

Lypsylehmien valkuaisruokinnan optimointi ja karjatilän typpipäästöjen hallinta (LyVa)

DRNO 2213/03.01.02/2015

Kesto: 1.4.2016-31.3.2019

Loppuraportti, Auvo Sairanen
30.9.2019

1. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeen yleisenä tavoitteena on tutkia täydennysvalkuaisen käytön vähentämismahdollisuuksia maidontuotannossa ja ylipäätään mitä mahdollisuuksia on parantaa maatalojen typpitasetta. Hanke tuottaa valkuaisruokinnan eri toteutusvaihtoehtoja sekä laskentamallit kuvaamaan näiden vaihtoehtojen vaikutusta maitotilojen typpitaseeseen ja ammoniakkipäästöihin. Lisäksi mallinnuksesta on mahdollista saada eri toteutusvaihtoehtojen kustannusvaikutukset.

Erityistavoitteina:

- 1) Ruokinta- ja rehuntuottostrategioiden vertailu maatalan typpiylijäämän vähentämiseksi ja kotimaisen valkuaisomavaraisuuden turvaamiseksi. Vertailtavia strategioita ovat mm typpilannoitus, karkearehun tuotantostrategiat, valkuaisen täydennysruokinnan taso, kokoviljan käytön lisääminen. Mallinnuksessa käytetään olemassa olevaa Lypsikki-tuotosvastemallia (Huhtanen & Nousiainen, 2012), jota täydennetään pelto- ja lantamallin osalta.
- 2) Yksilötuotosvasteiden, toisella nimellä täsmäruokinta, potentiaalin arvioiminen typpien hyväksikäytön parantamiseksi.
- 3) Typpikierron tilatason mallinnus. Mallin pohjana ”Suomen kotieläintalouden fosforikierto – sääätöpotentiaali maataloilla ja aluetasolla” –hankkeen tilamalli (Turtola & Ylivainio, 2009).
- 4) Selvittää valkuaisruokinnan nykytaso ProAgrian tuotosseuranta-aineiston avulla ja arvioida onko täydennysvalkuaisen käyttö lähellä tavoitteellista optimia.
- 5) Eri ruokintayhdistelmien aminohappojen saannin mallinnus. Tavoitteena on tutkia parantaako yksittäisten aminohappojen saannin huomioon ottaminen tuotosvaste-ennusteiden tarkkuutta.

2. Hankkeen eri osapuolet ja yhteistyö

Toteuttaja		TP	Toimenkuva hankkeessa
Luke	Auvo Sairanen, MMT erikoistutkija	TP 1, 3, 4	Hankekoordinaattori, ruokintakokeen suunnittelu, osallistuminen tilamallin koostamiseen. Tulosten raportoinnista vastaaminen.
Luke	Annu Palmio, MMM, tutkija	TP 1, 3, 4	Ruokintakokeen toteuttaminen ja laskenta, tilamallien koostaminen
Luke	Marketta Rinne, MMT, professori	TP 3, 4	Tiedotus, asiantuntija-apu
Luke	Perttu Virkajärvi MMT, professori	TP 3	Liittymät kansainväliseen ympäristömallinnukseen
SLU	Pekka Huhtanen, MMT, professori	TP 1-4	Data-analyysien erikoistuntemus, mallinnusasiantuntemus, julkaisutoiminta
HY	Tuomo Kokkonen, MMT, yliopiston lehtori	TP 2, 3,4	Aminohappomallinnus, tilamallien koostaminen
HY	Aila Vanhatalo, MMT, professori	TP 2, 4	Aminohappomallinnus
Valio	Juha Nousiainen, MMT, Alkutuotanto- ja maidonhankintajohtaja	TP 3, 4	Yritysyhteistyö, tilamallien asiantuntemus ja koostaminen
Raisioagro	Mikko Korhonen, MMT, Tutkimuspäällikkö	1, 4	Tiedotus, yritysyhteistyö
ProAgria	Tuija Huhtamäki, MMM, Kehityspäällikkö	4	ProAgrian aineistot, tulosten käytäntöön vieminen, tiedotus

3. Hankkeen tulokset

3.1 Menetelmät ja aineisto

<i>Työpaketti ja vastuututkija(t)</i>	<i>Aineistot ja menetelmät</i>
TP 1, Pekka Huhtanen	Valkuaisen täsmäruokinta, yksilötason vasteet a) Kirjallisuuskatsaus ja data-analyysi Aikaisemmin suoritettut lypsylehmäkoheet Data-analyysi Monte Carlo simulaatio b) Yksilövasteiden määrittäminen ruokintakokeessa Maidontuotantokoe Luke Maaninka 48 lehmällä 2 x 2 faktoriaalinen koeasetelma
TP 2, Aila Vanhatalo	Aminohappojen saanti eri dieeteillä
TP 3, Auvo Sairanen	Typpiylijäämän ja ammoniakkipäästöjen tilatason mallinnus
TP 4, Auvo Sairanen	Tiedonsiirto

3.2 Tulokset

TP1 a Valkuaisen täsmäruokinta, yksilötason vasteet

Pekka Huhtanen

Johdanto

Täsmäruokinta on osa "precision farming" ajattelua, jossa tuotantopanosten tarkalla kohdentamisella parannetaan tuotantopanosten hyväksikäyttöä. Tämän hankkeen yhteydessä tuotantopanoksena on lypsylehmien lisävalkuaisruokinta.

Teknologian kehittyessä kiinnostus täsmä- tai tarkkuusruokintaan on lisääntynyt tavoitteena lisätä tuotoksia ja sitä kautta tehostaa ravintoaineiden hyväksikäyttöä ja pienentää ympäristöön kohdistuvaa kuormitusta. Teoria perustuu siihen, että lehmäyksilöt vastaavat ravintoaineiden saannin muutoksiin eri tavalla eli kohdentamalla lisävalkuainen optimaalisesti hyvän tuotosvasteen lehmille tuotos lisääntyy enemmän kuin mitä se vähenee huonon tuotosvasteen lehmällä.

Jotta ns. tarkkuusruokinnasta oli taloudellista hyötyä, saman rehumäärän optimaalisen kohdentamisen tulisi lisätä tuotosta. Tämä edellyttää, että lehmien välillä on todellisia eroja tuotosvasteissa (1) ja että nämä erot pystytään identifioimaan käytännön olosuhteissa (2). Tässä osahankkeessa pyrittiin selvittämään aikaisempien tutkimusten perusteella, poikkeavatko tuotosvasteet yksilö- tai ryhmätasolla (korkea- vs. matalatuottoiset) merkittävästi toisistaan.

Kirjallisuuskatsaus

Tasaväkirehuruokinta ja rehun valkuaispitoisuuden päivittäinen vaihtelu

Tutkimuksissa, joissa vertailtiin tuotokseen perustuvaa ja tasaväkirehuruokintaa (väkirehumäärä tuotoksesta riippumaton), maitotuotoksissa ja maidon koostumuksessa ei ollut eroja vertailuryhmien saadessa saman määrän väkirehua. Lisävalkuaisella saadut tuotosvasteet ovat olleet riippumattomia lehmien tuotostasosta eli korkeatuottoiset lehmät eivät ole hyötäneet lisävalkuaisesta enempää kuin vähemmän tuottavat.

Rehuannoksen päivittäinen valkuaispitoisuuden vaihtelu ei ole vähentänyt tuotosta lypsykauden keskivaiheessa olevilla lehmillä. St-Pierren ja Gardnerin (2005) tutkimuksessa rehun valkuaispitoisuuden kohtuullinen (13.5 vs. 17.5 %) tai runsas (11.5 vs. 19.5 %) päivittäinen vaihtelu ei vähentänyt tuotosta tasaiseen (15.5 %) valkuaispitoisuuteen verrattuna. Lehmien päivittäin syövä rehumäärä vaihtelee huomattavasti pihatto-olosuhteissa, kun rehua on vapaasti saatavilla. Vaihtelu on systemaattista eli kahden peräkkäisen päivän syönnit ovat negatiivisesti korreloituneet (runsaan syönnin päivää seuraa niukemman syönnin päivä). Kun syönti laskettiin kolmen päivän liukuvana keskiarvona, vaihtelu oli huomattavasti vähäisempää. Rehun syönnin päivittäinen vaihtelu ei heijastellut vastaavana maitotuotoksen vaihteluna, joka oli huomattavasti vähäisempää kuin syönnin vaihtelu. Tutkimusten perusteella näyttää siltä, että lehmien ravintoaineen saanti voi lyhyellä aikavälillä (yksittäisiä päiviä) vaihdella ilman negatiivisia vaikutuksia tuotokseen.

Yksilökohtainen tuotosvaste, onko hyödyntämismahdollisuutta?

Change-over (esim. latinalainen neliö) kokeiden tilasto-analyysissä pystytään analysoimaan lehmän, koejakson ja ruokinnan vaikutukset. Huolellisesti tehdyissä kokeissa jäännösvaihtelu, jota ym. tekijöillä ei pystytä selittämään on keskimäärin noin 5 % keskiarvosta. Tämä vaihtelu sisältää satunnaisvaihtelun (koevirheen) lisäksi lehmä x jakso (aika) ja lehmä x ruokinta yhdysvaikutukset eli ovatko ajan ja ruokinnan

vaikutukset lehmäkohtaisia. Korkeatuottoisilla lehmillä tuotos laskee päivää kohti lypsykauden edetessä enemmän kuin matalatuottoisilla, joten osa tilastoanalyysien jäännösvaihtelusta johtuu lehmä x jakso yhdysvaikutuksesta. Kun tämän systemaattisen vaikutuksen lisäksi jäännösvaihtelu sisältää mittausvirheitä ym. johtuvaa satunnaisvaihtelua, kovin merkittävää lehmä x ruokinta yhdysvaikutus ei voi olla eli lehmien välinen vaihtelu tuotosvasteissa on vähäistä. Tätä tukee ns. switch-back –kokeiden tilastoanalyysit. Tässä koetyypissä on yleensä mukana kaksi eri ruokintaa kolmella jaksolla (A – B – A ja B – A – B). Tässä koemallissa pystytään lehmäkohtainen jaksovaikutus ottamaan huomioon, jolloin jäännösvaihtelu johtuu satunnaisvaihtelun lisäksi lehmä x ruokinta yhdysvaikutuksesta. Kun jäännösvaihtelu näissä kokeissa on vain 2 – 3 % keskiarvosta ja kun osa vaihtelusta on satunnaisvaihtelua, niin kovin merkittävää lehmä x ruokinta yhdysvaikutus ei voi olla.

Ryhmäkohtainen tuotosvaste, onko hyödyntämismahdollisuutta?

Blokki x ruokinta yhdysvaikutusta tutkittiin 21 change-over kokeen aineistoilla. Blokki tarkoittaa tässä yhteydessä lehmien tuotostasoryhmää: jälkikäteen ryhmitellyt matala- ja korkeatuottoiset lehmät. Jako oli tehty ensimmäisen koejakson ruokintavaikutuksella korjatun energiakorjatun maitotuotoksen (EKM) perusteella. Data-analyysillä pyrittiin selvittämään lisääntykö korkeatuottoisten lehmien maitotuotos enemmän kuin matalatuottoisten, kun molemmilla ryhmillä lisätään valkuaisruokintaa saman verran.

Data-analyysi tehtiin varianssianalyysi GLM-mallilla, jossa päävaikutusten (blokki, lehmä(blokki), jakso ja ruokinta) lisäksi olivat mukana blokki x jakso ja blokki x ruokinta yhdysvaikutukset. Riskitasolla $P < 0.05$ blokki x jakso yhdysvaikutus oli koko 21 kokeen aineistossa merkitsevä neljässä kokeessa, kun taas blokki x ruokinta yhdysvaikutus ei ollut merkitsevä ainoassakaan kokeessa. Riskitasolla $P < 0.10$ vastaavasti blokki x jakso yhdysvaikutus oli merkitsevä kahdeksassa kokeessa 21:stä ja blokki x ruokinta yhdysvaikutus oli merkitsevä ainoastaan yhdessä kokeessa. Analyysit osoittivat, että blokki x jakso yhdysvaikutukset olivat huomattavasti yleisempiä kuin mitä pelkän satunnaisvaihtelun perusteella voisi olettaa. Jaksoa kohti korkeatuottoisten lehmien tuotos aleni keskimäärin lähes kaksinkertaisesti verrattuna alempituottoisiin. Blokki x ruokinta yhdysvaikutuksen osalta tilastoanalyysit eivät tukeneet sitä johtopäätöstä, että tuotosvasteet riippuisivat lehmien tuotostasosta. Tällöin ruokinta voi olla sama riippumatta lehmän tuotostasosta.

