	5,6	<100	<100
2	Syvä 11.4.2019	304	4,14	22,5	36	1,4	7,6	5,5	2,9	<100	743
3	Pinta 18.1.2019	279	8,80	310,7	23	0,8	0	1,0	3,5	<100	<400
3	Syvä 18.1.2019	251	8,68	187,3	26	1,9	0	0,7	2,3	<100	850
3	Pinta 11.4.2019	223	8,78	200,4	20	1,4	0,5	0,9	2,4	<100	<100
3	Syvä 11.4.2019	217	6,01	282,4	22	1,1	0	0,8	3,1	<100	<100

¹Pmy = Pesäkkeitä muodostava yksikkö.²Maxammon-menetelmällä (tila 3) ammonium-N on osittain peräisin säilöntämenetelmästä eikä siten kuvaa säilönnällistä laatua.

Taulukko 5. Tilojen 4–6 murskesäilöttyjen viljojen kosteuspitoisuus, käymislaatu ja mikrobiologinen laatu. Hiivojen ja homeiden alin määrittäysraja oli 100 pmy¹/g.

Tila	Näyte ja näytteenoton ajankohta	Kosteus, g/kg	pH	Ammonium-N, g/kg ka	Sokerit, g/kg ka	Etanoli, g/kg ka	Maitohappo, g/kg ka	VFA, g/kg ka	Hiivat, pmy	Homeet, pmy
4	Pinta 22.11.2018	210	5,75	2,5	25	5,7	2,3	1,3	7 723	<100
4	Syvä 22.11.2018	217	8,70	3,4	22	6,7	1,1	1,2	4 800	<400
4	Pinta 6.5.2019	342	4,27	30,1	22	3,2	25,8	7,0	1 089	250
4	Syvä 6.5.2019	320	4,43	44,1	16	4,7	23,6	12,0	<100	<400
5	Pinta 17.1.2019	370	4,14	45,9	12	3,4	23,1	12,7	<100	<100
5	Syvä 17.1.2019	338	4,19	49,5	11	3,1	23,6	13,1	<100	<100
5	Pinta 3.6.2019	339	4,39	92,6	12	0,7	23,6	11,4	158 416	59 406
5	Syvä 3.6.2019	351	4,13	100,7	18	2,2	28,6	9,6	<100	<100
6	Pinta 21.2.2018	251	6,15	13,2	8	0	1,9	0,5	148 000 000	46 000 000
6	Syvä 21.2.2019	258	4,55	19,2	14	2,5	12,0	5,7	5 600 000	450 000
6	Pinta 6.5.2019	472	4,27	19,2	8	0,8	9,1	2,7	68 000 000	<100
6	Syvä 6.5.2019	404	3,86	14,6	9	2,5	23,2	6,4	<100	<100

¹Pmy = Pesäkkeitä muodostava yksikkö.

Murskesäilötyn viljan mikrobiologisen laadun ja käymislaadun tuloksia tarkasteltaessa erityisesti tiloilla 2, 3 ja 4 homeiden ja hiivojen määrät olivat pieniä ja säilönnällinen laatu oli pääosin hyvä, joten tältä osin merkkejä viljan säilönnällisen laadun heikkenemisestä ei ollut. Tosin tilalla 4 ensimmäisen näytteenottokerran rehusa pH oli korkea. Syynä tähän saattoi olla, että käytetty biologinen säilöntäaine ei toiminut johtuen rehun korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta. Tätä päätelmää tukee rehun pieni maitohappopitoisuus. Jälkimmäisellä näytteenottokerralla vilja oli huomattavasti kosteampaa, rehun pH oli laskenut ensimmäisestä näytteenottokerrasta ja maitohapon määrä oli suurempi. Vaikka kyseisellä tilalla viljan hiivojen ja homeiden määrät eivät olleet kummallakaan näytteenottokerralla hälyttävän korkeita, määrät olivat kuitenkin pääosin pienentyneet toisella näytteenottokerralla.

Tilalla 1 ensimmäisen näytteenottokerran rehu oli säilynyt hyvin sekä käymislaatua että mikrobiologista laatua mittaavien tulosten perusteella. Toisella näytteenottokerralla oli kuitenkin selvästi havaittavissa rehun säilönnällisen laadun heikkenemistä. Erityisesti pintarehusta otetussa näytteessä pH oli huomattavan korkea, mutta myös sisäosassa se oli hieman noussut ensimmäiseen näytteenotokertaan verrattuna. Rehu oli myös jonkin verran kuivempaa kuin ensimmäisellä näytteenotokerralla. Hiivojen ($6,4 \log_{10}$ pmy/g) ja homeiden ($8,1 \log_{10}$ pmy/g) määrä pintarehusta otetussa näytteessä ja homeiden määrä ($5,4 \log_{10}$ pmy/g) sisäosasta otetussa näytteessä oli lisääntynyt huomattavasti ensimmäiseen näytteenotokertaan verrattuna, jossa hiivojen ja homeiden määrät olivat kaikissa näytteissä alle $2,6 \log_{10}$ pmy/g. Syynä kohonneisiin hiivojen ja homeiden määriin saattoi olla pienempi säilöntäaineen määrä toisen näytteenotokerran rehusa, sillä muurahaishappopitoisuus erityisesti pintarehusta otetussa näytteessä oli huomattavasti pienempi kuin muissa näytteissä. Ensimmäisellä näytteenotokerralla muurahaishapon määrä pinta- ja sisäosan näytteissä oli 6,3 ja 7,1 g/kg ka, kun vastaavat luvut toisen kerran näytteissä olivat 1,8 ja 5,2 g/kg ka. On myös mahdollista, että vilja on alkanut pilaantumaan muusta syystä, esimerkiksi ilman päästessä rehun sekaan, jonka seurauksena säilöviä happojen määrä on pienentynyt. Näyte oli otettu kesäkuun alussa, jolloin myös ilman lämpeneminen on saattanut vaikuttaa erityisesti pintarehun pilaantumisherkkyteen.

Tilalla 5 ensimmäisellä näytteenotokerralla rehu oli säilynyt hyvin sekä käymislaatua että mikrobiologista laatua mittaavien tulosten perusteella arvioituna. Toisella näytteenotokerralla pintarehusta otetussa näytteessä sekä hiivojen ($5,2 \log_{10}$ pmy/g) että homeiden ($4,8 \log_{10}$ pmy/g) määrät olivat lisääntyneet ensimmäisen näytteenotokerran tuloksiin ($<2 \log_{10}$ pmy/g) verrattuna. Myös ammoniumtyypen osuus kokonaistypestä oli lisääntynyt. Mahdollista syytä tähän ei käytössä olevien tulosten perusteella pysty esittämään.

Tilalla 6 ensimmäisellä näytteenotokerralla otetuissa pinta- ja sisäosan rehunäytteissä hiivojen ($8,2$ ja $6,7 \log_{10}$ pmy/g) ja homeiden ($7,7$ ja $5,7 \log_{10}$ pmy/g) määrät olivat huomattavan korkeita. Syynä saattoi olla, että käytetty biologinen säilöntäaine ei ollut toiminut johtuen rehun melko korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta. Tätä päätelmää tukee rehun pieni maitohappopitoisuus ja korkea pH erityisesti pintarehussa. Toisen näytteenotokerran rehu oli huomattavasti kosteampaa kuin ensimmäisellä näytteenotokerralla, mutta edelleen pintarehusta otetun näytteen hiivojen määrä oli korkea ($7,8 \log_{10}$ pmy/g), maitohappopitoisuus matala ja pH korkeakohko. Sisäosan rehunäytteessä mikrobiologinen laatu oli hyvä. Koska vilja oli huomattavasti ensimmäistä näytteenotokertaa kosteampaa, biologinen säilöntäaine oli todennäköisesti alkanut toimia, mikä näkyy sisäosan rehunäytteen maitohappopitoisuuden lisääntymisenä ja pH:n laskuna. Rehu oli myös saattanut tiivistyä paremmin. Nämä kaikki ehkäisevät homeiden kasvua rehusa.

5.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Bakteerien, hiivojen ja homeiden pitoisuudet vastapuidussa viljassa olivat huomattavan suuria. Tämän vuoksi on syytä pyrkiä minimoimaan aika, jonka vilja joutuu odottamaan ennen säilöntää. Puitu vilja kasassa ilman säilöntäainetta luo otolliset olosuhteet hiivojen ja homeiden kasvulle, jonka seu-

rauksena vilja alkaa lämmetä ja pilaantua jo ennen säilöntää. Onnistunut säilöntä pysäyttää hiivojen ja homeiden kasvun, mikä näkyy niiden pieninä määrinä säilytyssä viljassa.

Tarkasteltaessa murskesäilötyn viljan säilönnän onnistumista, mikrobiologinen laatu ja käymislaatu ovat siihen hyviä mittareita. Viime kädessä viljan laatua ennen sen syöttämistä tulee kuitenkin aina arvioida myös aistinvaraisesti, samoin miten se käyttäytyy ruokinnassa. Tilanäytteiden tulokset osoittavat, että murskevilja voi olla hygieeniseltä laadultaan sekä erinomaista että arveluttavaa.

Arvioitaessa mahdollisen säilönnän epäonnistumisen syitä, asioita on hyvä tarkastella mahdollisimman laaja-alaisesti. Säilöntähetken liittyvät tekijät, kuten viive puinnin ja murskauksen välissä, käytetty säilöntäaine ja sen määrä, viljan kosteuspitoisuus ja säilötyn viljan ilmatiiviys ovat asioita, jotka vaikuttavat säilönnälliseen lopputulokseen. Näitä kaikkia on syytä tarkastella varsinkin tilanteissa, joissa tavoitteena on ratkoa ongelmia tai ylipäätään parantaa säilönnällistä laatua. Säilöntäaineen valinnassa on syytä huomioida viljan kosteus ja varautua jo ennakolta erilaisiin tilanteisiin.

Viitteet

- Fink-Gremmels, J. 1999. Mycotoxins: their implications for human and animal health. *The Veterinary Quarterly* 21: 115–120.
- Fink-Gremmels, J. 2008. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. *The Veterinary Journal* 176: 84–92.
- Franco, M., Stefanski, T., Jalava, T., Kuoppala, K., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2019. Fermentation quality and aerobic stability of low moisture-crimped wheat grains manipulated by organic acid-based additives. *The Journal of Agricultural Science* 157: 245–253.
- Huida, L., Vätäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silage as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215–230.
- Koivunen, E. & Huuskonen, A. 2018. Säilörehun hometoksiinit ja niiden vaikutukset naudoilla. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 19/2018: 23 s.
- Luke 2020. Rehutaulukot. Viitattu 27.2.2020. Saatavilla: <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/cms/rehu/tietoa-rehutaulukoista>.
- Olstorpe M., Schnurer J. & Passoth V. 2010. Microbial changes during storage of moist crimped cereal barley grain under Swedish farm conditions. *Animal Feed Science and Technology* 156, 37–46.
- Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 40: 38–45.
- Scudamore, K.A. & Livesey, C.T. 1998. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77: 1–17.
- Seppälä, A., Heikkilä, T. & Rinne, M. 2015. Ensiling crimped high moisture barley with organic acids or lactic acid bacteria strains. Proceedings of the XVII international silage conference, IV international symposium on forage quality and conservation, July 1-3, 2015, Piracicaba, São Paulo, Brazil / Eds. J.L.P. Daniel, G. Morais, D. Junges and L.G. Nussio. Saatavilla: <http://static.atkft.hu/Dokumentumok/Proceedings2015.pdf>.
- Seppälä, A., Orkola, S., Nysand, M., Mäki, M., Miettinen, H. & Rinne, M. 2016. Puintikostean viljan murskesäilöntä uudistuu tehokkuusvaatimusten myötä. Maataloustieteen Päivät 2016. Saatavilla: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2016/Seppala_ym_2016.pdf.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.

6. Säilöntäaineen levittymistasaisuus murskesäilötyssä viljassa

Katariina Manni¹ ja Arto Huuskonen²

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2C, 31600 Jokioinen

² Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31A, 71750 Maaninka

Tiivistelmä

Mikäli tavoitteena on maksimoida puintityö ja ehkäistä säilötyn viljan jäätymistä, vilja voidaan puida suosituksia kuivempana. Tällöin kuitenkin riskinä on lisääntynyt homeiden kasvu säilönnän kaikissa vaiheissa. Jos säilöntää ei tehdä mahdollisimman nopeasti puinnin jälkeen, myös kuivahko vilja on herkkä lämpenemiselle. Säilöntäaineen levittymistasaisuuden merkitys korostuu, kun murskesäilötävä vilja on kuivahkoa. Tällöin luontainen maitohappokäyminen ei täydennä säilöntäaineen annostelun epätasaisuuksia. Seurauksena riittämätön säilöntäaine voi johtaa viljan homehtumiseen. Mikäli säilöntäaine ei levity säilöttävään rehuun tasaisesti, pilaantumiset voivat ilmetä säännönmukaisina alueina tai juosteina rehun seassa tai epämääräisinä pilaantumispesäkkeinä. Tämän tyyppisiä ongelmia on havaittu viljan murskesäilöntää tekevillä tiloilla, mikä antoi syyn selvittää asiaa tarkemmin. Tilanäytteisiin perustuvassa selvityksessä kartoitettiin säilöntäaineen levittymistasaisuutta.

Säilöntäaineen levittymistasaisuutta tuubiin säilötyssä murskeviljassa tutkittiin kolmen eri tilan viljanäytteistä. Jokaisen tilan murskesäilönnässä käytetty mylly erosi muiden tilojen myllyistä. Vilja säilöttiin muurahaishappopitoisella säilöntäaineella. Näytteenottokertoja oli kolme muutaman viikon aikana. Näytteet otettiin rehukairalla jokaisella kerralla samoista kohdista, joita oli seitsemän. Kustakin näytteestä analysoitiin muurahaishappopitoisuus ja joka näytteenottokerran seitsemän näytteen yhteisnäytteestä kuiva-ainepitoisuus. Analyysit tehtiin pakastetuista näytteistä Luonnonvarakeskuksen (Luke) laboratorioissa Jokioisilla. Muurahappopitoisuuden perusteella tarkasteltiin säilöntäaineen levittymistasaisuutta ja laskettiin säilöntäaineen kulutus.

Kahdella tilalla oli Murskan mylly, yhdellä Rennin mylly. Toisessa Murskan myllyssä oli alkuperäiset asetukset hapottimessa, kun taas toiseen oli jälkikäteen tehty hapon annosteluun liittyviä muutoksia. Murskesäilötyn viljan keskimääräiset tilakohtaiset kosteuspitoisuudet vaihtelivat välillä 22–43 %. Tarkasteltaessa tilakohtaisesti kulloisenkin leikkuupinnan näytteenottokehtien muurahaishappopitoisuuksia, säilöntäaineen levittymistasaisuuksissa havaittiin eroja. Osa eroista oli systemaattisia ja ne näkyivät eri näytteenottokertojen välillä. Suhteutettaessa pienin näytteenottokehtainen säilöntäaineen määrä kaikista näytteenottokohdista laskettuun keskimääräiseen säilöntäaineen määrään, pahimmillaan säilöntäainetta olisi jouduttu käyttämään 54 % tavoitetta enemmän, mikäli halutaan varmistaa, että säilöntäainetta menee jokaiseen kohtaan vähintään tavoiteltu määrä. Tällaisessa tilanteessa kohtuuttomaan säilöntäaineen yliannosteluun ei ole taloudellisessa mielessä järkevää siirtyä, vaan kannattavampaa on parantaa säilöntäaineen levittymistasaisuutta jotta mahdollisilta pilaantumispesäkkeiltä vältetään.