Tuotosvasteet ravintoaineiden saannille, tuotostaso

Regressioanalyysillä selvitettiin, miten alemmalla tuotostasolla saavutetut rehun syönnit ja tuotokset korreloivat vastaaviin ylempillä tuotostasolla saavutettuihin. Rehun syönnissä kulmakerroin oli 0.87 eli ruokintojen vaikutus syönniin oli korkeatuottoisilla hieman pienempi (oletusarvo = 1.00). EKM-tuotoksessa kulmakerroin oli 1.00 eli keskimäärin ruokintojen väliset erot olivat yhtä suuria lehmien tuotostasosta riippumatta. Valkuaistuotoksessa kulmakerroin oli 1.10, joka poikkesi merkitsevästi oletusarvosta 1.00; eli jos ruokinta lisäsi tuotosta matalatuottoisilla 100 g/pv, niin vastaava ruokinta lisäsi tuotosta 110 g/pv korkeatuottoisilla lehmillä.

Koska ruokintojen vaikutus syönniin oli pienempi korkeatuottoisilla kuin matalatuottoisilla, niin EKM-tuotos lisääntyi enemmän ME-saannin muutosta kohti ja vastaavasti valkuaisuotus enemmän OIV-saannin muutosta kohti. Määrällisesti erot olivat kuitenkin varsin pieniä. Vähentämällä kilo rypsirouheen kuiva-ainetta korvaamalla se viljalla matalatuottoisella lehmällä ja vastaavasti korvaamalla viljaa rypsirouheella korkeatuottoisella lehmällä valkuaisuotoksen lisäys olisi korkeatuottoisella n. 5 g/pv suurempi kuin sen vähennys matalatuottoisella. Vuositasolla tämä vastaisi noin 40 maitokilon eroa eli alle 0.5% vuosituotoksesta.

Tuotosvasteet ravintoaineiden saannille, yksilötaso

Yksilötason analyysissä oli mukana 347 lehmä/koe havaintoa. Regressioanalyysillä analysoitiin, miten satunnaisregressiolla saadut lehmäkohtaiset ravintoaineiden tuotosvasteet riippuvat lehmän tuotostasosta, laskennallisesta energiataseesta ja lypsykauden vaiheesta. Maitotuotoksen poikkeama selitti 14 % OIV:n tuotosvasteesta. Määrällisesti vaikutus oli pieni (n. 3 g/kg OIV per maitotuotoksen poikkeama). Tämän mukaan 10 kg:n ero päivätuotoksessa vastaisi noin 30 g/kg OIV suurempaa valkuaisuotoksen vastetta eli rypsikilon siirtäminen matalatuottoiselta korkeatuottoiselle lisäisi valkuaisuotosta runsaat 2 g/pv ja maitotuotosta hieman alle 0.1 kg/pv. Lisävasteet ME-saannille korreloi positiivisesti maitotuotoksen poikkeaman kanssa ($R^2 = 0.19$), mutta määrällisesti vaikutus oli pieni (1.4 g/MJ ME per maitotuotoksen poikkeama). Parhaiten ME-vastetta selitti laskennallinen energiatase ($R^2 = 0.32$); positiivisessa energiataseessa vasteet pienenivät eli saadusta lisäenergiasta lisääntyvä osa meni kudoksiin maidontuotannon sijasta.

Johtopäätökset

Aikaisemmat tutkimukset (esim. tasaväkirehukokeet, rehuannoksen valkuaispitoisuuden vaihtelu), havaittu runsas päivittäinen rehun syönnin vaihtelu sekä data-analyysit viittaavat vahvasti siihen, että yksilökohtaisesta ruokinnan säätelystä ei ole odotettavissa merkittävää tuotosten lisääntymistä. Suuri päivittäisen syönnin vaihtelu tekee ns. tarkkuusruokinnan päivätason toteuttamisen käytännössä mahdottomaksi. Ravintoaineiden saannin ei siten tarvitse olla päivittäin tasapainossa suhteessa tarpeeseen. Käytännössä ns. tarpeiden mukainen ruokinta ei ole mahdollista, sillä tarvenormit perustuvat populaatiosta saatuun dataan. Lehmien välillä on kuitenkin vaihtelua energian hyväksikäytössä sekä ylläpitoon että maidontuotantoon. Jos energian hyväksikäytön vaihtelukerroin on 5 % ja keskimääräinen tarve saadaan 20 kg:sta kuiva-ainetta, todellisuudessa 32 %:lla lehmistä tarve on joko yli 21 tai alle 19 kg/pv. Erot lehmien tuotosvasteissa ravintoaineiden saannin muutoksille ovat kohtuullisen pieniä, joten niiden havaitseminen on vaikeaa. Tuotostaso selittää vain pienen osan vaihtelusta. Laskennallinen energiatase oli paras yksittäinen tuotosvasteen ennustaja, mutta sen mittaaminen käytännön olosuhteissa on epärealistista.

Tämän projektin tulosten mukaan on hyvin epätodennäköistä, että yksilökohtaisesta tarkkuusruokinnasta saavat hyödyt lisääntyneenä tuotoksena ja sitä kautta vähentyneinä ammoniakkipäästöinä kattaisivat lisäkustannukset. Pyrittäessä vähentämään maitotilan ammoniakkipäästöjä huomion kiinnittäminen valkuaisruokinnan tasoon on huomattavasti tärkeämpää kuin valkuaisrehun yksilökohtainen annostelu.

TP1 b Väkirehun valkuaispitoisuuden tuotosvaste eri lehmäryhmillä, ruokintakoe

Auvo Sairanen, Annu Palmio, Sari Kajava, Marianna Keränen, Pekka Huhtanen

Johdanto

Rehuvalkuaisen käytön optimoimiseksi lisävalkuaisruokinta tulisi kohdentaa sille eläinryhmälle, jonka tuotosvaste lisävalkuaiselle on korkein. Käytännössä lehmät voidaan fenotyyppisesti jakaa eri eläinryhmiin ja valkuaisen tuotosvastetta voidaan tutkia näiden ryhmien sisällä. Ryhmittelymahdollisuuksia ovat esimerkiksi poikimakerta, tuotostaso ja tuotosvaihe. Eläintekijän lisäksi valkuaisruokinnalla voi olla eri tuotosvaste erityyppistä karkearehua käytettäessä. LyVan ruokintakoeosion tavoitteena oli tutkia tuotosvaiheen ja lisävalkuaisvasteen yhdysvaikutusta. Kokeen lisäfaktorina oli kokoviljan ja nurmisäilörehun vertailu. Hankkeen aihepiirin mukaisesti ruokintakokeen yleistavoite oli tutkia valkuaisen hyväksikäytön tehostamista ja tätä kautta ammoniakkipäästöjen vähentämismahdollisuutta.

Tutkimuksen hypoteeseina olivat 1) kokoviljaseoksella valkuaislisän tuotosvaste ja typen hyväksikäyttö ovat parempia kuin nurmisäilörehuruokinnalla, 2) kokoviljaseos tuottaa saman verran maitoa kuin nurmisäilörehu ja 3) valkuaisen tuotosvaste ja samalla valkuaisen hyväksikäyttö ovat korkeampia keskilaktaation lehmillä verrattuna loppulaktaatioon tai kerran poikineisiin lehtiin.

Kokeen suoritus

Koe tehtiin Luonnonvarakeskuksen Maaningan toimipisteessä 18.1.2018–30.4.2018. Kokeessa oli yhteensä 45 Ayrshire- ja Holstein-lehmää. Koelehmät jaettiin kovariaattijakson mukaisesti kolmeen blokkiin: loppulaktaatio (n=8), keskilaktaatio (n=21) ja ensikot (n=16). Loppulaktaatiovaiheen koelehmien aika poikimisesta oli keskimäärin kokeen aikana 297 (SD 49) päivää, keskilaktaatiovaiheen koelehmillä 163 (SD 22) päivää ja ensikoilla 198 (SD 49) päivää. Koeasetelma oli 2 x 2 faktoriaalinen. Kovariaattijaksoilla kaikki koelehmät olivat samalla seosrehuruokinnalla, joka oli keskiarvo kokeen aikaisesta ruokinnasta.

Varsinaisella koejaksolla lehmien karkearehuvaihtoehtoina olivat toisen sadon nurmisäilörehu ja nurmikokoviljaseos. Nurmi-kokoviljaseos sisälsi kokoviljaa (vehnä/kaura) keskimäärin 40 % kuiva-aineessa laskettuna. Koejaksolla oli neljä eri dieettiä: 1) nurmisäilörehu ja matala RV (149 g/kg ka), 2) nurmisäilörehu ja tavanomainen RV (169 g/kg ka), 3) nurmi-kokoviljaseos ja matala RV (136 g/kg ka) sekä 4) nurmi-kokoviljaseos ja tavanomainen RV (156 g/kg ka). Koe toteutettiin kolmijaksoisena switch back koeasetelmana, jossa lehmän karkearehutyypin pysyi koko ajan samana, mutta valkuaispitoisuus vaihtui jakson päätyttyä.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Yksityiskohtainen kuvaus kokeesta on esitetty liitteessä 1.

Kokeessa käytetty toisen sadon nurmirehu oli säilönnälliseltä laadultaan kohtalaista. Matala sokeripitoisuus ja korkea VFA-pitoisuus indikoivat jonkinlaista matalan kuiva-ainepitoisuuden rehun virhekehymistä. Kaura-vehnä-kokoviljan analyysiarvot olivat kokoviljalle tyypilliset.

Matalin dieetin raakavaluapitoisuus oli 136 g/kg ka ja vastaava PVT 19 g/kg ka, joten tyyppi ei oletettavasti ollut mikrobisynteesiä rajoittava tekijä matalimmallakaan valkuaisruokintatasolla. Matalan valkuaispitoisuuden kokoviljaseosdieetillä ruokinnan OIV-pitoisuus oli 85 g/kg ka, joka on maataloilla vallitsevaan käytäntöön verrattuna todella matala. Kokeen hieman heikkolaatuisella karkearulla mikrobisynteesi on oletettavasti pienempi verrattuna hyvälaatuisen ykkössadon rehuun, joten valitulla koejärjestelyllä saatiin aikaiseksi käytännön ruokintaa ajatellen hyvin selkeät erot OIV-saannissa eri koejäsenten välille.

Kokovilja aikaisempien koetulosten tapaan lisäsi rehunsyöntiä kompensoiden kokoviljan matalaa energiapitoisuutta. Kokoviljadietin energiansaanti oli jopa numeroarvoisesti suurempi verrattuna nurmidieettiin. Eri karkearehudieeteillä OIV:n saanti oli sama. Karkearehusta peräisin oleva NDF oli pötsiterveyden kannalta kaikilla dieeteillä hyväksyttävällä tasolla.

Dieetin valkuaispitoisuuden lisäämisen vaikutukset olivat selkeät. Rehujen syönti ja ravinnonsaanti olivat valkuaislisädieetillä selkeästi korkeimmat. Valkuaislisä nosti syöntiä kaikissa blokeissa saman verran, keskimäärin 0,6 kg ka. Elopainonmuutoksissa ei ollut tilastollisia eroja. Keskimäärin elopainot nousivat kokeen aikana 61 kg eli 0,97 kg/pv.

Syönti heijastuu suoraan maitotuotokseen. Karkearehutyypin välillä ei ollut eroa maitotuotoksissa eikä maidon pitoisuuksissa. Numeroarvoisesti ekm-tuotos, valkuais- ja rasvapitoisuudet olivat kokoviljaseoksella nurmidieettiä korkeammat ($p < 0.2$). Maidon ureapitoisuus oli kokoviljadietillä matala, mutta yllättäen ero

nurmidaeettiin oli kohtuullisen pieni. Kokoviljadieetin valkuaispitoisuus on matala, mutta lisääntynyt syöntimäärä, ja samalla rv-saanti, ilmeisesti ylläpitää maidon ureapitoisuutta.

Lisävalkuainen nosti sekä maito- että ekm-tuotosta 1,4 kg/pv. Valkuaislisä nosti myös maidon valkuaispitoisuutta, mikä indikoi aminohappojen saannin vajavuutta ilman lisävalkuaista olevilla dieeteillä. Valkuaislisän pitoisuusvaste oli sama nurmi- ja kokoviljadieetillä. Maitotuotosero lisävalkuaikesten välillä on huomattava, mutta ilman lisävalkuaista olleiden lehmien kohdalla ei kuitenkaan voi puhua tuotosromahduksesta. Energiakorjatun maidon osalta lisävalkuaisesta luopuminen alensi tuotosta 4,5 %. Valkuaisruokinta noudattaa vähenevän lisätuoton lakia joten valkuaikesten nosto tässä käytettyä korkeammaksi tuottaisi vielä pienemmän tuloksen.

Rehun valkuaispitoisuuden lisäyksen yhdysvaikutukset

Väkirehun valkuaispitoisuuden nosto lisäsi ekm-tuotosta saman verran molemmilla karkearehukäsittelyillä. Numeroarvoisesti kokoviljaseos hyötyi lisävalkuaisesta nurmidaeettiä enemmän (1,7 kg ekm vs 1,1 kg ekm). Kuiva-aineen syöntiä valkuaislisä nosti enemmän kokoviljaa sisältävällä dieetillä nurmidaeettiin verrattuna, mikä on linjassa tuotantotuloksen kanssa. Maidon ureapitoisuus, 16,7 mg/dl matalan lisävalkuaikesten kokoviljadieetillä, on vielä hyväksyttävällä tasolla, mutta alkaa lähestyä mikrobisynteesiä rajoittavaa typensaantirajaa. Dieetin valkuaispitoisuuden lähtötaso oli kokeessa huomattavan matala ja voi olettaa, että tavanomaisemmillä dieetin rv-pitoisuuksilla liikuttaessa lisävalkuaisen ekm-vaste on riippumaton karkearehutyypistä. Toisaalta koe osoittaa, että lehmät saavuttavat kohtuullisen tuotostason kokoviljaa sisältävän dieetin todella matalalla valkuaikesten tasolla.

Kokeen hypoteesi valkuaisruokinnan korkeammasta vasteesta tuottavimmalla eläinryhmällä ei saanut tukea. Numeroarvoisesti korkein vaste (1,9 kg ekm) valkuaikesten nostolle oli kuitenkin keskilaktaatiokauden lehmillä (blokki*valk p=0.19). Loppulaktaatiossa vaste oli selkeästi pienin 1,1 kg ekm. Loppulaktaatiokauden lehmäluku oli vain 8, mikä lisää hajontaa ja tekee tilastotestistä heikon. Lisäksi kokeen aloitus myöhästyi Luke Maaningan ruokintakioskien vaihdon vuoksi ja kokeeseen ei saatu selkeää huipputuotoskaudella olevien lehmien ryhmää. Kirjallisuustietojen perusteella tuotostasolla ei ole merkittävää vaikutusta valkuaisruokinnasta saatavaan tuotoslisäykseen. Laktaatiovaiheen merkityksestä tuotosvasteisiin on hyvin vähän koetuloksia ja tältä osin lisätutkimukselle olisi edelleen tilausta.

Laskettaessa valkuaisen tuotosvaste saatua OIV-gramman lisäystä kohti vaste oli sama blokista riippumatta (blokki*valk p=0,41) ja vaihteli 0,37-0,42 g maidon valkuaista / lisä OIV-gramma. Väkirehun valkuaisen kohdentamisesta tuotoskauden mukaan ei tämän kokeen perusteella olisi hyötyä valkuaikesten tuotoksen suhteen. Loppulaktaatiokauden johtopäätökset tarvitsisivat kuitenkin lisää tutkimustuloksia lehmien kuntoluokka huomioiden.

Typen hyväksikäytössä ei ollut eroja kokoviljaseoksen ja nurmidaeetin välillä. Kokoviljan matala raakavalkuaispitoisuus kompensoitui syönnin lisäyksellä ja typen hyväksikäyttö maidontuotantoon oli molemmilla käsittelyillä hyvin tavanomainen 30 %. Väkirehun valkuaispitoisuuden nosto alensi dieetin typen hyväksikäyttöä 2.8 prosenttiyksikköä. Dieetin rv-pitoisuudella on suuri merkitys N-hyväksikäyttöön, mutta luonnollisesti typen kokonaissaannilla on pitoisuutta suurempi merkitys.

Kokoviljadieetillä ammoniakkitappio oli 28 kg/lehmä/vuosi ja nurmiruokinnalla 32 kg/lehmä/vuosi, eli kokoviljan käytöllä voitiin alentaa päästöjä ilman tuotosmenetystä. Valkuaisruokinnalla oli kokoviljaa suurempi merkitys tappioihin: matala valkuaikesten taso 25 kg NH₃/lehmä/vuosi ja tavanomainen valkuaikesten taso 33 kg NH₃/lehmä/vuosi

Johtopäätökset

Kokovilja osoittautui maidontuotantovaikutukseltaan samanarvoiseksi rehuksi kuin toisen sadon nurmirehu, kun nurmesta korvattiin 40 % kokoviljalla. Tutkimustuloksia tarvittaisiin lisää ensimmäisen niiton korkeasulavuuksisen nurmirehun täydentämisestä kokoviljalla. Tulosten perusteella voi todeta, että kokoviljan käytöllä ei ole typen hyväksikäytön tai eläinravitsemuksen kannalta etua verrattuna toisen sadon nurmirehuun. Kokoviljan hyöty on ammoniakkipäästöjen vähentäminen ja mahdolliset hyödyt rehunviljelyssä.

Väkirehun valkuaiskomponentin jättäminen pois ruokinnasta pienensi maitotuotosta 5 %. Tuotosmenetykset on oletettua pienempi ottaen huomioon koeruokintojen alimmat OIV- ja raakavaluauisastot sekä perusrehujen laatu. Koe yhdessä aikaisempien tutkimusten kanssa osoittaa, että mautiloilla on varaa leikata korkeimpia valkuaisen ruokintatasoja pienemmäksi. Väkirehun lisävalkuaisella oli huomattava merkitys ammoniakkipäästöön.

Lisävalkuaisen maitotuotosvaste oli sama kokoviljaseosdieetin ja nurmidieetin välillä. Numeroarvoisesti kokoviljaseos hyötyi lisävalkuaisesta nurmidieettiä enemmän. Tavanomaisilla dieetin raakavaluauispitoisuuksilla liikuttaessa voisi olettaa lisävalkuaisvasteen olevan karkearehutyypistä riippumaton.

Kokeessa ei havaittu yhdysvaikutusta laktaatiovaiheen ja lisävalkuaisruokinnan välille huolimatta loppulaktaatiokauden numeroarvoisesti pienimmästä valkuaisvasteesta. Kokeen tilastotesti kärsii loppulaktataiokauden ryhmän pienestä eläinmäärästä. Loppupäätelmänä kuitenkin on, että koe ei antanut todistusvoimaa valkuaisruokinnan kohdentamisen hyödyistä kokeessa käytetyillä tuotosvaiheilla.

TP2. Aminohappojen saanti eri dieeteillä

Aila Vanhatalo, Tuomo Kokkonen, Pekka Huhtanen

Kaikki valkuaisenarviointijärjestelmät käsittelevät aminohappojen saantia ohutsuoletta imeytyvän valkuaisen (OIV) tasolla. On kuitenkin hyvin tiedossa, että kudostasolla lypsylehmien valkuaisen tarve on aminohappojen tarvetta samoin kuin yksimahaisilla kotieläimillä. Märehtijät eivät ole silti riippuvaisia rehuannoksen aminohappojen määrästä ja koostumuksesta samalla tavoin kuin yksimahaiset eläimet. Tämä johtuu siitä, että pötsi pystyy muodostamaan rehun tyypillisistä yhdisteistä mikrobivalkuaista, jonka aminohappokoostumus on hyvä. Mikrobivalkuainen on märehtijän pääasiallinen aminohappojen lähde, jota rehuperäinen valkuainen täydentää. Pötsin mikrobitoiminta kuitenkin vaikeuttaa lehmän kudosten käyttöön tulevan aminohappojen määrän ja koostumuksen arviointia. Täydentämällä rehuannosta yksittäisillä suojuatuilla aminohapoilla tai tasapainottamalla rehuannoksen aminohappokoostumus eläinten tarve voidaan mahdollisesti tyydyttää pienemmällä rehuannoksen valkuaispitoisuudella. Näin voidaan parantaa erityisesti sellaisten valkuaisrehujen hyväksikäyttöä, joiden pötsihajoavuus on suuri ja aminohappokoostumus epätasapainoinen. Tällä tavoin voidaan vähentää ympäristön kannalta erityisen haitallisia virtsan typpipäästöjä.

Tämän työpaketin tavoitteena oli analysoida tilastollisten mallien avulla, voidaanko tuotosvasteiden ennustamista tarkentaa täydentämällä olemassa olevia malleja yksittäisten aminohappojen saanneilla tai osuuksilla. Tuotosvasteaineisto sisälsi 1082 havaintoa (koeruokintojen keskiarvoja) 246 tutkimuksessa. Aineisto käsitti rehun syönnit, maitotuotostiedot sekä energian ja ravintoaineiden saannit. Aminohappojen saannin laskentaa varten aineistoa täydennettiin ruokintoihin sisältyvien rehujen aminohappopitoisuuksilla. Ne tallennettiin rehutaulukkoarvojen perusteella. Lähteenä käytettiin kotimaista rehutaulukkoa, jota tarvittaessa täydennettiin ulkomaisten rehutaulukkojen (NorFor, INRA, NRC) tiedoilla. Mikrobivalkuaisen aminohappokoostumus ja alkueläinten osuus mikrobivalkuaisessa arvioitiin pääasiassa kotimaisiin tutkimusaineistoihin tukeutuen. Mikrobi- ja rehuperäisen valkuaisen sulavien aminohappojen saannit laskettiin kotimaisessa rehutaulukossa esitettyjen laskentamallien mukaisesti. Tilastollinen analyysi tehtiin

SAS-ohjelmiston Mixed-proseduurilla käyttäen regressiomallia, jossa koe oli satunnaistekijänä. Perusmallissa selittävinä tekijöinä olivat muuntokelpoisen energian (ME, MJ/pv) ja ohutsuolesta imeytyvän rehuperäisen valkuaisen (rehu-OIV, g/pv) saanti. Perusmallia täydentävinä selittävinä tekijöinä käytettiin yksittäisten välttämättömien aminohappojen osuuksia (g/kg) OIV:ssa tai välttämättömissä aminohapoissa. Mallien avulla testattiin voidaanko valkuaisuutoksen ennustamista tarkentaa aminohappojen saantia kuvaavilla muuttujilla (lineaariset ja 2.asteen mallit). Mallien random-lauseeseen sisällytettiin leikkauspisteen lisäksi ME-saanti. Lisäksi tehtiin erillinen analyysi, jossa aineistoa tarkasteltiin OIV/ME-suhteen (7.9 g/MJ ME) perusteella kahteen osaan jaettuna. Mallien valintakriteereinä käytettiin jäännösvirhettä (RMSE), korjattua selityssastetta ja Akaiken korjattua informaatiokriteeriä (AICC). Selittävien muuttujien välistä korrelaatiota (multikollineaarisuus) arvioitiin SAS-ohjelmiston REG-proseduurin ”variance inflation factor” (VIF) -option avulla.

Mallinnuksen tulokset osoittivat, että ME:n ja rehu-OIV:n sisältävä perusmalli selitti tarkasti suuren osan valkuaisuutoksen kokonaisvaihtelusta. Selityssaste oli siinä määrin korkea, että aminohappojen saannin optimoinnille jäi melko rajallisesti tilaa. Yksittäisten aminohappojen lisääminen malliin paransikin vain marginaalisesti valkuaisuutoksen ennustetta. Arginiinin, histidiinin ja leusiinin (g/kg OIV) sisällyttäminen malliin paransi ennustetta tilastollisesti merkitsevästi, mutta määrällisesti niiden osuuksien muutosten vaikutukset ennustettuun tuotokseen olivat pieniä. Esimerkiksi yhden keskihajontayksikön suuruinen lisäys leusiinin osuudessa (1,7 g/kg OIV) kasvatti valkuaisuutosta 5 g/pv. Toisen asteen vaikutukset olivat merkitseviä leusiinin ja metioniinin osalta. Kahden aminohapon mallissa merkitseviä vaikutuksia havaittiin, kun malliin sisällytettiin leusiinin ohella isoleusiini, treoniini, valiini ja fenyylialaniini. Kahteen osaan jaetun aineiston analyysin perusteella yksittäisten aminohappojen vaikutukset olivat suurempia silloin, kun OIV/ME-suhde oli pieni. Tulosten mukaan aminohapposaannin optimoinnin potentiaali lisätä valkuaisuutosta säilörehupohjaisessa ruokinnassa on melko pieni johtuen ohutsuoleen virtaavan mikrobi- ja ohitusvalkuaisen tasapainoisesta aminohappokoostumuksesta. Jos kuitenkin sovelletaan nykyistä matalampaa valkuaispitoisuutta ruokinnassa tai käytetään aminohappoprofiililtaan puutteellisia valkuaislähteitä, aminohappojen optimoinnille voidaan odottaa suurempia vasteita. Tutkimuksen tulokset tukivat aikaisempia tuloksia siitä, että ohutsuoleen virtaavan valkuaisen histidiini/metioniini-suhde on pienempi nurmisäilörehupohjaisessa ruokinnassa kuin maissipohjaisessa ruokinnassa. Tutkimuksen tuloksista pidettiin suullinen esitys ”Modeling milk protein yield responses to amino acid supply of dairy cows fed silage-based diets” American Dairy Science Association’in (ADSA) kongressissa Ohiossa Cincinnati’issa 23.- 26.6.2019.