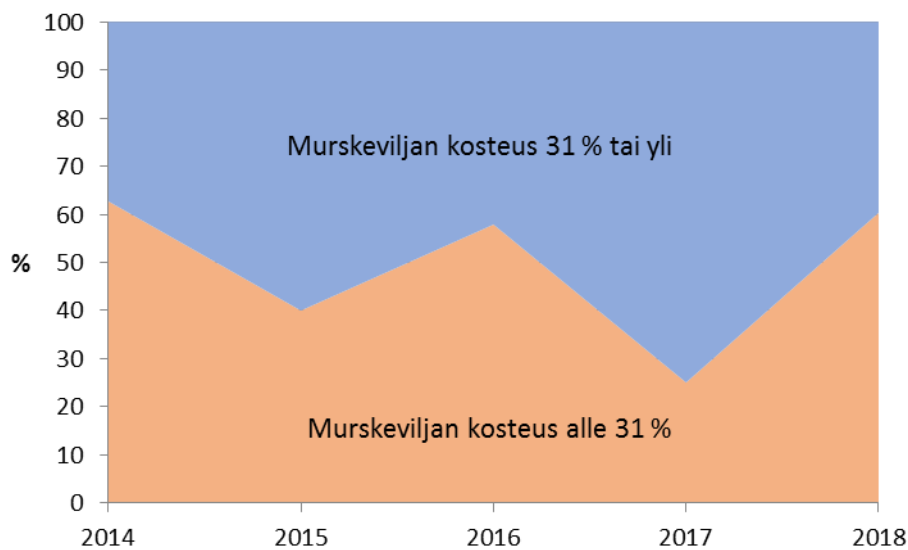
Saatujen tulosten perusteella säilöntäaineen levittymistasaisuus vaihtelee. Tämän vuoksi siihen olisi syytä kiinnittää huomiota. Vaikka säilöntäaineen keskimääräinen käyttömäärä olisi tavoitteen mukainen, säilöntäaineen määrän vaihtelut rehussa saattavat kuitenkin olla suuria, jos säilöntäaineen levittymistasaisuudessa on eroja. Tämä on riski rehun säilönnän onnistumiselle.

Asiasanat: vilja, murskesäilöntä, säilöntäaine, muurahaishappo

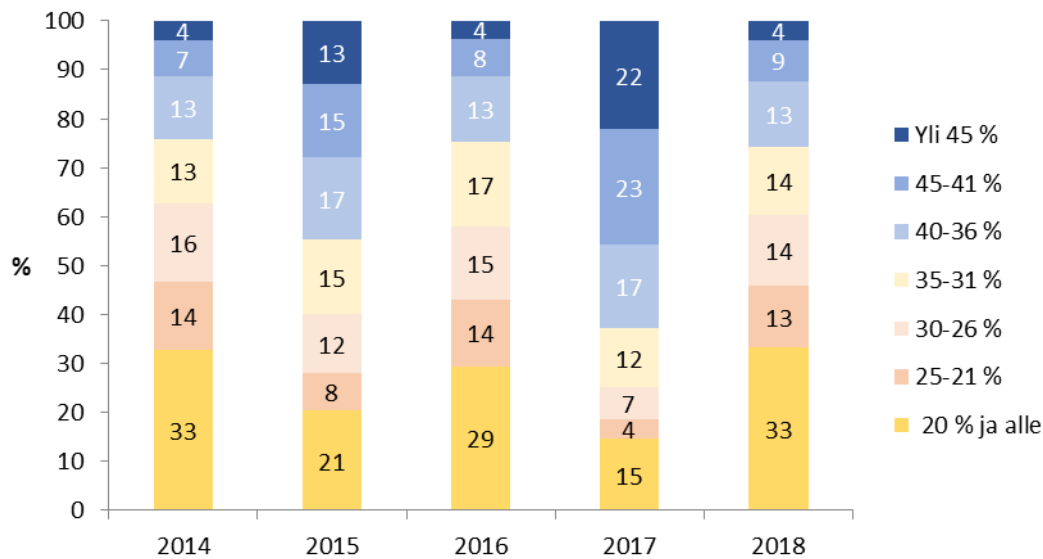
6.1. Johdanto

Mikäli tavoitteena on maksimoida puintityö ja ehkäistä säilötyn viljan jääymistä, vilja voidaan puida suosituksia kuivempana. Jos säät suosivat puintiaikana, viljan puintikosteus saattaa olla hyvinkin matala. Tällöin riskinä on lisääntynyt homeiden kasvu säilönnän kaikissa vaiheissa erityisesti, jos viljan kosteus on alle 30 % (Seppälä ym. 2016). Lisäksi kuivahkon viljan tiivistäminen säilöntävaiheessa vaikeutuu, mikä edelleen lisää homehtumisriskiä. Jo pienenkin ilmamäärän pääsy viljan sekaan varastoinnin aikana saattaa riittää homeiden kasvuun. Mikäli säilöntää ei tehdä mahdollisimman nopeasti puinnin jälkeen, myös kuivahko vilja on herkkä lämpenemiselle. Homeista rehua ei pidä koskaan syöttää eläimille, sillä homeet saattavat tuottaa rehuun eläimille haitallisia mykotoksiineja eli homemyrkyjä (Koivunen ja Huuskonen 2018).

Säilöntäaineen levittymistasaisuuden merkitys korostuu, kun murskesäilöttävä vilja on kuivahkoa. Tällöin luontainen maitohappokäyminen ei täydennä säilöntäaineen annostelun epätasaisuuksia. Seurauksena riittämätön säilöntäaine voi johtaa viljan homehtumiseen. Asian merkitys on korostunut, sillä suosituksia kuivempien tuoreviljojen osuus saattaa joinakin vuosina olla hyvinkin suuri, mikä näkyy Valion analysoimista tuoreviljanäytteistä (Kuvat 1 ja 2). Esimerkiksi vuonna 2018, jolloin kasvukausi oli monin paikoin hyvin kuiva, huomattava osa tuoresäilöttyistä viljanäytteistä oli suosituksia kuivempia.



Kuva 1. Suosituksia kuivempien (kosteus alle 31 %) tuoresäilöttyjen viljojen osuudet Valion analysoimista näytteistä vuosina 2014–2018.

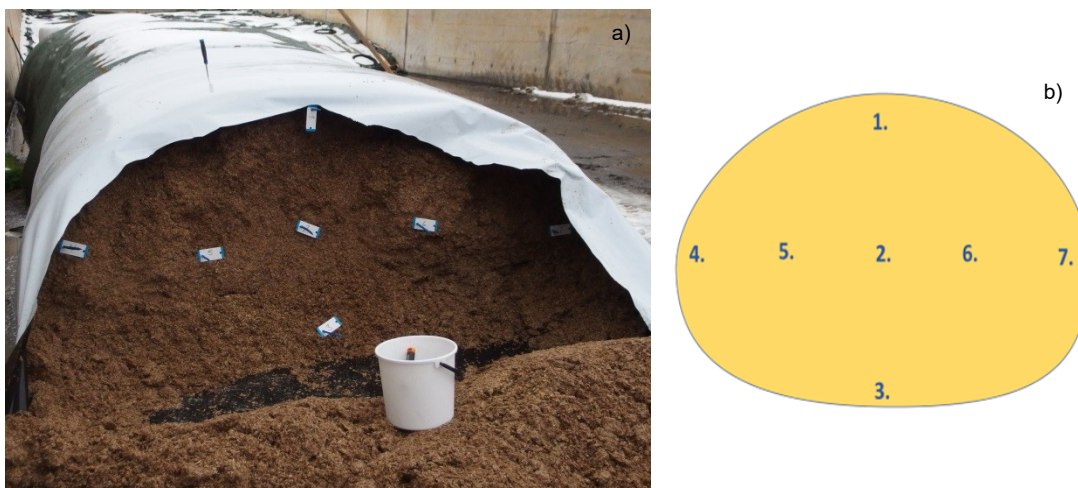


Kuva 2. Tuoresäilöttyjen viljojen kosteuspitoisuuksien jakauma Valion analysoimista näytteistä vuosina 2014–2018.

Mikäli säilöntäaine ei leveyt säilöttävään rehuun tasaisesti, pilaantumiset voivat ilmetä esimerkiksi säännönmukaisina alueina tai juosteina rehun seassa tai epämääräisinä pilaantumispesäkkeinä. Tämäntyyppisiä ongelmia on havaittu viljan murskesäilöntää tekevilla tiloilla, mikä antoi syyn selvittää asiaa tarkemmin. Tilanäytteisiin perustuvassa selvityksessä kartoitettiin mahdollisia eroja säilöntäaineen levittymistasaisuudessa.

6.2. Aineisto ja menetelmät

Säilöntäaineen levittymistasaisuutta tuubiin säilöttyssä murskeviljassa tutkittiin kolmen eri tilan viljanäytteistä. Jokaisen tilan murskesäilönnässä käytetty mylly erosi muiden tilojen myllyistä. Vilja säilöttiin muurahaishappopitoisella säilöntäaineella. Kaikilla tiloilla murskevilja säilöttiin tuubiin ja edellytyksenä oli, että säilöttävä vilja oli tarpeeksi märkää, jotta tuubiin saatiin kunnollinen leikkuupinta eikä vilja lähde näytteenoton jälkeen valumaan (Kuva 3). Näytteenottokertoja oli kolme muutaman viikon aikana. Näytteet otettiin rehukairalla jokaisella kerralla samoista kohdista, joita oli seitsemän (Kuva 3).



Kuva 3. Tuubiin säilötyn murskeviljan seitsemän eri näytteenottokohtaa (a) ja näytteenottokohdat numeroituna (b). Kuva: Luke / Sirpa Lunke.

Kustakin näytteestä analysoitiin muurahaishappopitoisuus (21 näytettä/tila) ja joka näytteenottokerran seitsemän näytteen yhteisnäytteestä kuiva-ainepitoisuus (3 näytettä/tila). Analyysit tehtiin pakastetuista näytteistä Luonnonvarakeskuksen (Luke) laboratorioissa Jokioisilla. Muurahaishappopitoisuuden perusteella tarkasteltiin säilöntäaineen levittymistasaisuutta ja laskettiin säilöntäaineen kulutus.

6.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tiloilla oli käytössä kahden eri valmistajan myllyjä. Kahdella tilalla oli Murskan mylly, yhdellä Rennin mylly. Toisessa Murskan myllyssä oli alkuperäiset asetukset hapottimessa, kun taas toiseen oli jälkikäteen tehty hapon annosteluun liittyviä muutoksia. Säilöntäaineen levittymistasaisuuteen liittyviä tilakohtaisia taustatietoja on koottu Taulukkoon 1.

Taulukko 1. Säilöntäaineen levittymistasaisuuteen liittyviä tilakohtaisia taustatietoja.

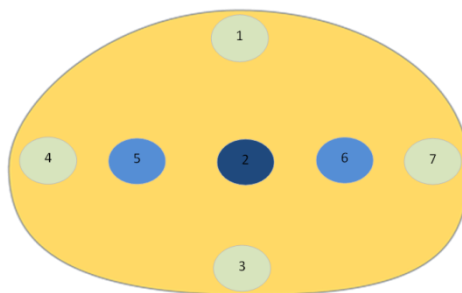
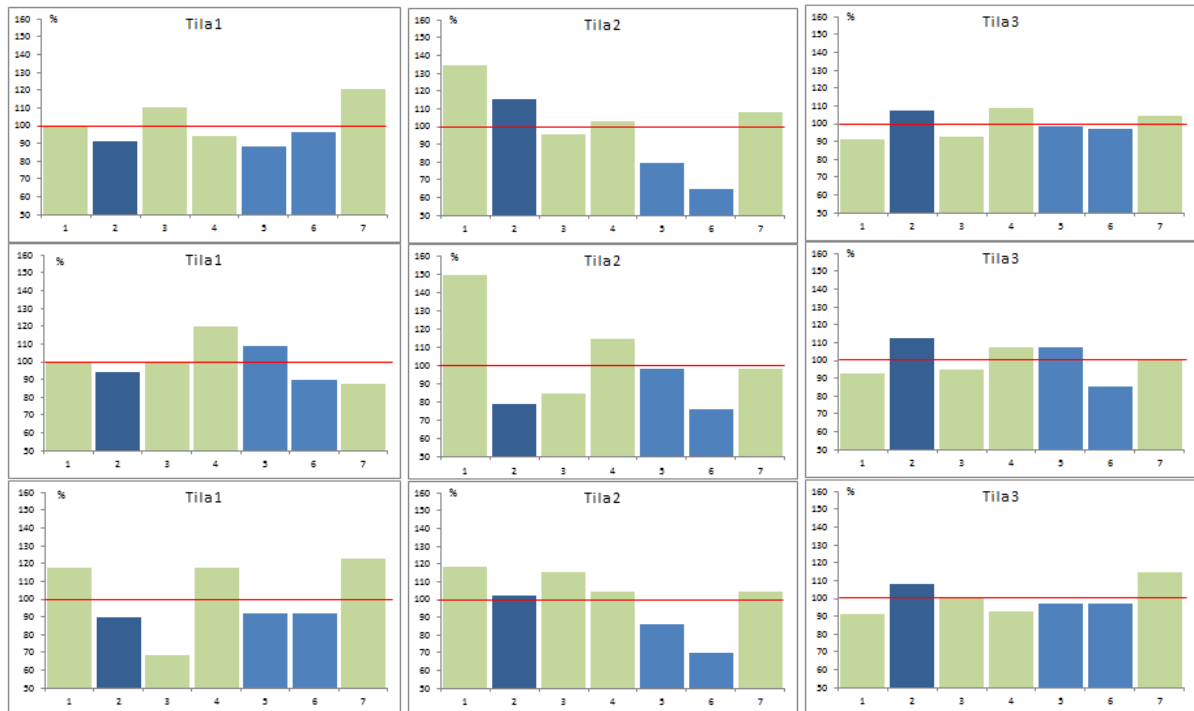
	Tila 1	Tila 2	Tila 3
Mylly	Murska W-max 20C	Murska 2000 S2, tehty muutoksia hapotukseen	Renn Mill
Happosuuttimia, kpl	2	2	2
Vilja	Ohra-, vehnä-kauraseos	Ohra	Vehnä-kaura
Säilöntäaine	Mestarinvahva	AIV Ässä	AIV Ässä ja Propcorn Plus ¹
Säilöntäainetta, l/tn (tavoite)	5	5,5	10
Säilöntä, pvm	11.9.2019	25.9.2019	26.8.2019
Näytteenottopäivä	28.10.2019	19.11.2019	31.10.2019
Viljan kosteus, %	44	38	22
Muurahaishappopitoisuus, %	0,37	0,42	0,70
Näytteenottopäivä	19.11.2019	26.11.2019	6.11.2019
Viljan kosteus, %	44	40	22
Muurahaishappopitoisuus, %	0,47	0,37	0,82
Näytteenottopäivä	26.11.2019	4.12.2019	25.11.2019
Viljan kosteus, %	41	39	23
Muurahaishappopitoisuus, %	0,42	0,37	0,64

¹AIV Ässän osuus 80 % ja Propcorn Plussan 20 %.