TP3. Typpiylijäämän ja ammoniakkipäästöjen tilatason mallinnus

TP 3 a. Taustaselvitys Tuotosseurannassa olevin tilojen valkuaisruokinnan tasosta

Auvo Sairanen

Työpaketin yhtenä tavoitteena oli tehdä taustaselvitys valkuaisruokinnan nykytasosta. Aineistona oli hankkeen alussa ProAgrian toimittamat päivälaskelmat vuosilta 2014 - 2015. Aineisto sisälsi tietoja yhteensä 4046 maatilalta ja päivälaskelmien lukumäärä oli kahden seurantavuoden ajalta 21277 kpl. Osalla tiloista löytyi vain yksi päivälaskelma ja muutamilta tiloilta useita kymmeniä.

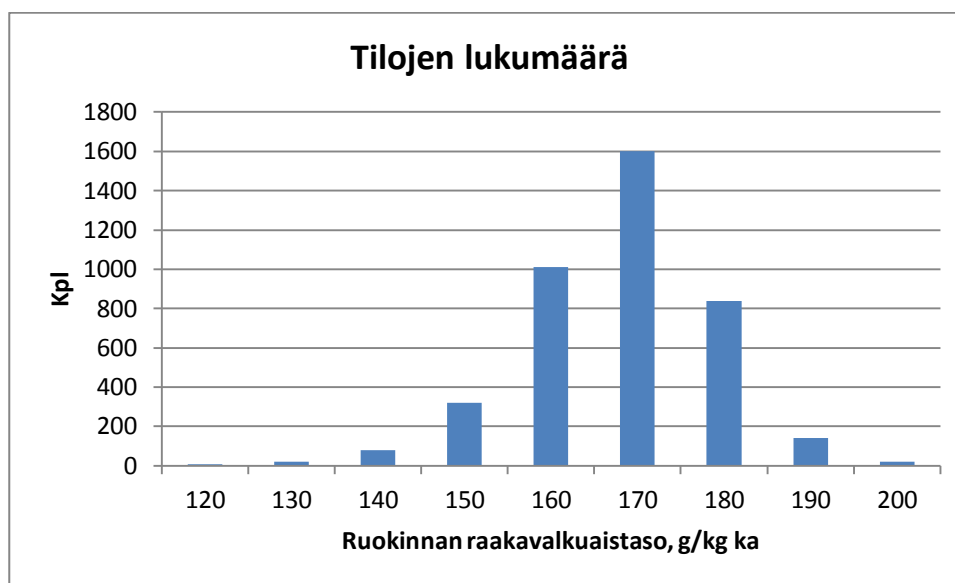
Tuotosseurannan mukaan kaikkien laskelmien ruokintojen keskimääräinen OIV pitoisuus oli 97,3 g/kg ka ja raakavalkuaispitoisuus 168 g/kg ka. Valkuaispitoisuuden vaihtelut (95 % luottamusväli, ääripääät poistettu) aineistossa oli 92 -105 g OIV /kg ka ja raakavalkuainen 146-188 g/kg ka. Tuotosvasteaineiston perusruokinnan OIV taso on 95 g/kg ka, joten maatilojen keskiarvo ylittää tämän. Dieetin OIV pitoisuus yli 100 g/kg ka löytyi 21 % tiloilta. Korkea OIV-pitoisuus on osittain seurausta korkeasta väkirehuprosentista, koska viljan OIV-arvo on säilörehua korkeampi. Yleissuuntaus on, että ruokinnan OIV- pitoisuuden nousun myötä myös keskituotos nousi. Korkea valkuaispitoisuus ei kuitenkaan ole edellytys korkealle tuotokselle.

Esimerkiksi 11 000 kilon keskituotoksen (aineistossa 126 tilaa) voi saavuttaa dieetin OIV-pitoisuudella 95 – 105 g/kg ka. Vertailun vuoksi voi mainita LyVa-hankkeen ruokintakoe, jossa OIV-tasot olivat 86 g OIV/kg ka ja 92 OIV/kg ka.

Kuviossa 1 on esitetty frekvenssijakauma maatalojen käyttämistä ruokinnan raakavalkuaistasoista jaettuna 10 g/kg ka luokkavälillä. Suurin osa tiloista oli luokassa 170 g/kg ka. Luokassa 180 g/kg ka (=OIV 98 g/kg ka) tai sen yli oli 333 tilaa eli 10 % tiloista.

Korkeimmissa tuotosluokissa tilalliset pyrkivät huolehtimaan kaikki seikat mahdollisimman hyvin. ProAgrian neuvojen kanssa käytyjen keskustelujen mukaan osa korkeatuottoisista maataloista käyttää yli 100 g OIV pitoisuuksia huolimatta optimoinnin antamasta tuloksesta. Tällöin valkuaisruokinta perustuu uskomukseen valkuaisen tuotosvaikutuksesta eikä optimointiohjelmien ennusteyhtälöihin.

Kuva 1. Frekvenssijakauma maataloista eri raakavalkuaispitoisuusluokissa



TP 3b. Lypsikki-maatalan ravinnetasemallin kuvaus

Auvo Sairanen, Pekka Huhtanen

Maitotilan ravinnetaseet ja ammoniakki-N ($\text{NH}_3\text{-N}$) päästöt on laskettu Lypsikki-maatalamallilla. Malli perustuu aiemmin julkaistuun maitotilan fosforimalliin (Huhtanen ym. 2011; Nousiainen ym. 2011). Yksityiskohtainen kuvaus tässä työpaketissa käytetystä Lypsikki-maatalamallista julkaistaan myöhemmin "Huhtanen et al., Simulations of on-farm N losses in Finnish dairy farms". Liitteessä 2 on kuvattu tässä raportissa käytetyn laskennan perusteet.

Tarkastelu perustuu eri skenaarioiden vertailuun. Vertailujen esimerkkikarjaksi on valittu tyypillinen 75 lypsylehmän tila sisältäen tarvittavat uudistuseläimet 35 % uudistuksen mukaisesti. Perusskenaariossa uudistuseläimiä oli 60 kpl ja käytettävissä oli 100 ha peltoalaa. Mallissa ensimmäisen niiton sato ohjataan lypsylehmille ja jälkisato sekä mahdollinen kokovilja käytetään pääasiassa uudiskarjalle. Dieetin koostumus on optimoitu täyttämään eläinten ravinnetarve ruokintataulukoiden suositusten mukaisesti. Ruokinnasta peräisin oleva tyyppi jaetaan maidon, elopainon lisäyksen, sonnan ja virtsan kesken laajasta tutkimusaineistosta empiiristen mallien mukaan.

Ammoniakkitappiot lasketaan Suomen ympäristökeskuksen käyttämän menetelmän mukaisesti (Grönroos ym. 2017). Laskenta perustuu oletukseen, että virtsassa eritetty typpi (TAN, total ammoniacal nitrogen, kg N) vastaa yhteenlaskettua ammoniakki- ja ammoniumtyypen määrää. Virtsan typpi sisältää kuitenkin myös kreatiinia ja puriinijohdannaisia, jota eivät ole haihtuvia. Maatilamallissa liete käytetään ensisijassa muokattuun maahan (peltolevityksen N-tappio 10 % TAN määrästä, multausta heti levityksen jälkeen) ja mahdollinen ylimäärä pintalevityksenä nurmille (N-tappio 40 % TAN määrästä). Kokonaistappioihin lisätään navetassa ja varastoinnissa syntyvät TAN tappiot. Maatilamallin laskennassa ei huomioida muita kaasumaisia typpiyhdisteitä, joiden määrä on lietelantamenetelmällä noin yksi prosentti eritetystä tyypen määrästä. Haihtumistappiot esitetään ammoniakkityypinä, jolloin $\text{NH}_3\text{-N} = 1,21 \text{ kg NH}_3$.

Simulaatiot

Viljelyintensiteetin vaikutusta ammoniakkityppipäästöihin simuloitiin lisäämällä eläinmäärää välillä 60-100 lehmää 5 eläimen portain. Peltoala oli kaikissa vaihtoehdoissa 100 ha. Lisäfaktorina intensiteettiskenaarioissa käytettiin kokoviljaa.

Uudistusprosenttitarkastelussa karjan uudistusprosentti lisääntyi välillä 25 – 50 % viiden prosentin välein. Kaikissa tapauksissa nurmirehu tuotettiin tilalla ja poistojen lisääntyessä tarvittava lisäväkirehu ostettiin tilan ulkopuolelta. Tilan ulkopuolella oleva peltoala ei kuulunut laskennan piiriin, mutta ulkopuolelta tuodun väkirehun ravinteet huomioitiin päästöissä ja porttitaseessa. Uudistusprosentin vaikutus poikimakertojen määrään ja vastaavasti maitotuotokseen otettiin laskussa huomioon.

Lisävalkuaisruokinnan merkitystä simuloitiin 7-portaisesti dieetin raakavalkuaistasoilla 138-179 g/kg ka. Matalin valkuaisratio oli ilman lisävalkuaisruokintaa ja korkein noin 4 kg rypsirouhetta. Optimoinnissa ensin suunniteltiin normit täyttävä perustaso 166 g/kg ka ja muut vaihtoehdot suhteutettiin tähän tasoon (=100) siten, että väkirehun määrä kaikilla väkirehuruokinnoinnoilla oli sama kuin perustasolla, mutta rypsirouheen osuus vaihtui. Rypsirouheen osuudet olivat 0, 25, 50, 75, 125 ja 150% verrattuna perustasoon 100. Laskelman vertailukohtana olevan perustason ruokinnan OIV pitoisuus oli 94 g/kg ka. Muutoksen vaikutus rehunsyöntiin ja maitotuotokseen laskettiin hankkeessa päivitettyllä Lypsikki-mallilla. Optimoinnissa käytettiin tämänhetkistä rypsirouheen hintatasoa sekä 20 prosentilla korotettua hintatasoa.

Typpilannoituksen merkitystä simuloitiin lisäämällä typpilannoitusta 20 kilon portain välillä 100-200 kg N/ha. Lisäfaktoreina oli kaksi eläinpainetta (60 tai 75 lehmä /100 ha) ja kaksi säilörehu / vilja-alasuhdetta (60:40 ja 75:25). Lannoituksen mukaan lisääntynyt nurmisato vähensi ostoväkirehun tarvetta. Typpilannoitusskenaariossa kaksi lisääntynyt nurmisato vähensi nurmialaa ja lisäsi viljan viljelyyn käytettävää alaa.

Tulokset

Eläintiheyden nosto 60 -> 100 lehmää vakioitua 100 hehtaarin peltoalaa kohti nosti $\text{NH}_3\text{-N}$ tappiot 21 -> 57 kg /lehmä/v. Samalla nurmelle tapahtuvan pinta-levityksen tarve lisääntyi 16.6 prosentista 88.6 prosenttiin peltoalasta. Maitokiloa kohti laskettuna tappiot nousivat 3,7 -> 5,9 g/kg ekm. Tappioiden suuruus on peräisin nurmille pintalevitetystä lietteestä. Eläintiheyden lisääntyessä suurempi osa tilan pelloista käytetään nurmirehun tuotantoon, jolloin nurmelle tapahtuvan lietteen levityksen tarve lisääntyy.

Kokoviljan lisääminen ruokintaan yhdessä eläintiheyden lisääntymisen kanssa vähensi peltoviljelyn osalta $\text{NH}_3\text{-N}$ merkittävästi verrattuna pelkkään nurmirehuun karkearehuna. Kokoviljan käyttö yleisesti vähentää ammoniakkitappioita vähentyneen virtsan typpimäärän ja samalla vähentyneen laskennallisen $\text{NH}_3\text{-N}$ määrän kautta. Kokoviljan käyttö myös vähentää lietteenlevitysstrategiasta riippuen ammoniakin peltotappioita. Maitotuotokseen kokoviljan käytöllä ei ole vaikutusta.

Lehmien poistojen lisääntyminen uudistusprosenttina ilmaistuna 25 -> 50 prosenttiin lisää $\text{NH}_3\text{-N}$ päästöjä 13 kg/lehmä/v ja 1,6 g/kg ekm. Uudistuskarjan määrän lisääntymisen myötä tilalle tuodaan lisää rehua, mutta maidon myynti jopa hieman laskee karja keskipoikimakerran pienentyessä.