Murskesäilötyn viljan keskimääräiset tilojen väliset kosteuspitoisuudet vaihtelivat välillä 22–43 %. Tilakohtaiset kosteuspitoisuudet näytteenottokertojen välillä eivät juurikaan eronneet. Tilalla 1 murskesäilötyn viljan kosteus vaihteli välillä 41–44 %, tilalla 2 vaihteluväli oli 38–40 % ja tilalla 3 vaihteluväli oli 22–23 %. Tilalla 3 säilöntäaineen annostelutavoite oli 10 l/tn johtuen kuivahkosta viljasta jota on hankala tiivistää. Lisäksi kyseisellä tilalla menetelmä ja mylly olivat uusia, eikä viljan säilyvyyden osalta haluttu ottaa mitään riskejä.

Mikäli säilöntäaine levittyy tasaisesti, kussakin leikkauspinnan kohdassa säilöntäaineen annostelun pitäisi optimitapauksessa olla sama. Sen sijaan tuubin eri kohdissa syvyysuunnassa eroa voi olla, koska säätöjä on saatettu muutettaa tai vilja saattaa virrata eri tavalla. Tarkasteltaessa tilakohtaisesti kulloisenkin leikkuupinnan näytteenottokehtien muurahaishappopitoisuuksia, säilöntäaineen levittymistasaisuuksissa havaittiin eroja. Osa eroista oli systemaattisia ja ne näkyivät eri näytteenottokertojen välillä.

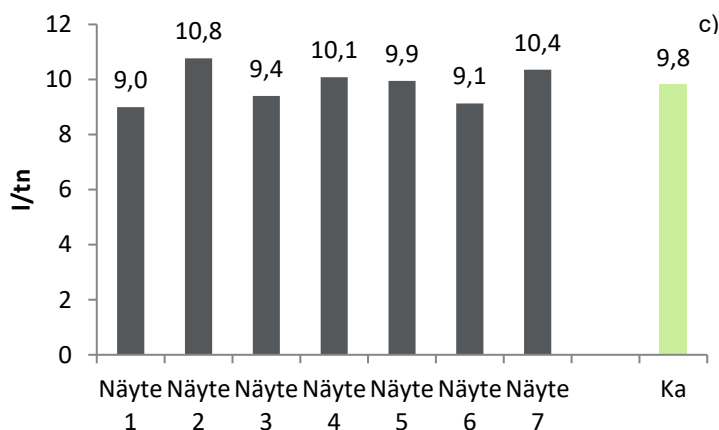
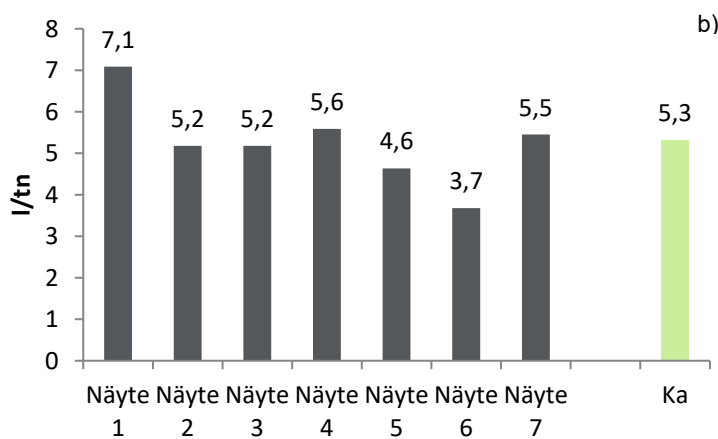
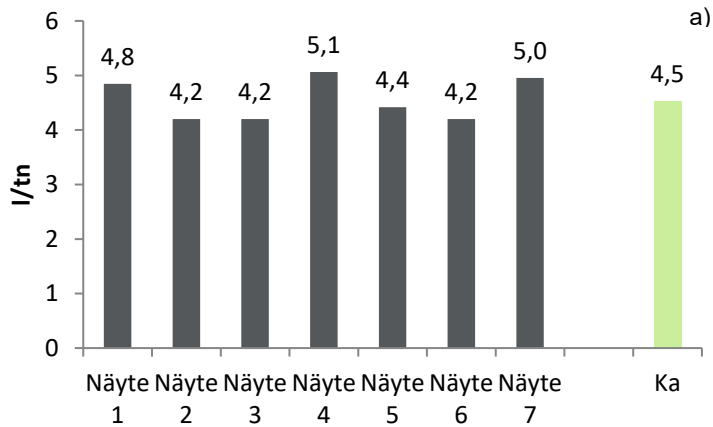
Kuvassa 4 on kaikkien kolmen tilan kunkin näytteenottokerran jokaisen näytteenottopisteen muurahaishappopitoisuudet suhteutettu keskimääräiseen muurahaishappopitoisuuteen. Keskimääräinen muurahaishappopitoisuus laskettiin kunkin näytteenottokerran seitsemän näytteenottokohdan keskiarvona. Lukuarvo 100 % tarkoittaa keskimääräistä säilöntäaineen määrää ja poikkeamat siitä tarkoittavat joko säilöntäaineen ylitystä tai alitusta. Tiloilla 1, 2 ja 3 muurahaishappopitoisuus oli pienimmillään 68, 65 ja 85 % keskimääräisestä. Mikäli halutaan varmistaa, että säilöntäainetta menee jokaiseen kohtaan vähintään tavoiteltu määrä, tilakohtaisesti lasketun suurimman säilöntäaineen alituksen perusteella säilöntäainetta pitää käyttää 46 % tavoitetta enemmän tilalla 1, 54 % tavoitetta enemmän tilalla 2 ja 17 % tavoitetta enemmän tilalla 3.



Kuva 4. Kolmen eri näytteenottokerran tilakohtaiset poikkeamat keskimääräisistä muurahaishappopitoisuuksista (100 %, punainen viiva) seitsemästä näytteenottokohdasta määritettynä.

Muurahaishappopitoisuuksien perusteella tarkasteltuna tilalla 2 oli suurimmat vaihtelut säilöntäaineen levittymistasaisuudessa ja tilalla 3 pienimmät. Tilalla 2 hyvän säilönnällisen laadun varmistamiseksi kohtuuttomaan säilöntäaineen yliannosteluun ei ole taloudellisessa mielessä järkevää siirtyä, vaan kannattavampaa on parantaa säilöntäaineen levittymistasaisuutta jotta mahdollisilta pilaantumispesäkkeiltä vältytään. Erityisesti keskikohdan molemmat puolet (kohdat 5 ja 6) olivat säilöntäaineen levittymistasaisuuden osalta kriittisiä kohtia, sillä niihin säilöntäainetta oli mennyt selkeästi muita kohtia vähemmän.

Sama tulos säilöntäaineen levittymistasaisuudessa näkyi myös kolmen näytteenottokerran näytteenottokohtaisissa keskiarvoissa (Kuva 5). Tulokset on esitetty muurahaishappopitoisuuksien perusteella laskettuina säilöntäainemäärinä, l/tn. Tästä poikkeuksena tilan 3 tulos, joka ei kuvaa kokonaissäilöntäainemäärää, koska AIV Ässä -säilöntäaineen lisäksi tilalla käytettiin propionihappopohjaista säilöntäainetta eikä tätä ole huomioitu.



Kuva 5. Tilojen 1 (a), 2 (b) ja 3 (c) säilöntäaineen levittymistasaisuus näytteenottokohdittain kolmen näytteenottokerran keskiarvona säilöntäaineen määrän perusteella tarkasteltuna. Keskiarvo (ka) on kaikkien tilakohtaisten näytteiden keskiarvo. Tilan 3 (c) säilöntäainemäärässä ei ole huomioitu propionihappopohjaisen säilöntäaineen osuutta.

Riittävä säilöntäaineen määrä ja säilöntäaineen tasainen levittyminen säilöttävän rehun sekaan varmistavat osaltaan säilönnän onnistumista. Saatujen tulosten perusteella säilöntäaineen levittymistasaisuuteen on syytä kiinnittää huomiota. Liiallinen säilöntäaineen käyttö ei ole tarkoituksenmukaista, koska se nostaa rehun tuotantokustannusta. Toisaalta liian vähäinen säilöntäaineen käyttömäärä tulee kalliiksi, jos säilöntä epäonnistuu. Säilönnän epäonnistumisen seurauksia ovat hankalasti eroteltavat homepaakut viljan seassa, viljan lämpenemisherkyys, liiallisesta käymisestä aiheutuva rehun maittavuuden huonontuminen ja pahimmillaan rehun pilaantuminen syöttökelvottomaksi. Nämä kaikki lisäävät rehuntuotannon kustannuksia ja pahimmillaan aiheuttavat tuotannonmenetyksiä. Merkittävä lisäkustannus tulee vielä pilaantuneen rehun poistamisesta. Lisäksi pilaantuneen rehun käsittely altistaa käsittelijän homeille ja pahimmassa tapauksessa seurauksena voi olla sairastuminen.

Vaikka säilöntäaineen levittymistasaisuuksissa oli vaihtelua, silmämääräisesti arvioituna millään tilalla näytteenoton aikana ei oltu havaittu murkesäilötyn viljan pilaantumista. Ainoastaan tilalla 2 oli alkanut tulla pilaantunutta viljaa vastaan tuubin yläosassa syötön edetessä tuubin keskivaiheille, mikä saattoi ainakin osittain johtua säilöntäaineen epätasaisesta levittymisestä.

6.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Murskesäilöntämenetelmän käyttö on vähitellen laajentunut aiempaa kuivemman viljan suuntaan. Iso osa murskesäilöttävästä viljasta säilötään alle 30 %:n kosteudessa, jolloin aerobiset haasteet nousevat päärooliin. Säilöntäaineen levittymistasaisuuden riittämättömyys voi tämän kokeen tulosten valossa olla syy tilatasolla havaittuihin epäonnistumisiin viljan säilönnässä.

Saatujen tulosten perusteella säilöntäaineen levittymistasaisuus vaihtelee ja siihen on syytä kiinnittää huomiota. Pelkkä säilöntäaineen keskimääräinen kulutuksen seuranta ei aina takaa sitä, että säilöntäainetta menee tasaisesti joka puolelle rehua. Tämän vuoksi myös säilöntäaineen levittymistasaisuutta rehun seassa olisi syytä tarkkailla. Vaikka säilöntäaineen keskimääräinen käyttömäärä olisi tavoitteenmukainen, säilöntäaineen määrän vaihtelut rehusa saattavat kuitenkin olla suuria jos säilöntäaineen levittymistasaisuudessa on eroja. Tämä on riski rehun säilönnän onnistumiselle.

Mikäli säilöntäaineen levittymistasaisuus halutaan varmistaa, ensimmäinen vaihe on, että otetaan oppia ohjeistuksista, joita on laadittu säilöntäaineen tasaisen levittymisen varmistamiseksi kokojuvasäilönnässä. Niitä ovat pidempi ruuvi, ruuvin kallistuskulman lisääminen niin että vilja ehtii sekoitua paremmin, suuttimien sijoittelu suhteessa ruuvin kierteisiin siten, etteivät eri suuttimet annostele samaan kohtaan viljavirrassa ja tarvittaessa suuttimien määrän lisääminen. Mitä isompi aerobinen haaste säilönnässä on, sitä tärkeämpää on, että jokainen jyvä saa riittävän määrän säilöntäainetta. Äärimmillään tämä voi tarkoittaa sitä, että säilöntäaine pitäisi annostella erillisessä ruuvissa.

Tällä hetkellä tuottajien ei ole kovin helppoa eikä edullista selvittää säilöntäaineen levittymistasaisuutta. Kaikkia säilöntäaineita ei voida mitata rehusta jälkikäteen. Jos levittymistasaisuutta halutaan selvittää säilöntäaineen sijasta jollain muulla aineella, tulisi sen vastata virtausominaisuuksiltaan (kuten viskositeetti, tiheys) käytettävää säilöntäainetta. Lisäksi aineen tulee olla rehuhyväksytty, jos testiin käytettävä rehu aiotaan syöttää eläimille. Toistaiseksi tällaisia levitystasaisuusmittauksia on tehty lähinnä vain tutkimushankkeissa. Pyrittäessä maataloudessa yhä tarkempaan panoskäyttöön ja hävikkien minimointiin, tämäkin osa-alue tulisi saada hallintaan myös tilatasolla. Ensisijaisesti laitevalmistajien tulisi pystyä osoittamaan, että heidän valmistamillaan laitteilla levitystasaisuus on varmistettu.

Viitteet

- Koivunen, E. & Huuskonen, A. 2018. Säilörehun hometoksiinit ja niiden vaikutukset naudoilla.
Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 19/2018: 23 s.
- Seppälä, A., Orkola, S., Nysand, M., Mäki, M., Miettinen, H. & Rinne, M. 2016. Puintikostean viljan murskesäilöntä uudistuu tehokkuusvaatimusten myötä. Maataloustieteen Päivät 2016.
Saatavilla: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2016/Seppala_ym_2016.pdf.

7. Tuoresäilötty ohra kasvavien nautojen seosrehuruokinnassa

Arto Huuskonen¹ ja Katariina Manni²

¹Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

²Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 2 C, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Tutkimuksessa haluttiin selvittää eri tavoilla tuoresäilötyn ohran tuotantovaikutuksia maitorotuisten sonnien ruokinnassa kuivattuun ohraan verrattuna. Koe suoritettiin Luke Ruukin toimipisteen tutkimuspihatossa, jonne hankittiin 52 kpl holstein- ja 48 kpl Nordic Red -rotuisia sonnivasikoita. Sonnit jaettiin kokeen alussa rodun perusteella neljälle koeruokinnalle, jolloin kullekin ruokinnalle tuli 13 holstein- ja 12 Nordic Red -sonnia (5 karsinaa ja 25 sonnia / koeruokinta).

Ruokintakoetta varten viljelty Brage-ohra korjattiin puimalla ja säilöttiin neljällä eri tavalla: 1) puinti ja kuivaus noin 13 % kosteuspitoisuuteen, 2) puinti noin 30 % kosteuspitoisuudessa, säilöntä muura-haishappopohjaisella säilöntäaineella (AIV 2000 Plus Na), 3) puinti noin 20 % kosteuspitoisuudessa, säilöntä Maxammon-menetelmällä ja 4) puinti noin 20 % kosteuspitoisuudessa, säilöntä propionihappopohjaisella säilöntäaineella (Eastman Stabilizer Crimp). Koekäsittelyn 1 kuivattu ohra varastointiin kokonaisina jyvinä ja litistettiin ennen ruokintaa. Koekäsittelyjen 2–4 ohrat murskesäilöttiin. Murskaus tehtiin Murska 2000 valssimyllyllä, joka oli varustettu baggerilla. Tuoresäilötty viljat varastointiin tuubeissa, joiden halkaisija oli noin 2 metriä. Kukin viljan koekäsittely muodosti oman koeruokintansa. Ruokinta tapahtui seosrehuruokintana perustuen vapaaseen seosrehun saantiin. Kaikilla koekäsittelyillä seosrehussa oli nurmisäilörehua 50 %, ohraa 48,5 % ja kivennäis-vitamiiniseosta 1,5 % rehuannoksen kuiva-aineesta.

Analyysitulosten perusteella kaikki tuoreviljat olivat säilyneet hyvin. Maxammon-menetelmällä säilötty ohra oli selkeästi emäksistä, koska säilöntämenetelmä perustuu säilönnässä muodostuvaan ammoniakkaasuun, joka tyypillisesti nostaa säilöttävän viljan pH:n välille 8–9. Havaitut käymishappojen, etanolin ja ammoniumtyypen määrät olivat kaikilla tuoreviljoilla matalalla tasolla. Myös kokeessa käytetty nurmisäilörehu oli sekä ravitsemukselliselta että säilönnälliseltä laadultaan hyvää.