Tuotannon NH₃-N tappiot nousivat lineaarisesti korkeimmalle valkuaisruokintatasolle saakka (Taulukko 1). Samanaikaisesti maitotuotos nousi vähenevän rajatuotoksen mukaisesti, joten maitotuotokseen suhteutettuna N-tappiot nousivat valkuaisruokinnan lisääntyessä. Normitason ylittävällä ruokinnalla ekm-tuotos nousi vain 0,3 kg/pv. Ääripäiden välillä laskettuna valkuaisruokinnasta luopuminen vähensi N-tappioita 39 %. Vastaavasti tuotosmenetyks oli 6 % (30,8 vs 29,0 kg ekm/pv). Nykyisillä maidon ja rehun hinnoilla valkuaisrehuista luopuminen johtaisi 160 € tulon menetykseen lehmää kohti vuodessa. Korkeimmalla valkuaisruokintatasolla (150) tulot olisivat lisääntyneet karjatasolla noin 2600 € vuodessa, mutta samalla N-päästöt olisivat lisääntyneet noin 15 %. Valkuaisrehujen käytön vähentämisellä saavutetun päästövähennyksen hinta oli 7.3 €/kg NH₃-N välillä 100 (perustason rypsimäärä) – 75 (25 %:n vähennys rypsin määrässä ja vastaavasti 14.3 €/kg välillä 25 – 0 (ei valkuaisrehua). Nykyhinnoilla perustason ylittävällä valkuaisruokinnalla päästövähennyksen kustannus olisi 2.3 – 4.3 €/kg. Todennäköiset tulojen menetykset ovat hieman mallinnettuja suurempia, sillä ennustettu tuotoksen lisäys oli jonkin verran tutkimuksissa havaittuja pienempiä. Valkuaisrehun hinnan ollessa 20 % nykyistä korkeampi taloudellinen optimi saavutettiin normitasolla. Suhteutettaessa päästövähennykset koko maan pinta-alaan, niin maidontuotannon (uudistus mukana) valkuaisrehujen käytön puolittaminen vähentäisi päästöt 0.41 kg:sta 0.34 kg:aan/ha.

Soijan käyttö märehijöillä on Suomessa lopetettu vuoden 2005 jälkeen. Soijan korvaaminen rypsilä vähensi mallin mukaan ammoniakkipäästöjä 6 kg/lehmä/v, kun verrataan normitason rypsiä saman ekm-määrän tuottavaan soijaruokintaan. Erotus rypsin hyväksi johtuu siitä, että rypsi-ruokinnalla saavutetaan sama maitomäärä soijan kanssa soijaa pienemmällä valkuaismäärällä. Soijasta ei voida luopua uudelleen, mutta soijan käyttö on yksi näkökulma valkuaisruokintaa tarkasteltaessa.

Taulukko 1. Väkirehun valkuaisosuuden vaikutus tuotantoon ja NH₃-N tappioihin

Rouheen osuus perustasosta	Dieetin rv g/kg ka	Dieetin OIV g/kg ka	Maito kg ekm	maito-rehukust, €/pv	virtsan N kg /le/v	NH ₃ -N tappio kg/le/v
0	138	86	29.0	8.76	56	23
25	145	88	29.5	8.94	64	26
50	152	90	29.8	9.06	71	28
75	159	92	30.2	9.17	78	30
100	166	94	30.5	9.26	85	33
125	172	96	30.6	9.32	92	35
150	179	98	30.8	9.35	98	38

Typpilannoituksen lisääminen 100 → 200 kg N/ha vähensi nurmialan tarvetta 75 ha → 54 ha. Mallinnoituksen nurmen keskisato oli maltillinen 4400 kg ka/ha. Lannoitustason lisäys lisäsi NH₃-N tappioita navetassa ja lietesäiliössä, mutta vähensi peltotappioita malliin valitulla viljelytekniikalla. Yhteisvaikutuksena lannoituksella ei ollut vaikutusta lehmäkohtaiseen NH₃-N -tappioon (Taulukko 2). Tilanne muuttuu, jos nurmiala pidetään vakiona ja lisääntynyt nurmisato vähentää ostorehujen tarvetta (Taulukko 2 alaosa). Tällöin typpilannoituksen nosto 80 → 155 kg N/ha lisäsi lehmäkohtaista NH₃-N päästöä 30 → 38 kg /lehmä/v lisääntyneiden peltotappioiden vuoksi. Typpilannoituksen vähentämisestä saatavan päästövähennyksen hinta vaihteli välillä 1.5 – 14.1 €/kg NH₃-N riippuen käytetystä lannoitustasosta; pienin kustannus kun lannoitusta lisättiin korkeilla tasoilla.

Nykyisillä nurmilajikkeilla maksimaalinen sato saavutetaan koeolosuhteissa vasta 400 kg N/ha lannoitustasolla ilman huomattavaa rehun typpipitoisuuden nousua (Kykkänen ym. 2018). Kykkänen ym. (2018) mukaan nurmen raakavalkuaispitoisuus nousi 111 g/kg ka → 122 g/kg ka kun lannoitustaso nousee 100 → 200 kg N/ha. Typpilannoituksella vaikutetaan maatilan rehuhuoltostrategiaan huomattavasti enemmän kuin mitä vaikutukset ammoniakkipäästöissä ovat.

Taulukko 2. Typpilannoituksen vaikutus NH₃-N päästöihin.

Kun lannoitus vähentää nurmialaa								
N, nurmille	nurmiala	satotaso	ekm	maitotuotto- rehukust,	NH ₃ N tappio, kg /lehmä			
					kg/ha	ha	kg ka/ha	kg/pv
60	75.0	3890	30.3	9.10	11.0	5.4	13.0	29.4
80	72.0	4129	30.3	9.16	11.5	5.6	12.6	29.6
100	67.0	4271	30.3	9.19	11.8	5.7	11.2	28.7
120	64.0	4406	30.3	9.22	12.2	5.9	10.6	28.7
140	61.0	4503	30.3	9.25	12.6	6.1	9.9	28.7
160	58.5	4596	30.3	9.27	13.1	6.3	9.5	28.9
180	56.0	4654	30.3	9.29	13.5	6.5	9.0	29
200	54.0	4705	30.3	9.30	13.9	6.7	8.8	29.4

Kun lannoitus vähentää ostorehun määrää								
N, nurmille	nurmiala	satotaso	ekm	maitotuotto- rehukust,	NH ₃ N tappio, kg /lehmä			
					kg/ha	ha	kg ka/ha	kg/pv
80	75	4553	30.4	9.06	15.4	7.5	7.1	30.0
95	75	4778	30.5	9.14	16.2	7.9	7.4	31.6
110	75	4975	30.5	9.20	17.1	8.3	7.8	33.2
125	75	5141	30.5	9.24	18.0	8.7	8.2	34.9
140	75	5276	30.5	9.27	18.9	9.1	8.5	36.5
155	75	5379	30.5	9.28	19.7	9.4	8.9	37.9

Yhteenvetona voi todeta lietteen levitystekniikan olevan merkittävin ammoniakkipäästöihin vaikuttava tekijä. Ruokintamuuttujista ylisuuria ruokinnan raakavalkuaispitoisuuksia pitää välttää ja kokoviljan käytöllä on päästöjä vähentävä vaikutus. Karjan kestävyyyteen täytyy myös kiinnittää huomiota ja pitää tuottamattoman uudiseläinten määrä mahdollisimman pienenä. Typpilannoituksella rehuperäisiin päästöihin voidaan vaikuttaa vain vähän, koska nykyisin käytössä olevilla nurmilajikkeilla lannoitus lisää satotasoa ja samalla nurmen raakavalkuaispitoisuus nousee vain maltillisesti. Nurmirehun raakavalkuaispitoisuuden nousu lannoituksen mukana lisää virtsan typen määrää, mutta käytetyn mallin mukaan tämä kompensoitui mullattavan pinta-alan lisääntymisen vuoksi.

Edellä mainittujen toimenpiteiden vaikutus Suomen ammoniakkilaskeumaan on kaiken kaikkiaan suhteellisen pieni johtuen Suomen pienestä eläintihydestä. Suomen ammoniakkipäästöt ovat alentuneet viime vuosien aikana lietteen sijoituksen yleistymisen ja eläinmäärän vähenemisen vuoksi. Suuntauksen jatkuessa Suomella on mahdollisuudet saavuttaa ammoniakkipäästöjen vähentämistavoitteet.

Viitteet

Grönroos, J., Munther, J. & Luostarinen, Sari. 2017. Calculation of atmospheric nitrogen and NMVOC emissions from Finnish agriculture. Description of the revised model. Reports of Finnish environment institute 37/2017.

Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Turtola, E. 2011. Dairy farm nutrient management model: 2. Evaluation of different strategies to mitigate phosphorus surplus. *Agricultural Systems* 104:383-391.

Kykkänen S., Hyrkäs M., Korhonen P., Hartikainen M., Toivakka M., Kauppila R., Kärkönen A., & Virkajärvi P. 2018. New nitrogen fertilisation experiments challenge the old yield responses of forage grasses in Finland. Proceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation Cork, Ireland 17-21 June 2018.

Nousiainen, J., Tuori, M., Turtola, E. & Huhtanen, P. 2011. Dairy farm nutrient management model. 1. Model description and validation. *Agricultural Systems* 104:371-382.

TP 3c. LyVa-maatilan ravinnetasemallin kuvaus

Auvo Sairanen

Lypsikki-tilamallin lisäksi hankkeen alussa laadittiin Excel-laskuri (LyVa-tilamalli), joka kuvaa maatilan typpi- ja fosforikiertoa porttitaseperiaatteella maatilalle tuotujen ja maatilalta vietyjen ravinteiden erotuksena. LyVa-tilamalli kääntää annetun ruokintaskenaarion karjan tarvitsemaksi rehualaksi ja laskee eritykset, ravinnekierron sekä ammoniakkipäästöt säädettävissä olevien ympäristö- ja tuotantorajoitusten mukaisesti. Eläintiheys laskurissa huomioidaan valittavissa olevan ostorehuosuuden mukaan. Eritetyt ravinnemäärät malli jakaa lypsylehmien, umpilehmien ja uudiskarjan kesken.

Ruokintaskenario voi olla esimerkiksi ruokintakokeen tulos ja kokeessa käytettyjen rehujen analyysiarvot. Toinen vaihtoehto on laskea ruokinnat erikseen esimerkiksi Lypsikki-tuotosvastemallilla, josta saadaan määritettyä ruokintaa vastaava maitotuotos.

Erotuksena Lypsikki-tilamalliin on, että LyVa-mallissa peltoalaa ei ole kiinnitetty. LyVa-malliin ei ole myöskään lisätty rehujen hintatietoja. Ravinteiden erityksessä ja ammoniakkipäästöissä LyVa-malli ja Lypsikki-maatilamalli käyttävät samoja funktioita. Selvyyden vuoksi loppuraportissa on esitetty simulaatioiden tulos ainoastaan Lypsikki-maatilamallilla ja sen oletuksilla laskettuna. Peltoalaa laskeva LyVa-tilamalli löytyy osoitteesta www.karpe.fi/lyva.

TP4. Tiedonsiirto

Hankkeen Maatilan ravinnekierto tilamalli ja julkaisut ovat saatavilla osoitteessa www.karpe.fi/lyva. Yleisesti hankkeen tuloksista on tiedotettu ammattilehtiartikkeleina ja kongressijulkaisuina. Julkaisutoiminta jatkuu LyVa-hankkeen päättymisen jälkeen.

Hankkeen aihepiiristä on esitetty omaa sessiota vuoden 2020 Maataloustieteen päiville otsikolla "Lypsylehmien valkuaisruokinta ja ympäristöpäästöjen hallinta". Sessiossa olisi tarkoitus pitää 4-5 tähän aihepiiriin liittyvää esitystä.

3.3 Toteutusvaiheen arviointi

TP1. Valkuaisen täsmäruokinta, yksilötason vasteet

Kirjallisuuskatsaus ja data-analyysi on saatu suoritettua hankesuunnitelman mukaisesti.

Lypsylehmien ruokintakoe suoritettiin hankesuunnitelman mukaisesti. Teknisten murheiden vuoksi kokeeseen ei kuitenkaan saatu mukaan alkulypsykauden lemmiä.

TP2. Aminohappojen saanti eri dieeteillä

Laaja tuotosvasteaineisto (Huhtanen ja Nousiainen 2012) täydennettiin suunnitelmien mukaisesti rehutaulukoiden ja/tai tutkimusaineistojen mukaisilla aminohappopitoisuuksilla. Yksittäisten aminohappojen

saannit laskettiin rehutaulukoiden laskentamallien mukaisesti. Aineiston mallinnus tehtiin SAS-ohjelmiston Mixed-proseduurin avulla ja teknisesti se onnistui hyvin. Aminohappojen saannin laskenta on alisteinen nykyisen valkuaisarvojärjestelmän laskentamallille, joka on viimeksi päivitetty v. 2010. Mallinnuksessa ennustetun ja eläinkokeissa mitatun, pötsistä ulosvirtaavan valkuaisen aminohappoprofiilit olivat hyvin samankaltaisia. Tämä osoittaa, että aminohappojen saannin laskenta käyttäen rehutaulukkoarvoja ja nykyistä valkuaisarvojärjestelmää oli hyvin toimiva ratkaisu.