Ruokintakoe aloitettiin tammikuussa 2019, jolloin sonnit painoivat keskimäärin 381 kg ja olivat 290 vuorokauden ikäisiä. Koe kesti 168 vuorokautta, ja sonnit teurastettiin keskimäärin 458 vuorokauden iässä. Tuoreviljaruokinnalla olleet sonnit söivät kokeen aikana seosrehua keskimäärin 6 % enemmän kuin kuivattua viljaa saaneet sonnit (11,19 vs. 10,57 kg ka/pv), minkä seurauksena myös niiden energian saanti oli suurempaa. Sen sijaan eri tuoreviljaruokintojen välillä ei havaittu eroja rehun syönnissä tai energian saannissa. Tuoreviljaruokinnalla olleiden sonnien päiväkasvu (1410 vs. 1330 g/pv) oli keskimäärin 6 % ja nettokasvu (759 vs. 729 g/pv) 4 % parempi kuin kuivattua viljaa saaneilla sonneilla. Parempi kasvutulos johtui todennäköisesti lisääntyneen rehun syönnin seurauksena tapahtuneesta suuremmasta energian saannista. Eri tavoilla säilöttyjen tuoreviljojen välillä ei havaittu eroja sonnien kasvussa. Ruokintakäsittelyillä ei ollut merkittäviä vaikutuksia ruhon laatuun.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, sonni, ruokinta, ohra, tuoresäilöntä

7.1. Johdanto

Puintikostean viljan tuoresäilöntä säästää energiaa ja pienentää puintityön sääriskiä, kun viljan puinti voidaan aloittaa jo ennen kuivattavaksi tarkoitettun viljan puintiajankohtaa (Palva ym. 2005). Lisäksi säilönnän yhteydessä murskattu vilja on syöttövalmista, eikä erillistä jauhatusta tarvita nautoja ruokittaessa. Murskesäilötyn viljan yksikkökustannukset ovat yleensä kuivattua viljaa selvästi halvempia. Murskesäilöntä menetelmänä on tunnettu jo vuosikymmenien ajan (Jaakkola ym. 2005, Huhtanen ym. 2013). Nautakarjatilojen koon kasvu ja seosrehuruokinnan yleistyminen ovat lisänneet menetelmän käyttöä karjatiloilta. Tämä on luonut menetelmälle myös uusia kehitystarpeita.

Murskesäilönnälle perinteisesti suositeltu viljan kosteus (30–40 %, Huhtanen ym. 2013) ei mahdollista puintityössä optimaalista työsaavutusta. Työteknisistä syistä vilja puidaankin usein suositusta kuivempina. Suositusta kuivemman viljan etuna on myös sen helpompi käsiteltävyys pakkasella. Toisaalta kuivahkon viljan murskesäilöntään liittyy kuitenkin viljan homehtumisen riski, ja säilönnällisen laadun kannalta kostea vilja olisi varmin vaihtoehto. Rehuviljaa entistä edullisemmin -hankkeessa selvitettiin perinteistä suositusta kuivemman tuoreviljan säilöntää ja käyttöä ruokinnassa. Tässä raportoitavassa kokeessa tutkittiin eri tavoilla tuoresäilötyn ohran tuotantovaikutuksia maitorotuisten sonnien ruokinnassa kuivattuun ohraan verrattuna.

7.2. Aineisto ja menetelmät

7.2.1. Koe-eläimet ja kasvatusympäristö

Ruokintakoe suoritettiin Luke Ruukin toimipisteen tutkimuspihatossa, jonne hankittiin vuoden 2018 lopulla 52 kpl holstein- ja 48 kpl Nordic Red -rotuisia sonnivasikoita. Eläimet olivat välikasvatettuja vasikoita, jotka hankittiin A-Tuottajat Oy:n eläinvälityksen kautta. Ruokintakoe aloitettiin tammikuussa 2019. Kokeen alussa sonnit painoivat keskimäärin 381 ($\pm 31,8$) kg ja olivat keskimäärin 290 ($\pm 6,2$) vuorokauden ikäisiä.

Sonnit kasvatettiin viiden eläimen ryhmäkarsinoissa, joiden pituus oli 10 m ja leveys 5 m. Karsinassa oli siten tilaa 10 m² eläintä kohden. Karsina-alue muodostui lantakäytävästä ja kuivitetusta makuualueesta. Makuualueen koko oli 5 × 5 m, jolloin eläintä kohti oli 5 m² kuivitetua makuualluetta. Lantakäytävät tyhjennettiin kokeen aikana keskimäärin kaksi kertaa viikossa, ja samalla lisättiin kuiviketta makuualueelle. Makuualueet tyhjennettiin talvella kahden kuukauden ja kesällä kolmen kuukauden välein. Sonnit jaettiin kokeen alussa rodun perusteella neljälle koeruokinnalle, jolloin kullekin ruokinnalle tuli 13 holstein- ja 12 Nordic Red -sonnia (5 karsinaa ja 25 sonnia / koeruokinta).

7.2.2. Rehut, ruokinta ja koejärjestelyt

Ruokintakokeessa käytetty nurmisäilörehu korjattiin Luke Ruukin toimipisteessä kesällä 2018 timoteinurmesta (lajike Tenho). Kasvustot niitettiin niittomurskaimella (Elho HNM 280 P) ja rehut korjattiin käärivällä paalaimella (Machale Fusion 3) noin 24 h niiton jälkeen. Rehu säilöttiin muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella (AIV ÄSSÄ: valmistaja Eastman Chemical Company), jota käytettiin 5 litraa tonnille tuoretta ruohoa.

Kokeessa käytetty rehuohra (lajike Brage, kylvösiemenmäärä 220 kg/ha) viljeltiin Luke Ruukin toimipisteen ja kumppanuustilojen pelloilla. Ruokintakoetta varten ohra korjattiin puimalla ja säilöttiin neljällä eri tavalla, yksi käsittely kuivaamalla ja kolme käsittelyä murskesäilötyinä eri säilöntäaineita käyttäen:

1. Puinti ja kuivaus noin 13 % kosteuspitoisuuteen. Koekäsittelyn lyhenne: KV.
2. Puinti noin 30 % kosteuspitoisuudessa, tuoresäilöntä muurahaispohjaisella säilöntäaineella (AIV 2000 Plus Na, Eastman Chemical Company), jota käytettiin 5 litraa tonnille tuoreviljaa. Koekäsittelyn lyhenne: MHV.
3. Puinti noin 20 % kosteuspitoisuudessa, tuoresäilöntä Maxammon-menetelmällä, jossa 5 kg Maxammon-tuotetta ja 15 kg rehu-ureaa sekoitettiin tonniin tuoreviljaa. Koekäsittelyn lyhenne: MAV.
4. Puinti noin 20 % kosteuspitoisuudessa, tuoresäilöntä propionihappopohjaisella säilöntäaineella (Eastman Stabilizer Crimp, Eastman Chemical Company), jota käytettiin 5 litraa tonnille tuoreviljaa. Koekäsittelyn lyhenne PHV.

Koekäsittelyn 1 kuivattu ohra varastoitettiin kokonaisina jyvinä ja litistettiin ennen ruokintaa. Koekäsittelyjen 2–4 ohrat murskesäilöttiin. Murskaus tehtiin Murska 2000 valssimyllyllä, joka oli varustettu baggerilla. Tuoresäilötyt viljat varastointiin tuubeissa, joiden halkaisija oli noin 2 metriä. Muurahais- ja propionihappopohjaiset säilöntäaineet lisättiin viljaan murskauksen yhteydessä. Maxammon-käsittelyssä Maxammon-tuote ja rehu-urea sekoitettiin viljaan seosrehuvaunussa ennen murskauskäsittelyä.

Kukin viljan säilöntäkäsittely (KV, MHV, MAV, PHV) muodosti oman koeruokintansa. Ruokinta tapahtui seosrehuruokintana perustuen vapaaseen seosrehun saantiin. Kaikilla koekäsittelyillä seosrehussa oli nurmisäilörehua 50 %, ohraa 48,5 % ja kivennäis-vitamiiniseosta 1,5 % rehuannoksen kuiva-aineesta. Seosrehut valmistettiin seosrehuvaunulla (Trioliet, 10 m³), josta rehu jaettiin ruokintakaukaloihin (GrowSafe Systems). Jokaisessa karsinassa oli kaksi ruokintakaukaloa, jotka mahdollistivat yksilökohtaisen rehun kulutuksen seurannan (eläinten automaattinen tunnistus elektronisten korvamerkkien kautta).

7.2.3. Rehunäytteiden otto ja analysointi

Seosrehuja tehtäessä ohrista ja säilörehusta otettiin näytteitä, jotka pakastettiin ja yhdistettiin jokaisen ruokintajakson (28 vrk) analyysinäytteeksi. Rehuista analysoitiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, neutraalidetergenttikuitu (NDF), raakasva ja tärkkelys Luken laboratoriossa Jokioissa. Primäärinen kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (105 °C, 20 h). Kuiva-aine korjattiin Huidan ym. (1986) kuvaamalla menetelmällä haihtuvien yhdisteiden (maitohappo, haihtuvat rasvahapot ja ammoniakki) osalta. Orgaanisen aineen pitoisuus saatiin polttamalla näytettä (600 °C, 2 h) ja vähentämällä saadun tuhkan määrä kuiva-aineen määrästä. NDF määritettiin Van Soestin ym. (1991) kuvaamalla tavalla. Raakavalkuaisen määrittämisessä käytettiin Dumas-tyypin typpianalysointia (Leco FP-428 N Analyser, Leco Corporation, St. Joseph, MO, USA). Raakasva analysoitiin AOAC:n (1990) mukaisesti ja tärkkelys Salon ja Salmen (1968) kuvaamalla tavalla.

Tuoresäilötyjen viljojen ja säilörehun käymislaatu (pH, ammoniumtyppi, vesiliukoiset hiilihydraatit, haihtuvat rasvahapot, etanoli sekä maito- ja muurahaispappo) analysoitiin Luken laboratoriossa Francon ym. (2019) julkaisussa kuvatuin menetelmin. Säilörehun D-arvo (sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa) määritettiin Huhtasen ym. (2006) mukaisesti. Rehujen energia- ja valkuaisarvot laskettiin Luken (2020) kuvaamalla tavalla. Säilörehun syönti-indeksi laskettiin Huhtasen ym. (2007) esittämällä tavalla.

7.2.4. Eläinten punnitus ja teurastus

Sonnien kasvua seurattiin punnitsemalla eläimet kahtena peräkkäisenä päivänä kokeen alussa ja lopussa. Punnitustuloksena käytettiin kahden punnituskerran keskiarvoa. Sonnien elopainon kasvu (päiväkasvu) laskettiin loppuelopainon ja kokeen alun elopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Sonnit teurastettiin yhdessä teuraserässä Atria Oy:n Kauhajoen teurastamossa.

Teurastus tapahtui yleisten teurastuskäytäntöjen mukaan (EC 2006). Nettokasvu laskettiin teuraspainon ja kokeen alun ruhopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Ruhopainona kokeen alussa käytettiin arviota elopaino $\times 0,50$. Teurasprosentti saatiin jakamalla eläimen ruhopaino kokeen lopun elopainolla ja kertomalla sadalla. Ruhon lihakkuus määriteltiin EUROP-luokituksella, jossa E tarkoittaa lihakkuudeltaan erinomaista ja P lihakkuudeltaan heikkoa ruhoa. Luokkia oli kaiken kaikkiaan 15 (E+, E, E-, U+, U, U-, R+, R, R-, O+, O, O-, P+, P, P-). Tilastollista käsittelyä varten luokat numeroitiin numeroilla 1–15. Rasvaluokitus tehtiin asteikolla 1–15, jossa 1 tarkoittaa rasvatonta ja 15 erittäin rasvaista ruhoa (EC 2006).

7.2.5. Tilastollinen analyysi

Tulosten tilastollinen käsittely tehtiin SAS-ohjelmiston (versio 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) GLM-proseduurilla. Tuloksia testattaessa käytettiin seuraavaa tilastollista mallia: $y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \theta_{ij} + \beta_{xijk} + e_{ijkl}$. Koemallissa μ on yleiskeskisarvo ja e_{ijkl} on virhetermi. α_i on ruokintakäsittelyn (KV, MHV, MAV, PHV) vaikutus, γ_j rodun (Nordic Red, Holstein) vaikutus ja θ_{ij} karsinan satunnaisvaikutus. Eläinten elopainoa kokeen alussa käytettiin mallissa kovariaattina (β_{xijk}).

Koekäsittelyjen väliset tilastolliset erot testattiin ortogonaalisilla kontrasteilla:

- 1) Kuivattu vilja (KV) vs. tuoreviljat (MHV, MAV, PHV)
- 2) Kosteaa tuorevilja (MHV) vs. kuivahkot tuoreviljat (MAV, PHV)
- 3) Maxammon-käsittelyllä säilötty kuivahko tuorevilja (MAV) vs. Eastman Stabilizer Crimpillä säilötty kuivahko tuorevilja (PHV)

7.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Koerehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot on esitetty Taulukossa 1. Ohran kuiva-ainepitoisuudet olivat analyysitulosten perusteella koesuunnitelman mukaisella tavoitetasolla. Tuoresäilöttyjen ohrien raakavalkuaispitoisuudet olivat kuivattua ohraa korkeammat. Lisäksi Maxammon-menetelmällä säilötyn ohran raakavalkuaispitoisuus sekä PVT-arvo olivat odotusten mukaisesti muita koekäsittelyjä korkeammat. Kuitupitoisuudessa ei ollut eroa eri tavoin säilöttyjen ohrien välillä, mutta kuivatun ohran tärkkelyspitoisuus oli jonkin verran suurempi kuin muilla koekäsittelyillä (Taulukko 1). Kokeessa käytetty nurmisäilörehu oli rehuarvoltaan tavoiteltavalla tasolla D-arvon ollessa kokeen aikana keskimäärin 689 g/kg ka ja syönti-indeksi oli 110.

Taulukko 1. Koerehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

	Säilörehu	KV	MHV	MAV	PHV
Näytämäärä, kpl	6	6	6	6	6
Kuiva-aine, g/kg	400	874	708	799	822
Tuhka, g/kg ka	70	25	29	32	27
Raakavalkuainen, g/kg ka	119	126	145	178	141
Kuitu, g/kg ka	507	208	207	204	206
Tärkkelys, g/kg ka	9	550	493	500	495
Raakarasva, g/kg ka	36	17	19	19	19
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	11,0	13,1	13,0	12,8	13,0
D-arvo, g/kg ka	689				
OIV, g/kg ka	84	98	100	105	100
PVT, g/kg ka	-6	-20	-5	23	-8
Säilörehun syönti-indeksi	110				

KV = kuivattu ohra, MHV = muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella säilötty murskevilja, MAV = Maxammonmenetelmällä säilötty murskevilja, PHV = propionihappopohjaisella säilöntäaineella säilötty murskevilja.