TP3. Typpiylijäämän ja ammoniakkipäästöjen tilatason mallinnus

Osiassa valmistui kaksi erillistä tilamallia: Lypsikin laajennus typen osalta ja erillinen "LyVa-maatilamalli". Mallit soveltuvat erityyppiseen tarkasteluun. Mallit toimivat hankkeen tavoitteiden mukaisesti. Osiassa myös päivitettiin tuotosvaste-ennusteissa käytettävä Lypsikki-malli viimeisimpien saatavilla olevien tieteellisten julkaisujen osalta.

TP4.

Tiedonsiirtoa olisi voinut olla nyt toteutunutta enemmän. Julkaisutoiminnasta suurin osa tapahtuu varsinaisen hankeajan jälkeen, mm Mataloustieteen päivät ja tieteelliset artikkelit. Hankkeen tuloksia on hyödynnetty ProAgrian neuvonnassa KarjaKompassin päivityksenä (esitys Maataloustieteen päivillä, Huhtamäki & Sairanen).

3.4 Julkaisut

Tieteelliset julkaisut, kirjoitusvaiheessa

Huhtanen et al. Simulations of on-farm N losses in Finnish dairy farms. (TP 3)

Huhtanen et al. Individual production responses to varying nutrient supply. (TP 1a)

Sairanen et al. Milk production response to protein supplement in different stage of lactation (TP 1b)

Vanhatalo et al. Modeling milk protein yield responses to amino acid supply of dairy cows fed silage-based diets. (TP 2)

Muut julkaisut, kirjoitusvaiheessa

Sairanen, A. 2020. Maitotilan ravinnekiertomalli LyVa. Maataloustieteen Päivät 2020. (TP 3)

Sairanen, A., Kajava, S., Palmio, A., Keränen, M. ja Huhtanen, P. 2020. Kokoviljaseoksen ja väkirehun valkuaispitoisuuden tuotosvaste eri lehmäryhmillä. Maataloustieteen Päivät 2020. (TP 1b)

Sairanen, A. 2019. Miten ammoniakkipäästöjen alentaminen vaikuttaa maitotiloilla. "Maito ja me", julkaistaan syksyllä 2019. (TP 4)

Vanhatalo, A., Kokkonen, T. ja Huhtanen P. 2020. Aminohappojen saannin merkitys tuotosvasteen ennustamisessa. Maataloustieteen Päivät 2020. (TP 2)

Huhtamäki, T. ja Sairanen, A. 2020. Suomalaiseen rehu- ja ruokintatutkimukseen pohjaava KarjaKompassi vie tutkimustulokset käytäntöön. Maataloustieteen Päivät 2020. (TP 4)

Muut julkaisut

Keränen, M. 2019. Väkirehun valkuaispitoisuuden tuotosvaste eri lehmäryhmillä ja karkearehuilla, Keränen Marianna, ProGradu, Helsingin yliopisto. (TP 1b)

Sairanen, A. 2017. Vaihtoehtoja kokoviljan käyttöön. Nauta 2/2017.(TP 1b)

Sairanen, A. 2018. EU vaatii päästöjen vähentämistä, ammoniakkipäästöt nautakarjatilán huolena, Käytännön Maamies 2/2018. (TP 4)

Sairanen A ym. 2019. Euroilla mitattavat hyödyt myös tutkimuksen ajurina, esitelmä ProAgrian Maitovalmennus -tilaisuudessa 4.9.2019. (TP 4)

Vanhatalo, A., Kokkonen, T. & Huhtanen, P. 2019. Modeling milk protein yield responses to amino acid supply of dairy cows fed silage-based diets. American Dairy Science Association (ADSA) Annual Meeting 23-26 June, 2019, Cincinnati, Ohio, USA. (TP 2)

Muut tuotokset

TP 1-4

Toimenpidesuositukset ammoniakkipäästöjen hallintaan.

4. Tulosten arviointi

4.1 Tulosten käytännön sovelluskelpoisuus

TP1-4

Tuotosvastelaskennan päivitys on otettu käyttöön ProAgrian ruokinnansuunnitteluohjelmassa keväällä 2019 ja tältä osin hankkeen työpanosta on jo jalkautettu käytäntöön. Tuotosvasteet toimivat eri skenaariovaihtoehtojen pohjana ja tätä kautta mallilla on käyttökohteita hyvin monessa yhteydessä.

Ammoniakkityyppipäästöjen laskenta perustuu julkaistuihin kertoimiin. Absoluuttisen päästötason määrä on riippuvainen näiden kerrointen paikkansapitävyydestä. Vertailujen menetelmien suhteelliset erot ovat absoluuttista tasoa luotettavammat ja vertailussa olleita skenaariota voidaan käyttää toimenpidesuosituksia annettaessa. Eri rehuntuotanto- ja lietteenlevitysstrategioita olisi syytä mallintaa vielä lisää.

Typhen hyväksikäytön parantaminen ylisuuria ruokinnan valkuaisasoja leikkaamalla ei ole pelkästään ympäristön kannalta etu vaan myös etu tuotannon talouden kannalta. Hanke tuottaa käytäntöön vietävää tietoa tulevia koulutuksia ja ohjeistusta varten.

4.2 Tulosten tieteellinen merkitys

Politiikkasuositukset

TP1. Valkuaisen täsmäruokinta, yksilötason vasteet

Täsmäruokinnan mahdollisuudet typen hyväksikäytön parantamisessa ovat hyvin pienet. Tilastoanalyysin perusteella yksilöiden välinen vaihtelu maitotuotostavasteessa on alle 5 % ja lisäksi hyvän hyväksikäytön eläimiä ei käytännön karjoissa voida tunnistaa.

Valkuaisruokinnan jaksotuksesta tuotosvaiheen mukaan ei tämän tutkimuksen mukaan ole merkittävää hyötyä typen hyväksikäytölle. Tuotosvaihetarkastelu kuitenkin vaatisi vielä lisätutkimuksia koko laktaatiokauden ajalta ja tutkimuksen eläinmäärä pitäisi olla kohtuullisen suuri verrattuna nyt tutkimuksessa käytettyihin. Tämänhetkisen käsityksen mukaan valkuaisruokinnan tehostamisen mahdollisuudet jaksotuksen avulla ovat marginaalisia.

TP2. Aminohappojen saanti eri dieeteillä

Nykyisin vallitsevalla lypsylehmien valkuaisruokintatasolla aminohappojen saannin optimoinnille ei jää paljon mahdollisuuksia. Lypsylehmien valkuaisruokinnan nykytaso on siinä määrin voimakas, että tuotantoa eniten rajoittavista aminohapoista ei yleensä tule puutetta. Valkuaisruokinnan tason alentaminen ja sen myötä tarvittava aminohappotäydennys ei ole toistaiseksi taloudellisesti kannattavaa.

Aminohappo-optimointi voisi tulla ajankohtaiseksi, mikäli tulevaisuudessa lisävalkuaisen käyttöä rajoitetaan huomattavasti. Tällöin nurmisäilörehuruokinnalla histidiini tulee ensimmäisenä rajoittavaksi aminohapoksi.

TP3. Typpiylijäämän ja ammoniakkipäästöjen tilatason mallinnus

Merkittävin keino ammoniakkipäästöjen alentamiseen on lietteen sijoituslevityksen yleistyminen ja lietteen nopea multaus muokattuun maahan.

Valkuaisruokinnan taso Suomessa on ProAgrian tilastojen mukaan kohtuullisen korkea. Valkuaisruokinnan maksimitasona ei tulisi käyttää talousoptimoinnin ylittäviä OIV-pitoisuuksia. Maatiloilla vallitsevan käytännön muuttaminen ei ole helppoa ja muutokseen tarvitaan yhteistyötä neuvonnan ja tutkimuksen kautta.

Kokoviljan käyttöä tulisi suosia. Miinuspuolena kokoviljalla on muokattavan maan nurmea suuremmat hiilidioksidipäästöt. Hyvä käytäntö olisi käyttää kokoviljaa nurmen uusimisessa, jolloin hiilidioksidipäästöjen kannalta muokattava ala ei lisääny ja perustettava nurmi saa hyvän kasvuun lähdön. Maatiloilla vallitseva käytäntö kokoviljan kohdentamisesta umpilehmille ja nuorkarjalle on hyvä. Kokovilja ei myöskään alenna lypsylehmien maitotuotosta keskilaatuista karkearehua korvatessaan joten kokoviljan käyttöä myös lypsylehmillä voi tarvittaessa lisätä.

Lypsylehmien kestävyuden edistäminen on sekä ympäristön, että talouden kannalta hyvä asia.

Lannoitustasosta tinkiminen on ammoniakkipäästöjen pienentämismenetelmänä kallis ja johtaisi peltoalan tarpeen lisääntymiseen. Peltoalan tehokas käyttö edistää sekä taloutta, että ympäristöä.

Erityksen jälkeen laskettavien ammoniakkipäästöjen taso riippuu täysin käytettävistä haihtumiskertoimista ja lannankäsittelymenetelmistä. Hankkeen sisällössä suurin painoarvo on mallintaa ammoniakkin haihtumispotentiaalia mallintamalla virtsassa ja sonnassa eritetyn typen määrää. Tämä osa mallinnuksesta on tehtävissä suhteellisen tarkasti.

5. Loppuraportin tiivistelmä

LYPSYLEHMIEN VALKUAISRUOKINNAN OPTIMOINTI JA KARJATILAN TYYPPIPÄÄSTÖJEN HALLINTA (LYVA)

Vastuuorganisaatio Luonnonvarakeskus, Tuotantojärjestelmät
Halolantie 31 A
71750 Maaninka
Auvo Sairanen, auvo.sairanen@luke.fi, 029 532 6511

Kesto 2016 – 2019
(Loppuraportti 30.9.2019)

Rahoitus	Kokonaiskustannukset	298 593 €
	MMM:ltä saatu rahoitus	170 000 €
	Valion yksityisrahoitus	6 500 €
	Raisioagro yksityisrahoitus	20 000 €
	Luke omarahoit	84 093 €
	Helsingin yliopisto omarahoit	18 000 €

Avainsanat nurmirehu, maidontuotanto, ammoniakkipäästöt, tuotosvastemalli

Tiivistelmä

Tausta, tavoitteet ja toimijat

VTT:n Tiekarttaselvityksen keskeinen tavoite on lisätä Suomen proteiiniomavaraisuutta. Proteiiniomavaraisuus ja ympäristökuormituksen vähentäminen ovat sidoksissa toisiinsa. Tuontivalkuaisen käytön vähentäminen lisää omavaraisuutta, parantaa tilojen tyypitasetta ja samalla vähentää ympäristökuormitusta. Valkuaisomavaraisuuden suhteen märehtijät ovat avainasemassa Suomen olosuhteissa. Lypsykarjatalouden osalta valkuaisen käytön vähentämisstrategiaa voi hyödyntää tavoiteltaessa Suomen sitoumuksia ammoniakkipäästöjen rajoittamisessa. Vähentämistoimenpiteet täytyy kohdentaa oikein, jotta vältytään merkittävilta tulo- ja tuotantotappioilta. Hankkeen yleisenä tavoitteena on tutkia täydennysvalkuaisen käytön vähentämismahdollisuuksia maidontuotannossa. Hanke tuottaa valkuaisruokinnan eri toteutusvaihtoehtoja sekä laskentamalleja kuvaamaan näiden vaihtoehtojen vaikutusta maitotilojen ravinnekiertoon ja ammoniakkipäästöihin. Lisäksi mallinnuksesta saadaan eri toteutusvaihtoehtojen kustannusvaikutukset. Työhön osallistui Luonnonvarakeskus Luke, Helsingin yliopisto sekä Ruotsin maatalousyliopisto (SLU). Yhteistyökumppaneina olivat ProAgria, Valio ja Lantmännen Feed.

Tulokset

TP 1a. Valkuaisen täsmäruokinta, yksilötason vasteet

Valkuaisväkirehun täsmäruokintaa tutkittiin kirjallisuuskatsauksen ja ruokintakokeista kootun yksilödata-aineiston kautta. Vertailtavina strategioina tai vaikutuksina olivat tasaväkirehuruokinta, rehun valkuaispitoisuuden vaihtelu päivästä toiseen, yksilökohtainen tuotosvaste, ryhmäkohtainen tuotosvaste ja tuotostaso*valkuaisvaste yhdysvaikutus. Työpaketin tulosten mukaan yksilökohtainen vaihtelu lisävalkuaisen tuotosvasteessa on pieni. Yksilökohtaisesta tarkkuusruokinnasta saatavat hyödyt lisääntyneenä tuotoksena ja sitä kautta vähentyneinä ammoniakkipäästöinä eivät todennäköisesti kattaisi strategian vaatimia lisäkustannuksia. Myöskään tuotostasolla ei ole merkitystä lisävalkuaisesta saatavaan maidontuotannon tuotosvasteeseen. Tutkimuksen perusteella valkuaisen tasaosuuksinen jako on käyttökelpoinen valkuaisen jakovaihtoehto. Pyrittäessä vähentämään maitotilan ammoniakkipäästöjä huomion kiinnittäminen valkuaisruokinnan tasoon on tärkeää kuin valkuaisrehun yksilökohtainen annostelu.