Tuoresäilöttyjen viljojen säilönnällinen laatu käy ilmi taulukosta 2. Analyysitulosten perusteella kaikki koekäsittelyt olivat säilyneet hyvin. Maxammonmenetelmällä säilötty ohra oli selkeästi emäksistä, koska säilöntämenetelmä perustuu säilönnässä muodostuvaan ammoniakkikaasuun, joka tyypillisesti nostaa säilöttävän viljan pH:n välille 8–9. Havaitut käymishappojen, etanolin ja ammoniumtyypen määrät olivat kaikilla koekäsittelyillä matalalla tasolla (Taulukko 2). Maxammonmenetelmällä säilötyn ohran ammoniumtyyppipitoisuus oli ammoniakkikaasuun perustuvasta säilöntämenetelmästä johtuen muita murskeviljoja korkeampi, eikä siten kuvaa säilönnällistä laatua. Kokeessa käytetty nurmisäilörehu oli säilönnälliseltä laadultaan hyvää (pH 4,55, haihtuvat rasvahapot 7 g/kg ka, sokerit 161 g/kg ka ja ammoniumtyppi 36 g/kg kokonaistyppeä).

Taulukko 2. Kokeessa käytettyjen murskeviljojen säilönnällinen laatu.

	MHV	MAV	PHV
Näytemäärä	6	6	6
pH	5,57	8,72	5,40
Etikkahappo, g/kg ka	1,24	3,95	1,39
Propionihappo, g/kg ka	0,62	0,12	4,80
Voihappo, g/kg ka	0,01	0,01	0,01
Valeriaanahappo, g/kg ka	0,01	0,00	0,00
Isovaleriaanahappo, g/kg ka	0,02	0,04	0,01
Isovoihappo, g/kg ka	0,01	0,01	0,00
Kapronihappo, g/kg ka	0,00	0,02	0,01
Muurahaishappo, g/kg ka	2,33	0,00	0,00
Maitohappo, g/kg ka	2,29	0,39	1,31
Etanoli, g/kg ka	1,55	0,03	0,71
Sokerit, g/kg ka	33	18	24
Ammonium N, g/kg N	12,9	165,0	17,7

MHV = muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella säilötty murskevilja, MAV = Maxammon-menetelmällä säilötty murskevilja, PHV = propionihappopohjaisella säilöntäaineella säilötty murskevilja. Maxammon-menetelmällä ammonium-N on osittain peräisin säilöntämenetelmästä eikä siten kuvaa säilönnällistä laatua.

Taulukossa 3 esitetään kokeessa käytettyjen koeruokintojen laskennalliset koostumukset. Eri tavoin säilöttyjen viljojen väliset koostumuserot näkyivät seosrehujen koostumuksessa siten, että Maxammon-menetelmällä säilöttyä viljaa sisältävän seoksen raakavalkuaispitoisuus ja PVT-arvo olivat muita ruokintoja suuremmat. Koeaineistojen perusteella on havaittu, että jo 110–120 grammaa kilossa kuiva-ainetta on riittävä dieetin raakavalkuaispitoisuus kasvaville naudoille energian saannin ollessa riittävää (Huuskonen ym. 2014). Tämä tarkoittaa, että PVT-suosituksen alarajan voisi turvallisesti pudottaa arvoon -20 g/kg ka ilman negatiivista vaikutusta kasvuun (Huuskonen ym. 2014). Tämän perusteella voidaan arvioida, että dieetin PVT-arvo oli kaikilla ruokinnoilla riittävällä tasolla.

Taulukko 3. Kokeessa käytettyjen seosrehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

	KV	MHV	MAV	PHV
Kuiva-aine, g/kg	549	511	533	538
Tuhka, g/kg ka	47	49	51	48
Raakavalkuainen, g/kg ka	123	132	149	130
Kuitu, g/kg ka	358	357	356	357
Tärkkelys, g/kg ka	280	251	255	252
Raakarvasva, g/kg ka	27	28	28	28
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	12,1	12,0	11,9	12,0
OIV, g/kg ka	91	92	95	92
PVT, g/kg ka	-13	-6	9	-7

KV = kuivattu ohra, MHV = muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella säilötty murskevilja, MAV = Maxammon-menetelmällä säilötty murskevilja, PHV = propionihappopohjaisella säilöntäaineella säilötty murskevilja.

Ruokintakoe kesti 168 vuorokautta ja sonnit teurastettiin kesäkuussa 2019 keskimäärin 458 vuorokauden iässä (Taulukko 4). Tuoreviljaruokinnolla olleet sonnit söivät kokeen aikana seosrehua keskimäärin 6 % enemmän kuin kuivattua viljaa saaneet sonnit (11,19 vs. 10,57 kg ka/pv), minkä seurauksena myös niiden energian saanti oli suurempaa. Sen sijaan eri tuoreviljaruokintojen välillä ei havaittu eroja rehun syönnissä tai energian saannissa. Eri tavoin säilöttyjen viljojen väliset valkuaispitoisuuksien erot näkyivät sonnien raakavalkuaisen saannissa, joka oli suurinta Maxammonmenetelmällä säilöttyä viljaa saaneilla sonneilla.

Sonnien elopainon kasvu kokeen aikana oli keskimäärin 1389 g/pv ja nettokasvu 752 g/pv. Tuoreviljaruokinnolla olleiden sonnien päiväkasvu oli keskimäärin 6 % ja nettokasvu 4 % parempi kuin kuivattua viljaa saaneilla sonneilla. Parempi kasvutulos johtui todennäköisesti lisääntyneen rehun syönnin seurauksena tapahtuneesta suuremmasta energian saannista, sillä Huuskosen ja Huhtasen (2015) meta-analyysin perusteella energian saanti on tärkein yksittäinen lihanautojen kasvuun vaikuttava ruokinnallinen tekijä. Tässä raportoitavan kokeen tulokset poikkeavat joistakin aikaisemmista tutkimuksista, joissa kasvavien nautojen syönnissä ja kasvussa ei ole havaittu merkitseviä eroja kuivatun ja tuoresäilötyn viljan välillä (Flipot ja Pelletier 1980, Huhtanen 1984, Kennelly ym. 1988). Tosin esimerkiksi Flipotin ja Pelletierin (1980) raportoimassa kokeessa tuoresäilöttyä ohraa saaneiden härkien rehun syönti oli numeerisesti selvästi suurempaa kuin kuivatulla ohrala ruokituilla härillä, vaikka ero ei muodostunutkaan tilastollisesti merkitseväksi.

Eri tuoreviljaruokintojen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kasvutuloksissa (Taulukko 4). Kasvukilogrammaa kohden kulutetuissa kuiva-aine- ja energiamäärissä ei ollut eroa koeruokintojen välillä. Ruokinnan valkuaispitoisuuden lisääntyminen heikensi valkuaisen hyväksikäyttöä. Tehokainta valkuaisen hyväksikäyttö oli kuivattua viljaa saaneilla sonneilla, joilla raakavalkuaispitoisuuden saanti oli pienin.

Sonnien teuraspaino oli keskimäärin 317 kg, teurasprosentti 516 g/kg, ruhon lihakkuusluokka 4,9 ja ruhon rasvaisuusluokka 4,8. Ruokintäkäsittelyillä ei ollut merkittäviä vaikutuksia ruhon laatuun. Myöskään Flipot ja Pelletier (1980), Huhtanen (1984) ja Kennelly ym. (1988) eivät havainneet merkitseviä eroja kasvavien nautojen ruhon laadussa kuivattua ja tuoresäilöttyä ohraa saaneiden ryhmien välillä.

Taulukko 4. Sonnien rehun syönti sekä kasvu- ja teurastulokset.

	Ruokinta				SEM	Ortogonaaliset kontrastit (P-arvot)		
	KV	MHV	MAV	PHV		1	2	3
Sonnien lukumäärä	25	24	24	25				
Kokeen kesto, pv	168	168	168	168				
Elopaino alussa, kg	381	379	371	393				
Elpaino lopussa, kg	604	615	622	616	5,1	0,022	0,517	0,450
Teurasikä, pv	457	458	460	458	1,2	0,246	0,289	0,164
Syönti, kg ka/pv	10,57	11,18	11,44	10,95	0,231	0,018	0,969	0,143
Energian saanti, MJ/pv	128	134	136	132	2,8	0,036	0,942	0,253
Raakavalkuaisen saanti, kg/pv	1,30	1,47	1,70	1,43	0,031	<0,001	0,019	<0,001
Elopainon kasvu, g/pv	1330	1394	1434	1401	30,4	0,022	0,517	0,450
Nettokasvu, g/pv	729	756	756	766	16,3	0,095	0,795	0,660
Rehun hyväksikäyttö								
kg ka/päiväkasvu-kg	8,01	8,11	8,08	7,88	0,208	0,941	0,595	0,506
MJ/päiväkasvu-kg	97	98	96	95	2,5	0,877	0,534	0,682
kg raakavalkuaista/päiväkasvu-kg	982	1070	1202	1027	28,1	<0,001	0,190	<0,001
Ruhon laatu								
Teuraspaino, kg	313	318	318	319	2,7	0,095	0,795	0,660
Teurasprosentti, g/kg	518	516	510	518	3,0	0,401	0,528	0,074
Lihakkuus, EUROP (1-15)	4,8	4,9	4,9	4,9	0,07	0,169	0,816	0,566
Rasvaisuus, EUROP (1-15)	4,7	5,0	4,6	4,8	0,14	0,587	0,085	0,332

Ruokinnat: KV = Kuivattu ohra, MHV = muurahaishappopohjaisella säilöntäaineella säilötty murskevilja, MAV = Maxammon- menetelmällä säilötty murskevilja, PHV = propionihappopohjaisella säilöntäaineella säilötty murskevilja. Kontrastit: 1=Kuivattu ohra (KV) vs. murskeviljat (MHV, MAV, PHV), 2=kostea murskevilja (MHV) vs. kuuvahkot murskeviljat (MAV, PHV), 3=Maxammon menetelmällä säilötty kuivahko murskevilja (MAV) vs. propionihappopohjaisella säilöntäaineella säilötty kuivahko murskevilja (PHV).

7.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Rehuviljan säilöntä puintikosteana on edullinen ja nopea tapa säilöä viljaa. Aikainen korjuu kuivattavaan viljaan verrattuna pienentää myös sadonkorjuun sääriskiä. Kosteaa viljaa sopii erityisesti seosrehuruokintaan tuoden seokseen kosteutta. Kun rehuviljan säilönnässä onnistutaan tavoitteiden mukaisesti, erilaisilla säilöntätavoilla ei pitäisi olla vaikutusta rehuarvoon. Näin ollen viljan säilöntätavan valinta voidaan tehdä muilla kuin ruokinnallisilla perusteilla.

Tuoresäilöttyä viljaa maistaa yleensä hyvin naudoille. Tässä kokeessa havaittiin, että tuoreviljaruokinnalla olleet sonnit söivät enemmän seosrehua kuin kuivattua viljaa saaneet sonnit, minkä seurauksena myös niiden energian saanti oli suurempaa. Tämän seurauksena tuoreviljaruokinnalla olleiden sonnien kasvutulokset olivat hieman paremmat kuin kuivattua viljaa saaneilla sonneilla. Eri tavoilla säilöttyjen tuoreviljojen välillä ei tässä kokeessa havaittu merkittäviä eroja sonnien rehun syönnissä, kasvussa tai teurastuloksissa.

Viitteet

- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA. 1298 s.
- EC 2006. Council Regulation (EC) No 1183/2006 of 24 July 2006 concerning the Community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. The Official Journal of the European Union L214: 1–6.
- Flipot, P. & Pelletier, G. 1980. Influence of methods of conservation on feeding value of high moisture barley fed to dairy steers. *Canadian Journal of Animal Science* 60: 939–943.
- Franco, M., Stefanski, T., Jalava, T., Kuoppala, K., Huuskonen, A. & Rinne, M. 2019. Fermentation quality and aerobic stability of low moisture-crimped wheat grains manipulated by organic acid-based additives. *The Journal of Agricultural Science* 157: 245–253.
- Huhtanen, P. 1984. Wood molasses as a preservative for high moisture barley. 3. Feeding value for growing cattle. *Journal of Agricultural Science in Finland* 56: 275–282.
- Huhtanen, P., Jaakkola, S. & Nousiainen, J. 2013. An overview of silage research in Finland: from ensiling innovation to advances in dairy cow feeding. *Agricultural and Food Science* 22: 35–56.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293–323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows; a revision of the relative silage dry matter intake index. *Animal* 1: 758–770.
- Huida, L., Väättäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silage as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215–230.
- Huuskonen, A. & Huhtanen, P. 2015. The development of a model to predict weight gain of growing cattle fed grass silage-based diets. *Animal* 9: 1329–1340.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Kangasniemi, R. 2005. Ensiled high moisture barley or dry barley in the grass silage-based diet of dairy cows. Teoksessa: Park, R.S. & Stronge, M.D. (toim.). *Silage production and utilisation: Proceedings of the XIVth International Silage Conference, a satellite workshop of the XXth International Grassland Congress, July 2005, Belfast, Northern Ireland*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. s. 184.
- Kennelly, J.J., Mathison, G.W. & deBoer, G. 1988. Influence of high moisture barley on the performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 68: 811–820.
- Luke 2020. Feed Tables and Nutrient Requirements. Natural Resources Institute Finland (Luke), Helsinki, Finland. <http://www.luke.fi/feedtables>.
- McCartney, D.H. & Vaage, A.S. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. *Canadian Journal Animal Science* 74: 91–96.
- Palva, R., Jaakkola, S., Siljander-Rasi, H., Valaja, J., Root, T. & Peltonen, S. 2005. Viljan tuoresäilöntä. Teoksessa: Palva, R., Kirkkari, A.-M. & Teräväinen, H. (toim.). *Viljasadon käsittely ja käyttö*. ProAgria Maaseutukeskusten Liitto. *Tieto Tuottamaan* 108: 55–66.
- Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 40: 38–45.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.

8. Viljojen hometoksiinit

Timo Lötjönen

Luonnonvarakeskus (Luke), Paavo Havaksentie 3, 90570 Oulu

Tiivistelmä

Fusarium-homesienten eli punahomeiden yleistymisen ja kohonneet hometoksiinipitoisuudet heikentävät merkittävästi viljan laatua. Toksiinit ovat homesienten aineenvaihduntatuotteita, joiden muodostumisen laukaisevat erilaiset ympäristötekijät joko pellolla tai varastossa. Hometoksiinien määrään vaikuttavat kasvukauden sää ja kasvustojen kehitys. Monipuolinen viljelykierto ja aikaiset, laonkestävät lajikkeet ovat keinoja ennalta ehkäistä hometoksiinien riskiä. Koska murskesäilönnässä vilja puidaan ennen tuleentumista, on mahdollista, että hometoksiineja ei ehdi muodostua yhtä paljon kuin kuivattavaksi puitavassa viljakasvustossa. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, onko kasvuston kehitysasteella vaikutusta hometoksiinien määriin. Tutkittavaksi viljaksi valittiin kaura, koska kauralla ilmiön oletettiin näkyvän parhaiten.

Kauranäytteitä kerättiin 10 Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevalta tilalta syksyinä 2017–2018. Näytteenotto aloitettiin kauran taikinatuulentumisvaiheessa ja näytteitä kerättiin noin 1,5 viikon välein lähelle puintiajankohtaa. Jokaiselta tilalta otettiin kaksi lohkoa/lohkon osaa näytteenottoon. Jokaiselta lohkolta kerättiin 100 röyhyä joka kerralla samalta näytteenottoreitiltä.

Vuonna 2017 viljat valmistuivat hitaasti. Pääsääntöisesti näytti sille, että *F. graminearum*-sienen yleisyys kasvoi syksyn edetessä ensimmäisestä näytteenottokerrasta ainakin toiseksi viimeiseen kertaan. Lohkoilla, joilla *F. graminearum*-sientä oli paljon, oli myös korkeammat DON-pitoisuudet. Myös DON-pitoisuudet nousivat kasvukauden edetessä. T-2 ja HT-2-toksiinien yhteispitoisuudet olivat pieniä. Korkeita DON-arvoja tietyillä lohkoilla saattoi selittää heinä- ja elokuun kostea sää ja samanaikaisesti DONille herkkä kauralajike. Vaikka esikasvin merkitys ei aina ole täysin selvä, kauran monokulttuurin on kuitenkin todettu olevan riski korkeille DON-pitoisuuksille. Tämä havaittiin myös tämän tutkimuksen tuloksissa. Luomuviljelyn on ajateltu olevan pienempi riski *Fusarium*-tartunnoille tavanomaiseen viljelyyn verrattuna. Tämä saattaa johtua pakollisesta viljelykierrosta, jossa tulee olla myös nurmia. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset tukivat tätä näkemystä, sillä varsinkin niillä luomutiloilla, joilla oli pitkäikäisiä nurmia, DON-pitoisuudet olivat pieniä.

Vuosi 2018 oli lämmin ja kuiva. Koska heinäkuun sää ei ollut kostea, seurauksena *F. graminearum*-sienen yleisyys jäi koepelloilla hyvin pieneksi. Tulosten perusteella todettiin, että jos röyhyn infektoimista ei ole tapahtunut kauran kukinnan aikaan, niin sienet eivät röyhyyn myöhemminkään merkittävässä määrin tule. Kahden tilan lohkoilla oli melko runsaasti juolavehnää. Tämä saattaa osaksi selittää sitä, miksi ainakin osalla näytteenottokerroista näillä lohkoilla havaittiin kohonneita *F. graminearum* -pitoisuuksia. Runsa juolavehnekasvusto pitää viljakasvuston pitkään kosteana aamuisin ja sateen jälkeen, mikä altistaa sieni-infektioille.

Tiloilta otettujen kauranäytteiden perusteella näyttää sille, että punahometta aiheuttavien *Fusarium*-sienten ja niiden muodostamien toksiinien pitoisuudet lisääntyvät kasvustossa syksyn edetessä. Edellytyksenä kuitenkin on kostea sää kauran kukinnan aikaan ja puintia edeltävänä aikana. Punahome- ja toksiiniongelmien taustalla vaikuttaa lukuisa joukko eri tekijöitä. Pienestä tilamäärästä johtuen tässä tutkimuksessa eri tekijöille ei löydetty selkeitä syy-seurausyhteyksiä säätekijää lukuun ottamatta.

Asiasanat: vilja, kaura, *fusarium*, punahome, hometoksiini, sääolot

8.1. Johdanto

Fusarium-homesientien eli punahomeiden yleistymisen ja kohonneet hometoksiinipitoisuudet heikentävät merkittävästi viljan laatua. *Fusarium*-sienten lajikirjo on kasvanut ja hometoksiinien esiintyminen viljoissa on selvästi lisääntynyt 2000-luvulla (Hietaniemi 2016). Hometoksiinit ovat terveysriski ihmisille ja eläimille. Toksiinit ovat homesientien aineenvaihduntatuotteita, joiden muodostumisen laukaisevat erilaiset ympäristötekijät joko pellolla tai varastossa. Viljassa hometoksiineja saattaa muodostua joskus jo heinäkuussa kasvukauden säästä ja kasvustojen kehityksestä riippuen. Useimmin hometoksiineja löytyy kuitenkin vähän tätä myöhemmin, mutta puintiin mennessä määrät saattavat olla jo suuria.

Kun vilja puidaan murskesäilöntää varten aikaisemmin kuin perinteinen kuivattava vilja, voi olla mahdollista, että hometoksiineja ei ehdi muodostua yhtä paljon, kuin kuivattavaksi puitavassa viljakasvustossa. Tämän hankeosion tavoitteena oli selvittää, pitääkö esitetty teoria paikkansa. Hometoksiineja esiintyy kaikissa viljoissa, mutta eniten ja suurimpina pitoisuuksina kaurassa. Vaikka kaura ei ole rehuviljana yhtä merkittävä kuin ohra, tässä hankkeessa päätettiin keskittyä kauran hometoksiinien seurantaan, koska kauralla ilmiön arveltiin näkyvän parhaiten. Lisäksi kauralla on kasvavaa elintarvikekäyttöä, jossa toksiinipitoisuuksien turvarajat ovat selvästi alemmat kuin rehukäytössä.

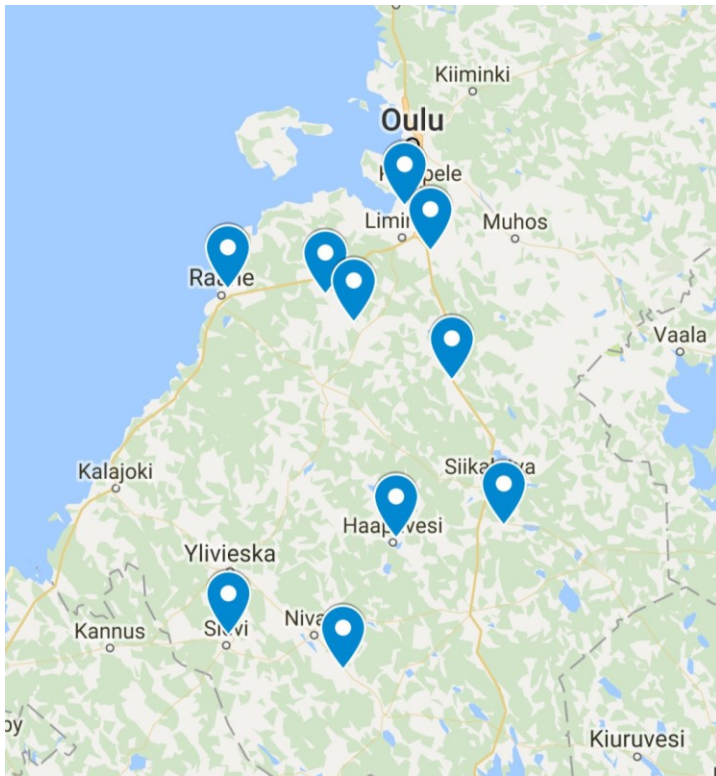
Merkittäviä *Fusarium*-sieniä on Suomessa toistakymmentä, joista tärkeimpiä ovat *Fusarium graminearum* ja *Fusarium langsethiae*. Sienet muodostavat haitallisia aineenvaihduntatuotteita, joita on liki kymmenen. Haitallisimpia ja yleisempiä näistä ovat DON, T-2 ja HT-2 (Parikka ym. 2020).

Fusarium-sienten esiintymisriskiin vaikuttaa eniten kauran kukinnan aikainen sää ja toisaalta puintikauden sää. Jos sää on tuolloin kostea ja lämmin, hyvät edellytykset röyhyjen infektoitumiselle ja sienten leviämiseksi ovat olemassa (VYR 2015). Pohjois-Pohjanmaalla kauran kukinta sattuu yleensä heinäkuun jälkipuoliskolle. Kauran lajikevalinnalla riskiä ei voida täysin välttää, mutta Vilja-alan yhteistyöryhmän (VYR) pitkäaikaisseurannassa on tullut ilmi muutamia lajikkeita, joissa on ollut punahomeille suotuisina vuosina muita lajikkeita enemmän DON-toksiinia (VYR 2020). Tärkeää olisi myös valita viljelyyn suhteellisen aikainen ja laonkestävä lajike, sillä myöhäisen puintiajankohdan ja kasvuston lakaisuuden on todettu lisäävän toksiiniriskiä.

Viljelykierron, jossa on nurmia, on todettu vähentävän *Fusarium*- ja toksiiniriskiä (VYR 2016). Varsinkin kauran jatkuvaa monokulttuuria tulisi välttää. Öljy- ja palkokasvit ovat viljoja parempia esikasveja. Kynnön, kevytmuokkauksen ja suorakylvön vaikutuksista toksiiniriskiin on saatu ristiriitaisia tuloksia, eikä kyntö ole aina ollut aurattomia menetelmiä parempi vaihtoehto. Myös siementen kemiallista peittausta ja kasvustoruiskutuksia voidaan käyttää *Fusarium*-sienten torjuntaan. Torjunta tulisi tehdä juuri kauran kukinnan alkuvaiheessa parhaan tehon saavuttamiseksi (VYR 2016).

8.2. Aineisto ja menetelmät

Jotta hometoksiinien esiintymisriskistä Pohjois-Pohjanmaalla saataisiin kattava käsitys, päädyttiin keräämään kauranäytteitä 10 tilalta kuvan 1 mukaisesti. Näytteitä kerättiin syksyinä 2017–2018. Tilat olivat yhtä lukuun ottamatta (Nivala) samoja vuosina 2017 ja 2018. Alun perin näytteitä oli tarkoitus kerätä myös vuonna 2019, mutta koska heinäkuu 2019 oli erittäin kuiva ja Luken kehittämä *Fusarium*-riskiennuste ennusti vain pientä riskiä Pohjois-Pohjanmaalle, syksyn 2019 näytekeruusta päätettiin luopua. Jälkikäteen tarkasteltuna tämä oli oikea päätös. Vuonna 2019 näytteitä otettiin kuitenkin yhdeltä tilalta Luken riskiennustemallin tarkentamiseksi.



Kuva 1. *Fusarium*-näytteenottotilojen sijainti vuosina 2017–2018 (kartan lähde: Google Maps).

Näytteenottopaikoiksi valittiin tiloja, jotka eivät käytä tuoresäilöntää, vaan kuivaavat viljan. Tämä siksi, että ehdittiin ottaa mahdollisimman monta näytettä loppukaudesta. Tuoresäilönnässä puinti ajoittuu useita viikkoja aikaisemmaksi kuin kuivaukseen perustuvassa säilönnässä. Näytteenotto aloitettiin suurin piirtein kauran taikinatulementumisvaiheessa ja näytteenottoa tehtiin noin 1,5 viikon välein lähelle puintiajankohtaa. Edustavuuden lisäämiseksi jokaiselta tilalta otettiin kaksi lohkoa/lohkon osaa näytteenottoon. Jokaiselta lohkolta kerättiin 100 röyhyä aina kulkien saamaa näytteenottoreittiä. Röyhät kuivattiin ilmakeiviksi ja lähetettiin analysoitaviksi Luke Jokioisten laboratorioon.

Vuonna 2017 viljat valmistuivat hitaasti. Näytteenotto aloitettiin 17.8. ja lopetettiin 29.9. Lähes kaikilta lohkoilta ehdittiin ottaa neljät näytteet. Vuosi 2018 oli puolestaan lämmin ja kuiva (Taulukko 1). Näytteenotto aloitettiin 7.8. ja lopetettiin valtaosalla lohkoista 21.8. Näiltä ehdittiin ottaa kolmet näytteet, joiltakin vain kahdet. Kolmelta myöhään kylvetyltä lohkolta ehdittiin myös vuonna 2018 ottamaan neljät näytteet.

Taulukko 1. Sääolot Luke Ruukin tutkimusasemalla kasvukausina 2017–2019 ja pitkäaikaiset keskiarvot jaksolta 1981–2010. (Lähde: Ilmatieteen laitos).

	Sademäärä, mm				Tehoisa lämpösumma, °C			
	2017	2018	2019	1981–2010	2017	2018	2019	1981–2010
Toukokuu	37	23	60	42	41	211	106	95
Kesäkuu	41	45	55	50	213	216	280	244
Heinäkuu	77	25	2	77	310	466	296	338
Elokuu	122	87	104	71	265	322	268	263
Syyskuu	38	58	44	50	110	171	132	113
Summa	315	237	264	289	938	1386	1082	1052

Luke Jokioisten laboratoriossa jyvänäytteistä määritettiin 12 erilaisen *Fusarium*-sukuun kuuluvan sienien prosentuaaliset pitoisuudet ja vuoden 2017 osalta 8 eri toksiinin pitoisuudet. Vuonna 2018 toksiinipitoisuuksia ei määritetty, koska *Fusarium*-sienten pitoisuudet olivat alhaiset.

8.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

8.3.1. Syksyn 2017 näytteet

Taulukkoon 2 on koottu vuoden 2017 näytteenottolohkojen taustatietoja, jotka saattavat auttaa selittämään mitattuja *Fusarium*- ja toksiinipitoisuuksia. Näytteenottotiloista kolme oli luomutiloja. Kauran esikasvi oli useimmilla lohkoilla ohra tai kaura. Vain kahdella lohkoilla esikasvi oli nurmi ja kahdella lohkoilla kevätrypsi. Syys- tai kevätkyntö oli vallitseva perusmuokkaustapa. Lautasmuokkaus oli tehty vain yhdellä lohkoilla ja suorakylvöä ei ollut käyttänyt kukaan. Tautitorjunta *Fusarium*-sientä vastaan oli tehty vain yhdellä lohkoilla. Lakoontuminen ennen puintia ei ollut kovin yleistä, lakoa oli mainittavasti viidellä lohkoilla. Näissä lakoontuminen tapahtui elo-syyskuun vaihteessa.

Taulukko 2. *Fusarium*-näytteenottolohkojen kauralajikkeet, esikasvi, perusmuokkaustapa, kasvitautitorjunta ja havaittu lakaisuus lähellä puintiajankohtaa. Tiedot koskevat vuotta 2017.

Paikkakunta / kylä	Lohko	Luomu	Lajike	Esikasvi	Perusmuokkaus	Tautitorjunta	Lako ¹
Ala-Temmes	A		Riina	Kaura	Kevätkyntö		0
	B		Riina	Ohra	Kevätkyntö		0
Haapavesi	A	X	Venla	Nurmi	Syyskyntö		0
	B	X	Venla	Ohra	Syyskyntö		0
Nivala	A		Akseli	Kaura	Syyskyntö		0
	B		Akseli	Kaura	Syyskyntö		0
Paavola	A	X	Niklas	Viherkesanto	Kevätkyntö		0
	B	X	Niklas	Kaura	Lautasmuokkaus		0
Piippola	A		Peppi	Ohra	Kevätkyntö		0
	B		Peppi	Kaura	Kevätkyntö		0
Raahe	A		Ringsaker	Kaura	Syyskyntö		X
	B		Ringsaker	Ohra	Syyskyntö		0
Rantsila	A		Ringsaker	Nurmi	Kevätkyntö		0
	B		Ringsaker	Kaura	Kevätkyntö		0
Ruukki	A		Niklas	Rypsi	Syyskyntö		0
	B		Akseli	Rypsi	Syyskyntö		0
Sievi	A	X	Ringsaker	Kevätvehnä	Kevätkyntö		X
	B	X	Ringsaker	Ohra	Kevätkyntö		X
Tupos	A		Marika	Kaura	Syyskyntö	Prosaro	X
	B		Marika	Kaura	Syyskyntö		X

¹Lako: 0 = ei lakoa, X = lakoontumista.