TP 1b Väkirehun valkuaispitoisuuden tuotosvaste eri lehmäryhmillä, ruokintakoe

Hankkeen ruokintakokeessa tutkittiin lehmien tuotosvaiheen merkitystä lisävalkuaisesta saatavaan vasteeseen kahdella eri karkearehutyypillä: nurmirehu ja nurmi+kokovilja. Tuotosvaiheina oli keski- ja loppulaktaatio sekä ensikot omana ryhmänä. Valkuaistasoina kokeessa oli kontrollitason valkuaisruokinta (92 g OIV/kg ka) ja ei lisävalkuaisista (86 g OIV/kg ka).

Kokoviljaseos osoittautui aikaisempien tutkimusten tapaan maidontuotantovaikutukseltaan samanarvoiseksi rehuksi kuin toisen sadon nurmirehu. Kokoviljan lisääntyneestä syöntimäärästä johtuen typen hyväksikäyttö oli sama nurmi- ja kokoviljaseosdieeteillä. Valkuaisruokinnasta luopuminen alensi $\text{NH}_3\text{-N}$ tappioita 7,8 kg/lehmä/v. Vastaava ekm tuotusvähennys oli 5 %. Väkirehun lisävalkuaisvasteessa ei ollut tilastollista eroa eri tuotosvaiheissa eli valkuaisen jaksotuksesta ei ollut hyötyä. Lisävalkuaisesta saatu tuotosvaste oli yllättävän pieni ottaen huomioon lähtötasu ruokinnan erittäin matala valkuaispitoisuus.

TP 2. Aminohappojen saanti eri dieeteillä

Tulosten mukaan aminohapposaannin optimoinnin potentiaali lisätä valkuaisuutosta säilörehupohjaisessa ruokinnassa on melko pieni johtuen ohutsuoleen virtaavan mikrobi- ja ohitusvalkuaisen tasapainoisesta aminohappokoostumuksesta. Jos kuitenkin sovelletaan nykyistä matalampaa valkuaispitoisuutta ruokinnassa tai käytetään aminohappoprofiililtaan puutteellisia valkuaislähteitä, aminohappojen optimoinnille voidaan odottaa suurempia vasteita.

TP 3a. Taustaselvitys Tuotosseurannassa olevin tilojen valkuaisruokinnan tasosta

ProAgria aineiston perusteella tilojen valkuaisruokinnassa on paljon vaihtelua. Keskimäärin ruokintojen raakavalkuaispitoisuus oli 168 g/kg ka ja OIV-pitoisuus 97 g/kg ka. Dieetin OIV-pitoisuus yli 100 g/kg ka löytyi 21 % tiloilta. Raakavalkuaispitoisuutena ilmoitettuna yli 175 g/kg ka ruokinta löytyi 10 prosentilla aineiston tiloista. Selvityksen perusteella korkeimmista valkuaisruokintatasoista olisi vara tinkiä.

TP 3b. Lypsikki-maatilan ravinnetasemallin kuvaus

Lypsikki-malli päivitettiin typpikierron osalta. Malli laskee annettua skenaariota vastaavan rehunkulutuksen, maitotuotoksen, ravinnekierroksen, ammoniakki-N tappiot ja talousvaikutuksena maitotuotto-rehukustannuksen. Hankkeessa vertailtavat skenaariot olivat: eläintiheys, kokoviljan käyttö, lisävalkuaisruokinta, typpilannoitus ja karjan uudistusprosentti.

Merkittävin mallinnettu vaikutus oli sillä, mikä osuus lietteestä käytettiin muokattuun maahan. Eläintiheyden nosto lisäsi nurmialan osuutta tilan kiinteästä peltoalasta ja samassa suhteessa $\text{NH}_3\text{-N}$ tappioita. Kokoviljan käyttö puolestaan pienensi $\text{NH}_3\text{-N}$ tappioita pienentyneen virtsan typpiosuuden sekä lisääntyneen muokkausalan kautta. Uudistusprosentin heikkeneminen lisää suoraviivaisesti lypsylehmää kohti laskettuja $\text{NH}_3\text{-N}$ tappioita, koska ylimääräinen uudistuskarja tuottaa tappioita ilman maitotuotosta. Lannankäsittelymenetelmän jälkeen toiseksi merkittävin tekijä $\text{NH}_3\text{-N}$ tappioihin on lehmien lisävalkuaisruokinta. Valkuaisruokinnasta luopuminen vähensi tappioita ääripäiden välillä 15 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ /lehmä/v. Vastaava tuotostappio maitomäärässä oli 6 %. Typpilannoituksen vähentäminen vähensi varastotappioita, mutta lisäsi kasvavan nurmialan vuoksi peltotappioita. Yhteisvaikutuksena typpilannoituksella ei ollut vaikutusta $\text{NH}_3\text{-N}$ päästöön. Vakioitua nurmialaa käytettäessä typpilannoitus lisäsi päästöjä.

Maatilanmallin päätarkoitus on kvantifioida ammoniakkitypen haihtumispotentiaalia, ei niinkään ennustaa $\text{NH}_3\text{-N}$ haihtumista.

TP 3c. LyVa-ravinnetasemallin kuvaus

LyVa maatilanmalli ei sisällä ruokinnan optimointia. Malli laskee lähtötiedoissa määritellyn ruokintaskenaarion tarvitseman peltoalan ja tuotantoon liittyvät ravinnekierrot sisältäen ammoniakkitypen. Malli on saatavilla osoitteessa www.karpe.fi/lyva.

Tulosten arviointi

Hankkeen toimenpiteet toteutettiin suunnitelman mukaan joskin painottuen aikataulullisesti hankkeen loppuun. Julkaisutoiminta olisi voinut olla hankeaikana aktiivisempaa. Tiedonsiirron osalta tiedon jalkautus jatkuu hankkeen päättymisen jälkeen. Lisäksi hankkeen aikana loppuunsaatettua Tuotosvaste-mallin päivitystä hyödynnetään mm ProAgrian KarjaKompassi ruokinnansuunnitteluohjelmassa.

Julkaisut

Julkaisuliite löytyy hallinnollisesta loppuraportista.

Liite 1. Väkirehun valkuaispitoisuuden tuotosvaste eri lehmäryhmillä

Auvo Sairanen, Annu Palmio, Sari Kajava, Marianna Keränen, Pekka Huhtanen

Johdanto

Rehuvalkuaisen käytön optimoimiseksi lisävalkuaisruokinta tulisi kohdentaa sille eläinryhmälle, jonka tuotosvaste lisävalkuaiselle on korkein. Oletettavasti yksilöiden välillä on jonkin verran vaihtelua valkuaisen hyödyntämispotentiaalissa (katso kappale TP1 a), mutta näitä yksilöitä on toistaiseksi mahdotonta tunnistaa karjasta. Käytännössä lehmät voidaan fenotyypisesti jakaa eri eläinryhmiin ja valkuaisen tuotosvastetta voidaan tutkia näiden ryhmien sisällä. Ryhmittelymahdollisuuksia ovat esimerkiksi poikimakerta, tuotostaso ja tuotosvaihe. Eläintekijän lisäksi valkuaisruokinnalla voi olla eri tuotosvaste erityyppistä karkearehua käytettäessä. LyVan ruokintakoeosion tavoitteena oli tutkia tuotosvaiheen ja lisävalkuaisvasteen yhdysvaikutusta. Kokeen lisäfaktorina oli kokoviljan ja nurmisäilörehun vertailu, jonka avulla saadaan testattua myös karkearehutyypin ja lisävalkuaisvasteen yhdysvaikutus. Hankkeen aihepiirin mukaisesti ruokintakokeen yleistavoite oli tutkia valkuaisen hyväksikäytön tehostamista ja tätä kautta ammoniakkipäästöjen vähentämismahdollisuutta.

Tutkimuksen hypoteeseina olivat 1) kokoviljaseoksella valkuaislisän tuotosvaste ja typen hyväksikäyttö ovat parempia kuin nurmisäilörehuruokinnalla, 2) kokoviljaseos tuottaa saman verran maitoa kuin nurmisäilörehu ja 3) valkuaisen tuotosvaste ja samalla valkuaisen hyväksikäyttö ovat korkeampia keskilaktaation lehmillä verrattuna loppulaktaatioon tai kerran poikineisiin lehmiin.

Kokeen suoritus

Koe tehtiin Luonnonvarakeskuksen Maaningan toimipisteessä 18.1.2018–30.4.2018. Kokeessa oli yhteensä 45 Ayrshire- ja Holstein-lehmää. Koelehmät jaettiin kovariaattijakson mukaisesti kolmeen blokkiin: loppulaktaatio (n=8), keskilaktaatio (n=21) ja ensikot (n=16). Loppulaktaatiovaiheen koelehmien aika poikimisesta oli keskimäärin kokeen aikana 297 (SD 49) päivää, keskilaktaatiovaiheen koelehmillä 163 (SD 22) päivää ja ensikoilla 198 (SD 49) päivää.

Koeasetelma oli 2 x 2 faktoriaalinen. Kovariaattijaksoilla kaikki koelehmät olivat samalla seosrehuruokinnalla, joka oli keskiarvo kokeen aikaisesta ruokinnasta. Väkirehuprosentti oli keskimäärin 41 ja dieetin tavoiteltu raakavalkuaispitoisuus (RV) 144 g/kg ka. Varsinaisella koejaksolla lehmien karkearehuvaihtoehtoina olivat toisen sadon nurmisäilörehu ja nurmikokoviljaseos. Nurmi-kokoviljaseos sisälsi kokoviljaa (vehnä/kaura) keskimäärin 40 % kuiva-aineessa laskettuna. Koejaksolla oli neljä eri dieettiä: 1) nurmisäilörehu ja matala RV (149 g/kg/ka), 2) nurmisäilörehu ja tavanomainen RV (169 g/kg ka), 3) nurmi-kokoviljaseos ja matala RV (136 g/kg/ka) sekä 4) nurmi-kokoviljaseos ja tavanomainen RV (156 g/kg ka). Koe toteutettiin kolmijaksoisena switch back koeasetelmana, jossa lehmän karkearehutyypin pysyi koko ajan samana, mutta valkuaispitoisuus vaihtui jakson päätyttyä.

Tilastotestissä kiinteinä muuttujina olivat koejakso, valkuaispitoisuus, blokki, karkearehu, blokki*valkuaispitoisuus ja karkearehu*valkuaispitoisuus. Satunnaismuuttujana oli lehmä. Maidontuotannon ja maidon pitoisuuksien tulosten laskennassa malliin lisättiin kiinteäksi muuttujaksi muuttujakohtainen kovariaatti.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty kokeessa käytetyt rehut ja niiden analyysitiedot. Nurmirehun raakavalkuaispitoisuus oli turhan korkea, mikä on osaltaan saattanut heikentää säilöntätulosta. Matala sokeripitoisuus ja korkea VFA-pitoisuus indikoivat jonkinlaista matalan kuiva-ainepitoisuuden rehun virhekäymistä. Samoin ammoniumtyypin osuus oli turhan korkea. Kaura-vehnä-kokoviljan tärkkelyspitoisuus

oli kohtuullinen. Kauran käyttö kokoviljassa vähentää vehnän korkeaa tärkkelyspitoisuutta. Molempien karkearehujen energiapitoisuus on tyypillisen matala. Samoin kokoviljan valkuaispitoisuus on koejärjestelyjen tavoitteen mukaisesti matala.

Taulukossa 2. On esitetty vertailtavien dieettien rehuarvot. Matalan valkuaispitoisuuden väkirehussa ei käytetty ollenkaan valkuaislisää ja tavanomaisen valkuaispitoisuuden väkirehussa rypsirouheen osuus oli 20 % kuiva-aineesta. Matalin dieetin raakavaluapitoisuus oli 136 g/kg ka ja vastaava PVT 19 g/kg ka, joten tyyppi ei oletettavasti ollut mikrobisynteesiä rajoittava tekijä matalimmallakaan valkuaisruokintatasolla. Matalan valkuaispitoisuuden kokoviljaseosdieetillä ruokinnan OIV-pitoisuus oli 85 g/kg ka, joka on maataloilla vallitsevaan käytäntöön verrattuna todella matala. Maataloilla käytetään tavanomaisesti yli 95 g/kg ka valkuaispitoisuuksia ja huipputuotoksia tavoittelevat karja jopa yli 100 g OIV / kg ka. Kokeen keskilaatuisella karkearulla mikrobisynteesi on oletettavasti pienempi verrattuna hyvälaatuisen ykkössadon rehuun, joten valitulla koejärjestelyllä saatiin aikaiseksi käytännön ruokintaa ajatellen hyvin selkeät erot OIV-saannissa eri koejäsenten välillä.