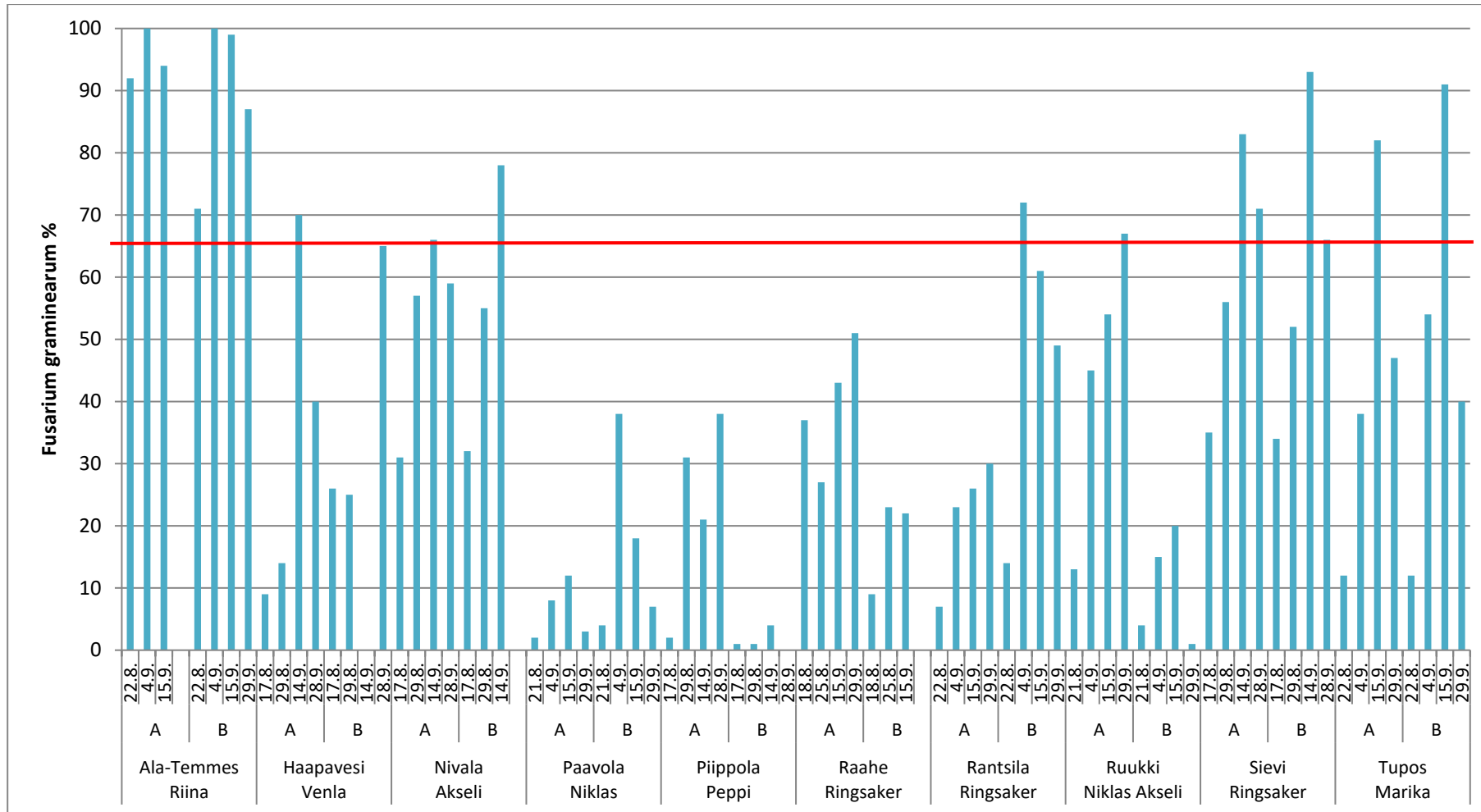
Kuvassa 2 on esitetty kauran jyvistä analysoidut *Fusarium graminearum*-sienen yleisyydet syksyllä 2017 otetuista röyhynäytteistä. Kyseinen sieni on merkittävin DON-toksiinin muodostaja. Luken erikoistutkija Päivi Parikan mukaan *F. graminearum*in yleisyyden ollessa 60–70 %, DON-toksiinia voi muodostua niin paljon, että kaura ei kelpaa edes rehukäyttöön. Monella loholla tuo raja ylittyi ainakin osalla näytteenottokerroista. Aina toksineja ei kuitenkaan muodostu paljoa, vaikka sieni-infektio olisi voimakaskin.

Pääsääntöisesti näytti sille, että *F. graminearum*-sienen yleisyys kasvoi syksyn edetessä ensimmäisestä näytteenottokerrasta ainakin toiseksi viimeiseen kertaan. Jostain syystä viimeisen näytteenottokerran tulokset olivat usealla loholla alhaisemmat kuin edellisten kertojen tulokset. Kyse lienee siitä, että näytteet on otettu hieman eri paikoista, sillä *Fusarium*in tai toksiinin pitoisuudet eivät yleensä laske, jos näyte pystytään ottamaan aina samasta kasvista. Toisaalta tiedetään, että *Fusarium*in tai toksiinin pitoisuudet voivat vaihdella hyvin paljon saman peltolohkon sisällä.

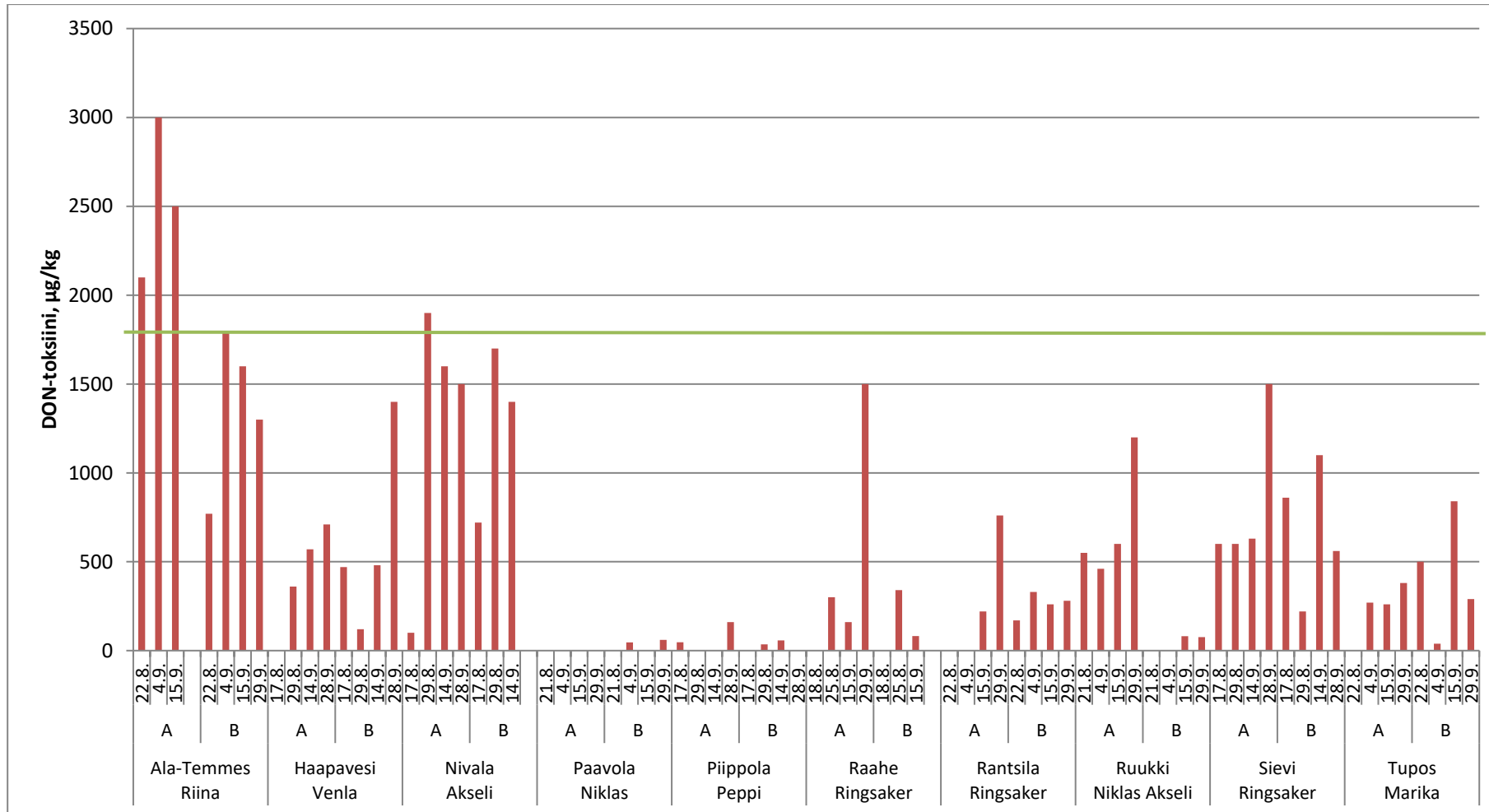
Kuvassa 3 on esitetty DON-toksiinipitoisuudet syksyn 2017 röyhynäytteistä. Kyseessä ovat siis samat näytteet kuin kuvassa 2. Nähdään, että DON-toksiinia ei ole muodostunut samassa mitassa, mitä *F. graminearum*-sienen yleisyyden perusteella olisi voinut ennustaa. DON-toksiinin raja-arvo kauppaan otettavassa elintarvikekaurassa on 1750 µg/kg ja rehukauralla 8000 µg/kg (VYR 2015). Elintarvikekauran raja-arvo ylittyi vain kolmella loholla ja rehukauran raja-arvo ei ollut lähelläkään ylittyä. Kuvien 2 ja 3 tulokset olivat hyvin samansuuntaisia: loholla, jolla *F. graminearum*-sientä oli paljon, oli

myöskin korkeammat DON-pitoisuudet. Myös ajan suhteen tulokset menivät samansuuntaisesti: syksyn kuluessa DON-pitoisuudet pyrkivät nousemaan.

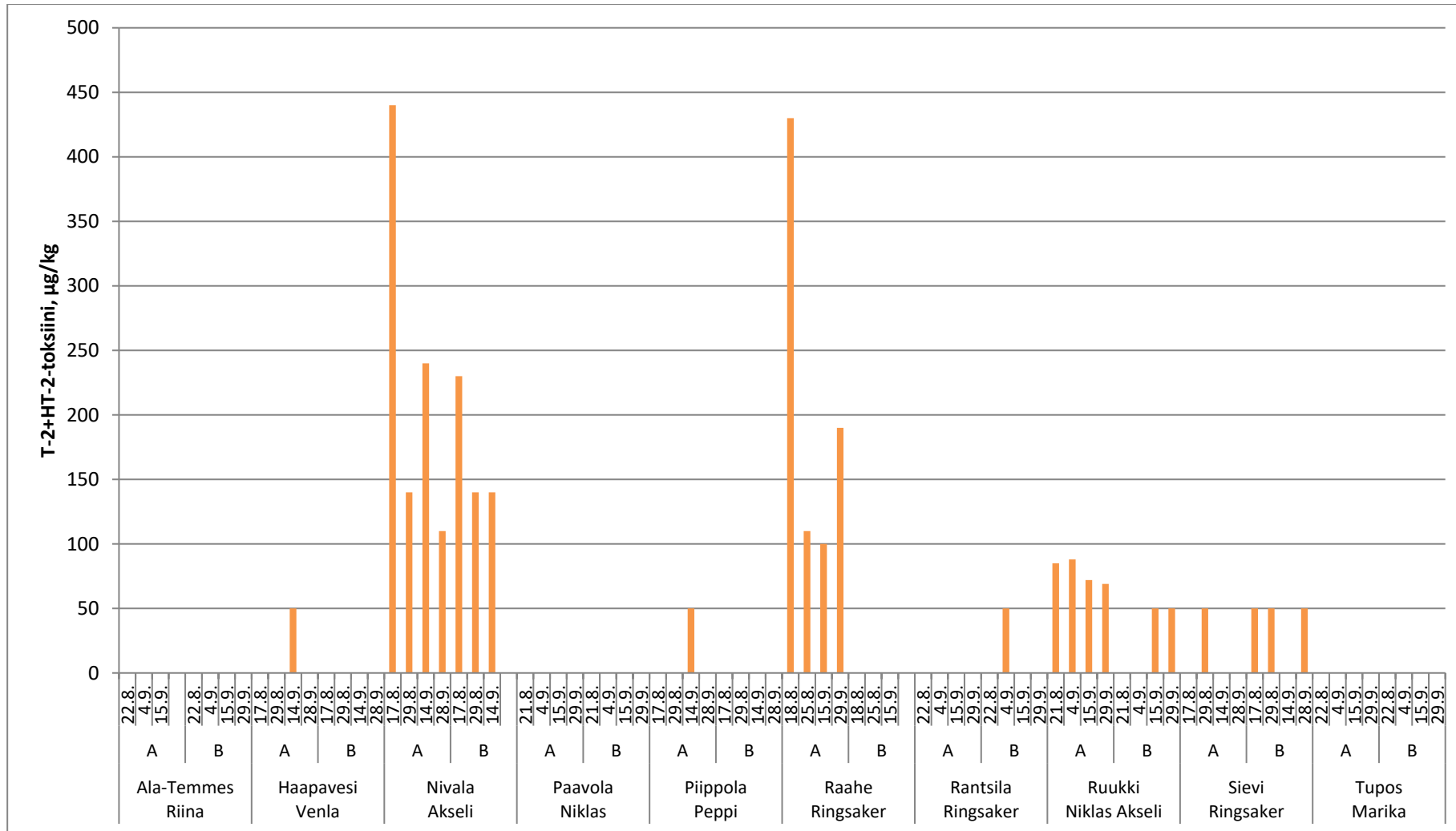
Kuvassa 4 on esitetty T-2 ja HT-2-toksiinin yhteispitoisuus kauranäytteissä 2017. Elintarvikekauran ja rehukauran raja-arvo on 1000 µg/kg (VYR 2015). Näiden toksiinien kohdalla ei päästy yhdelläkään loholla kuin vajaaseen puoleen raja-arvosta. Erikoista kyllä, kolmella loholla suurin arvo mitattiin ensimmäisen näytteenottokerran kaurista.



Kuva 2. *Fusarium graminearum* -sienen yleisyys syksyllä 2017 tiloilta otetuista kauranäytteissä. Yleisyys = kuinka monta prosenttia näytteen jyvistä on saastunut ko. sienellä. Tilat on nimetty paikkakunnan/kylän mukaan ja peltolohkot A tai B. Jo 60–70 %:n yleisyys jyvissä voi tuottaa niin paljon haitta-aineita, että vilja ei kelpaa rehuksi.



Kuva 3. DON-toksiinin pitoisuus (µg/kg) kauranäytteissä 2017. Elintarvikekauran raja-arvo on 1750 ja rehukauran 8000 µg/kg (VYR 2015).



Kuva 4. T-2 ja HT-2-toksiinin yhteispitoisuus (µg/kg) kauranäytteissä 2017. Elintarvikekauran ja rehukauran raja-arvo on 1000 µg/kg (VYR 2015).

8.3.2. Vuoden 2017 tuloksiin vaikuttaneita tekijöitä

Mikä korkeita DON-arvoja tietyillä lohkoilla voisi selittää? Ensimmäinen selittävä tekijä on heinä- ja elokuun kostea sää vuonna 2017. Luke Ruukin tutkimusasemalla satoi heinäkuussa keskimääräinen määrä vettä, mutta elokuun sademäärä oli 1,7 kertainen tavanomaiseen nähden (Taulukko 1). Sadetta myös saatiin taajaan, keskimäärin 2–3 päivän välein heinä- ja elokuussa. Ilman kosteudella on todennäköisesti suurempi merkitys *Fusariumin* leviämiseen kuin kuukauden kokonaissademäärällä. Toisaalta kesällä 2017 ei ollut erityisen lämmintä, mikä saattoi hidastaa kaurakasvustojen infektoitumista.

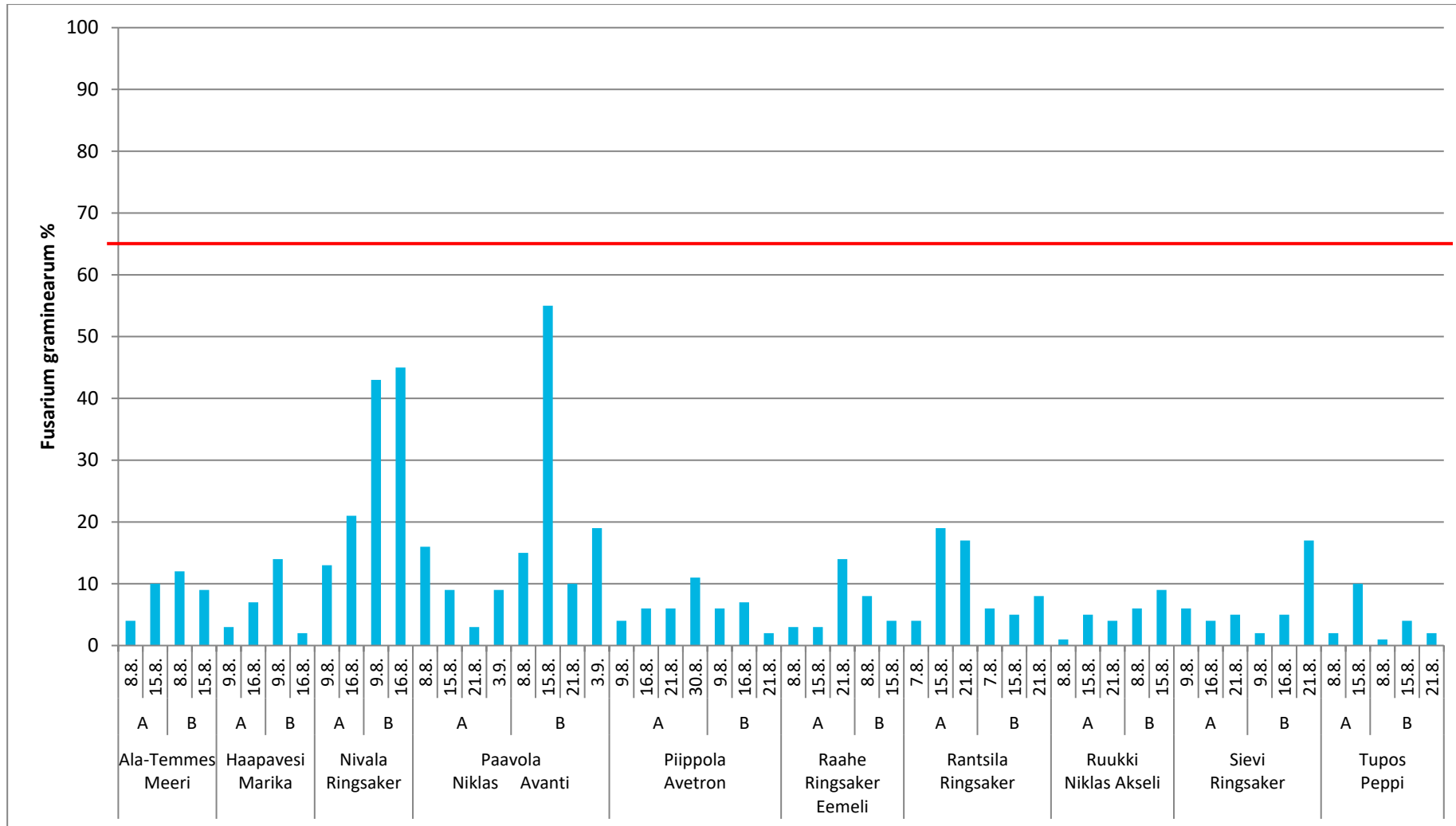
Ala-Temmeksen lohkoilla lajikkeena oli Riina-kaura, joka on todettu VYRin pitkäaikaisseurannassa hieman muita alttiimmaksi lajikkeeksi *Fusarium-tartunnalle*, mikäli sää on suotuista *Fusariumin* leviämiseksi (VYR 2020). Tästä syystä Riinan viljely on vähenemässä Suomessa. Ala-Temmeksen lohkoilla A esikasvi oli kaura ja lohkoilla B ohra. Lohkon A DON-pitoisuudet olivatkin hieman korkeammat kuin lohkoilla B. Nivalan tilan lohkoilla oli myös melko korkeita DON-pitoisuuksia. Selittävänä tekijänä saattaisi olla kaura esikasvina.

Aina esikasvin merkityskään ei ole täysin selvä, mutta kauran monokulttuuri on kuitenkin riski korkeille DON-pitoisuuksille. Piippolan tilan vanha isäntä kertoi, että lohkoilla B on viljelty vähintään 20 vuotta kauraa peräjälkeen, koska siellä eivät muut kasvit menesty. Silti lohkoilla B sekä *Fusarium-* että DON-pitoisuudet olivat erittäin alhaiset. Luomutiloilla on ajateltu olevan pienempi riski *Fusarium-tartunnoille*. Tämä saattaa johtua pakollisesta viljelykierrosta, jossa tulee olla myös nurmia. Haapaveden ja Paavolan luomutiloilla DON-pitoisuudet olivatkin alhaisia. Näillä tiloilla pitkäikäisiä nurmia sisältyy viljelykiertoon. Sievin luomutilalla viljelykierrossa on ollut pääasiassa lyhytaikaisia nurmia. Siellä sekä *Fusarium-* että DON-pitoisuudet olivat koholla (Kuvat 2 ja 3). Sievin tilalla pitoisuuksia saattoi selittää myös kasvustojen voimakas lakoontuminen.

Tupoksen tilalla lohkon A osalla oli käytetty kasvitautien kemiallista torjuntaruiskutusta ja B osalla ei. Kuvien 2 ja 3 perusteella ei voi kuitenkaan sanoa, että torjunnasta olisi ollut merkittävää hyötyä. Toisaalta kummankin lohkon osan DON-, T-2 ja HT-2-toksiinin pitoisuudet jäivät alhaisiksi, joten tautipaineeseen ei jostain syystä ollut kova. Kumpikin lohkon osa oli laossa, minkä olisi luullut lisäävän tautipainetta.

8.3.3. Syksyjen 2018 ja 2019 näytteet

Vuoden 2018 heinäkuussa Luke Ruukin tutkimusasemalla ja koko näytteenottoalueella satoi vain kolmannes keskimääräisestä heinäkuun sademäärästä (Taulukko 1). Toisaalta oli hyvin lämmintä. Siten heinäkuun sää ei ollut kostea ja siten *Fusarium graminearum*-sienen yleisyys jäi koepelloillamme hyvin alhaiseksi (Kuva 5). Tästä syystä näytteistä ei edes määritetty toksiinipitoisuuksia, koska se olisi suurella todennäköisyydellä ollut turhaa. Myöskään yhtä tarkkaa analyysiä esikasveista ja perusmuokkaustavasta ei nyt tehty kuin vuonna 2017.



Kuva 5. *Fusarium graminearum* -sienen yleisyys syksyllä 2018 tiloilta otetuista kauranäytteissä. Yleisyys = kuinka monta prosenttia näytteen jyvistä on saastunut ko. sienellä. Tilat on nimetty paikkakunnan/kylän mukaan ja peltolohkot A tai B. Jo 60–70 %:n yleisyys jyvissä voi tuottaa niin paljon haitta-aineita, että vilja ei kelpaa rehuksi.

Kesän 2018 ennätysellisen lämpimän sään takia kaurakasvustot valmistuivat todella nopeasti ja siksi valtaosalta havaintolohkoilta ehdittiin ottaa vain kahdet näytteet ennen puintia. *F. graminearum*-sienen määritystuloksissa ei tästä syystä juurikaan näy sienen lisääntyminen syksyn edetessä. Ilmiö ei näkynyt edes niillä tiloilla/lohkoilla, joilla ehdittiin ottaa 3–4 näytettä (mm. Paavola, Piippola, Rantsila, Sievi). Paavolan tilalla puinnit menivät syyskuun puolelle, mutta niilläkään lohkoilla ei havaittu merkittävää sieni-infektion lisääntymistä (Kuva 5). Tämä on tulkittava niin, että jos röyhyn infektoitumista ei ole tapahtunut kauran kukinnan aikaan, niin sienet eivät röyhyyn myöhemminkään merkittävässä määrin tule.

Nivalan B-lohkolla ja Paavolan B-lohkolla oli melko runsaasti juolavehneää. Tämä saattaa osaksi selittää sitä, miksi ainakin osalla näytteenottoerkoista näillä lohkoilla havaittiin kohonneita *F. graminearum*-pitoisuuksia. Runsas juolavehneäkasvusto pitää viljakasvuston pitkään kosteana aamuisin ja sateen jälkeen.

Heinäkuu 2019 oli vieläkin kuivempi kuin vuonna 2018. Luke Ruukin tutkimusasemalla satoi heinäkuussa 2019 vain 2 mm (Taulukko 1). Koska pohjoistuulet olivat koko heinäkuun vallitsevia, sää ei ollut lämmin ja kostea. Myös Luken kehittämä *Fusarium*-riskiennustemalli ennusti hyvin pientä DON-toksiiniriskiä alueelle. Tästä syystä kattavasta näytteenotosta päätettiin luopua syksyllä 2019. Röyhynäytteitä otettiin kuitenkin Paavolan tilalta Luken riskiennustemallin tarkentamiseksi.

Vuonna 2019 Paavolan tilan lohkoilla viljeltiin Niklas- ja Avanti-kauraa. Röyhynäytteet otettiin kolmeen kertaan ajalla 14.8.–25.9. Puinti meni hieman lokakuun puolelle myöhäisen kylvön ja hitaasti kertyneen lämpösumman takia. *F. graminearum*-sientä näytteissä oli hyvin vähän (0–16 %). Viimeisimmäksi otetuissa Niklas-näytteissä *F. culmorum*-sienen yleisyys oli 44 %. Tämän sienen tiedetään menestyvän kuivissa oloissa ja olevan myös DON-toksiinin tuottaja. Siitä huolimatta DON-toksiinin pitoisuus oli viimeisessä näytteessä vain 220 µg/kg, kun elintarvikekaurassa sallittaisiin liki 8 kertaa suurempi DON-pitoisuus. Kaiken kaikkiaan kauranäytteet olivat läpi syksyn hyvin puhtaita sienten ja toksiinien osalta. Havainto tukee edellä esitettyä teoriaa kuivan heinäkuun vaikutuksista.

VYRin seurantojen mukaan vuosina 2018 ja 2019 kauran DON-pitoisuudet olivat Suomessa kaiken kaikkiaan matalia. Vuonna 2019 peräti 99 % viljasadosta otetuista näytteistä olisi kelvannut elintarvikekäyttöön toksiinien puolesta (VYR 2020 ja Helkkula 2020). Samalla muistutetaan kuitenkin, että kesän säät eivät aina ole yhtä suosiollisia kuin parina viime vuonna, joten sienitartuntojen ennalta ehkäisyyn käytettävissä olevat viljelytekniset toimet kannattaisi pyrkiä toteuttamaan tulevina kasvukausina.

8.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tiloilta otettujen kauranäytteiden perusteella näyttää sille, että punahometta aiheuttavien *Fusarium*-sienten ja niiden aineenvaihduntatuotteina syntyvien toksiinien (mm. DON) pitoisuudet lisääntyvät kasvustossa syksyn edetessä. Edellytyksenä tälle kuitenkin on, että sää on ollut kostea kauran kukinnan aikaan ja se myös jatkuu kosteana puintia edeltävänä aikana. *Fusarium*-sienten lisääntymistä ei kuitenkaan havaittu tapahtuvan joka vuosi. Syynä tähän saattoi olla kuiva heinä- ja elokuu.

Koska kokoviljasäilörehu ja puidun viljan tuoresäilöntä mahdollistavat selvästi aikaisemman viljan korjuun kuin kuivaamalla säilöttävä vilja, on todennäköistä, että hometoksiiniriskit ovat tuoresäilönnässä pienempiä. Erityisesti tämä korostuu märkinä syksyinä, ja varsinkin jos vilja on pitkään lakoon-tuneena ja puintikausi venyy myöhään. Tuoresäilöntä on hyvä menetelmä, mutta se sopii lähinnä vain tilojen oman rehuviljan tai lähituloilta ostettavan rehuviljan säilöntään. Siemenvilja ja viljakauppaan menevä vilja on edelleen säilöttävä kuivaamalla. Jos vilja on saastunut punahomeella, on viljan nopea kuivaus heti puinnin jälkeen oleellista, jotta toksiinien muodostus saadaan katkaistua. Kustan-

nussyistä olisi myös kehitettävä laajempien alueiden tuoreviljakauppaa. Tässä mm. A-tuottajat on tehnyt uraa uurtavaa työtä. Tuoreviljakaupassa toimivan logistiikan merkitys korostuu, sillä märkä vilja ei saisi joutua odottamaan säilöntää kovin kauaa puinnin jälkeen.

Punahome- ja toksiiniongelmien taustalla vaikuttaa lukuisa joukko eri tekijöitä, kuten lajikkeet, viljelykierto ja perusmuokkaus. Tässä tutkimuksessa ei löydetty selkeitä syy-seurausyhteyksiä niille, mutta joitakin suuntaa antavia viitteitä kylläkin. Kymmenen tilan joukko on liian pieni varmojen johtopäätösten tekemiseen, eikä se ollut tämän tutkimusosion ensisijainen tavoitekaan.

Viitteet

- Helkkula, H. 2020. Viljan punahometta erittäin vähän viime kesänä. VYRin Vilja-alan ajankohtaisuutisia ja tiedotteita. Saatavilla:
<https://www.vyr.fi/fin/ajankohtaista/uutiset/2020/03/viljan-punahometta-erittain-vahan-viime-kesana/>.
- Hietaniemi, V. 2016. The Fusarium Mycotoxins in Finnish Cereal Grains: How to Control and Manage the Risk. Doctoral Theses in Food Science at the University of Turku. 141 s.
- Parikka, P., Kaukoranta, T., Rämö, S. & Hietaniemi, V. 2020. Hometoksiineja tuottavat Fusarium-lajit viljasadossa ja lajisuhteiden muutokset. Teoksessa: Puhakainen, T. & Jokela, V. (toim.). Maataloustieteen päivät 2020. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 37: 148.
- VYR 2015. Yhteenveto viljan hometoksiiniseurannasta ja tuloksista viime vuosilta sekä tarpeet seurannan kehittämiseksi ja hyödyntämiseksi. Vilja-alan yhteistyöryhmän raportteja. Saatavilla:
https://www.vyr.fi/document/1/63/6ef8d20/viljan_3a17dc4_Turvallisuusraportti_web.pdf
- VYR 2016. Huomioi ja hallitse hometoksiiniriski kauran viljelyssä. Vilja-alan yhteistyöryhmän raportteja. Saatavilla:
https://www.vyr.fi/document/1/209/960b1ae/oppaat_f80edce_Kaura_hometoksiinit_fi.pdf.
- VYR 2020. DON-toksiinipitoisuus eri kauralajikkeissa kaupan ja teollisuuden vastaanottonäytteissä vuosina 2014-2018. Vilja-alan yhteistyöryhmän raportteja. Saatavilla:
https://www.vyr.fi/document/1/928/2360fec/lajikk_84263e0_Kauralajikkeet_ja_DON_2014_2018.pdf.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000