Taulukko 1. Karkearehujen koostumus ja rehuarvo

	Nurmi	Kokovilja	Nurmi-kokoviljaseos
Kuiva-aine, g/kg	221	321	261
g/kg ka			
Raakavaluainen	171	118	150
NDF	518	457	494
Tärkkelys	0	161	64,3
Sokeri	16	28	21
VFA yhteensä	34	15	31
Ammoniumtyppi, g/kg N	97	64	84
Liukoinen typpi, g/kg N	553	614	577
pH	4,18	3,93	4,08
D-arvo	645	615	633
Rehuarvo			
ME, MJ/kg ka	10,3	9,5	10,0
OIV, g/kg ka	81	77	79
PVT, g/kg ka	51	34	44

Nurmikokoviljaseos sisälsi 40 % vehnäaurakokoviljasäilörehua

Taulukko 2. Koeruokintojen valkuaisarvot ja energiapitoisuus

	Nurmi		Nurmi-kokoviljaseos	
	Matala	Tavanom	Matala	Tavanom
g/kg ka				
Raakavaluainen	149	169	136	156
OIV	86,7	93,0	85,7	92,0
PVT	23,1	38,4	19,0	34,3
ME, MJME	11,1	11,0	10,9	10,8

Matala = väkirehun RV 115, Tavanomainen = väkirehun RV 166

Taulukossa 3 on esitetty rehunkulutus ja ravintoaineiden saanti. Kokovilja aikaisempien koetulosten tapaan lisäsi rehunsyöntiä kompensoiden kokoviljan matalaa energiapitoisuutta. Kokoviljadietin energiansaanti oli jopa numeroarvoisesti suurempi kuin nurmidieetin energiansaanti huolimatta kokoviljadietin 2 prosenttiyksikköä pienemmästä väkirehun osuudesta. Erot vertailtavien dieettien väkirehuosuuksissa ja energiansaannissa olivat niin pieniä, että erolla ei ole käytännön merkitystä. Eri karkearehudieeteillä OIV:n saanti oli sama. Karkearehusta peräisin oleva NDF oli pöstiterveiden kannalta kaikilla dieeteillä hyväksyttävällä tasolla. Ruokinnan NDF-pitoisuus ja PVT-tase olivat ainoat merkittävät erot karkearehudieettien välillä.

Dieetin valkuaispitoisuuden lisäämisen vaikutukset olivat selkeät. Tavanomaisen valkuaispitoisuuden pienimmästä väkirehuprosentista huolimatta syönti ja ravinnonsaanti olivat valkuaislisädieetillä selkeästi korkeimmat (taulukko 3). Valkuaislisä nosti syöntiä kaikissa blokeissa saman verran, keskimäärin 0,6 kg ka (taulukko 4). Elopainonmuutoksissa ei ollut tilastollisia eroja Keskimäärin elopainot nousivat kokeen aikana 61 kg eli 0,97 kg/pv.

Syönti heijastuu suoraan maitotuotokseen. Karkearehutyypin välillä ei ollut eroa maitotuotoksissa eikä maidon pitoisuuksissa. Numeroarvoisesti ekm-tuotos, valkuais- ja rasvapitoisuudet olivat kokoviljaseoksella nurmidieettiä korkeammat ($p < 0.2$). Maidon ureapitoisuus oli kokoviljadietillä matala, mutta yllättäen ero nurmidieettiin oli kohtuullisen pieni. Kokoviljadietin valkuaispitoisuus on matala, mutta lisääntynyt syöntimäärä, ja samalla rv-saanti, ilmeisesti ylläpitää maidon ureapitoisuutta.

Kokoviljan käytön suhteen täytyy pitää mielessä, että vertailusäilörehu oli toisen sadon lievästi virhekäynnystä rehua. Korkeassa tuotusvaiheessa olevilla, ensimmäisen sadon rehua syövillä lehmillä ravinnonsaanti on suuri. Kokoviljan käyttö edellä mainitulla eläinryhmällä voisi antaa erilaisen lopputuloksen tämän kokeen tulokseen verrattuna.

Taulukko 3. Karkearehutyypin ja dieetin valkuaispitoisuuden päävaikutukset rehunkulutukseen ja tuotoksiin

	Karkearehu			Valkuainen			merkitsevyys	
	Nurmi	Nurmi+KV	sem	Matala	Tavanom	sem	karkea rehu	väkirehun valk. pit.
Syönti								
Säilörehu	12,1	13,0	0,31	12,2	12,8	0,22	0,02	< 0,001
Väkirehu	8,6	8,8	0,26	8,7	8,7	0,18	0,60	0,44
Kokonaissyönti	20,7	21,8	0,56	20,9	21,5	0,40	0,048	< 0,001
Väkirehun osuus, %	42	40	0,87	42	40	0,63	0,18	< 0,001
Ravintoaineiden saanti								
OIV, g/pv	1867	1908	38,7	1795	1979	27,6	0,42	< 0,001
PVT, g/kg ka	30	20	0,43	17	33	0,33	< 0,001	< 0,001
ME korjaamaton, MJ/pv	229	236	4,7	230	235	3,4	0,22	< 0,001
ME korjattu, MJ/pv	217	223	4,0	217	223	2,9	0,26	< 0,001
Karkearehun NDF, %	30	30	0,45	30	31	0,32	0,56	< 0,001
Elopainon muutos, kg	65,6	56,7	7,0	57,6	64,7	6,7	0,31	0,48
Energiatase								
Korjaamaton	7,1	16,3	2,8	13,0	10,5	2,1	0,01	0,09
Korjattu	- 4,6	3,0	2,5	- 0,46	- 1,1	1,9	0,02	0,65
Tuotokset, kg/pv								
Maito, kg/pv	27,7	27,6	0,43	26,9	28,3	0,32	0,89	< 0,001
EKM, kg/pv	29,9	30,3	0,41	29,4	30,8	0,32	0,53	< 0,001
Pitoisuudet, g/kg								

Valkuainen	35,7	36,3	0,03	35,6	36,5	0,02	0,10	< 0,001
Rasva	47,2	48,1	0,06	48,1	47,2	0,04	0,18	0,02
Urea, mg/100 ml	22,4	21,2	0,60	18,1	25,5	0,47	0,14	< 0,001

Matala = väkirehun RV 115, Tavanomainen = väkirehun RV 166

Nurmi = toisen niiton nurmisäilöreu, KV = vehnä+kaura kokovilja

Lisävalkuainen nosti sekä maito- että ekm-tuotosta 1,4 kg/pv. Valkuaislisä nosti myös maidon valkuaispitoisuutta, mikä indikoi aminohappojen saannin vajavuutta ilman lisävalkuaista olevilla dieeteillä. Valkuaislisän pitoisuusvaste oli sama nurmi- ja kokoviljadieteillä. Maitotuotosero lisävalkuaikeistason välillä on huomattava, mutta ilman lisävalkuaista olleiden lehmien kohdalla ei kuitenkaan voi puhua tuotosromahduksesta. Energiakorjatun maidon osalta lisävalkuaisesta luopuminen alensi tuotosta 4,5 %. Valkuaisruokinta noudattaa vähenevän lisätuoton lakia joten valkuaikeistason nosto tässä käytettyä korkeammaksi tuottaisi vielä pienemmän tuloksen.

Elopainon muutokset olivat kaikilla dieeteillä ja kaikissa blokeissa positiivisia eli lehmien energiatase on täytynyt olla myös positiivinen. Laskennallisesti energiatase oli positiivinen ainoastaan loppulaktaatiokauden ryhmässä (2,3 MJ/pv) kun taas ensikkoryhmässä (-0,9 MJ/pv) ja keskilaktaatioryhmässä (-3,7 MJ/pv) taseet olivat negatiivisia. Ristiriita johtuu siitä, että energiansaannin ruokintatasokorjaus (=vähennys) on ainakin tämän kokeen perusteella liian suuri.

Rehun valkuaispitoisuuden lisäyksen yhdysvaikutukset

Väkirehun valkuaispitoisuuden nosto lisäsi ekm-tuotosta saman verran molemmilla karkearehukäsittelyillä (p=0.19, taulukko 4). Numeroarvoisesti kokoviljaseos hyötyi lisävalkuaisesta nurmidieettiä enemmän (1,7 kg ekm vs 1,1 kg ekm). Kuiva-aineen syöntiä valkuaislisä nosti enemmän kokoviljaa sisältävällä dieetillä nurmidieettiin verrattuna, mikä on mahdollistanut myös tuotoksen nousun. Lisävalkuainen on saattanut tehostaa pötsimikrobien kuidunsulatusta kokoviljalla. Typensaanti on ehkä ollut mikrobisynteesiä rajoittava tekijä kokoviljaa sisältävällä matalan valkuaikeistason dieetillä huolimatta positiivisesta PVT-taseesta. Maidon ureapitoisuus 16,7 mg/dl matalan lisävalkuaikeistason kokoviljadieteillä on vielä hyväksyttävällä tasolla, mutta alkaa lähestyä mikrobisynteesiä rajoittavaa typensaantirajaa.

Dieetin valkuaispitoisuuden lähtötaso oli kokeessa huomattavan matala ja voi olettaa, että tavanomaisemmilla dieetin rv-pitoisuuksilla liikuttaessa lisävalkuaisen ekm-vaste on riippumaton karkearehutyypistä. Toisaalta koe osoittaa, että lehmät saavuttavat kohtuullisen tuotostason kokovilja sisältävän dieetin todella matalalla valkuaikeistasona.

Taulukko 4. Karkearehuruokinnan ja valkuaislisän yhdysvaikutus

	Kokoviljaseos		Nurmi		sem	p-arvo
	Matala	Tavanom	Matala	Tavanom		
kg /pv						
Syönti, ka	21,5	22,3	20,3	20,7	0,44	0,05
Syönti, raakavalkuainen	2,89	3,46	3,02	3,54	0,068	0,14
Maitotuotos	26,8	28,3	27,0	28,3	0,42	0,57
EKM-tuotos	29,4	31,1	29,4	30,5	0,45	0,19
Valkuaisuotos, g/pv	953	1030	947	1016	15,7	0,58
Valkuaisvaste ¹⁾ , g/kg RV		136		134		

¹⁾ g maidon valkuaista / kg dieetin rv lisäys

Maitotuotoksissa ei ollut merkitsevää blokki*lisävalkuaistaso yhdysvaikutusta (taulukko 5). Kokeen hypoteesi valkuaisruokinnan kohdentamisesta tuottavimmille lehmille ei saanut tukea. Numeroarvoisesti korkein vaste (1,9 kg ekm) valkuaistason nostolle oli kuitenkin keskilaktaatiokauden lehmillä (blokki*valk p=0.19). Loppulaktaatiossa vaste oli selkeästi pienin 1,1 kg ekm. Loppulaktaatiokauden lehmäluku oli vain 8, mikä lisää hajontaa ja tekee tilastotestistä heikon. Lisäksi kokeen aloitus myöhästyi Luke Maaningan ruokintakioskien vaihdon vuoksi ja kokeeseen ei saatu selkeää huipputuotokaudella olevien lehmien ryhmää. Nämä rajoitukset huomioiden koe ei todista, että väkirehun valkuaispitoisuuden kohdentaminen laktaatiovaiheen mukaisesti olisi hyödytöntä. Kirjallisuustietojen perusteella tuotostasolla ei ole merkittävää vaikutusta valkuaisruokinnasta saatavaan tuotoslisäykseen. Laktaatiovaiheen merkityksestä tuotosvasteisiin on hyvin vähän koetuloksia ja tältä osin lisätutkimukselle olisi edelleen tilausta.

Taulukko 5. Tuotosvaiheblokin ja valkuaisliisän yhdysvaikutus

	Ensikko		Keskilaktaatio		Loppulaktaatio		sem	blokki* valk
	Matala	Tavanom	Matala	Tavanom	Matala	Tavanom		
kg /pv								
syönti, ka	19,3	19,8	22,6	23,4	20,9	21,4	0,67	0,27
raakavalk, kg	2,71	3,21	3,19	3,80	2,97	3,47	0,105	0,006
Maito	27,5	28,7	27,7	29,4	25,6	26,9	0,71	0,46
Valkuaistuotos, g/pv	970	1033	988	1071	898	968	25,7	0,41
EKM	30,3	31,3	30,2	32,1	27,8	28,9	0,69	0,19
Valkuaisvaste ¹⁾ , g/kg RV		125		134		138		

¹⁾ g maidon valkuaista / kg dieetin rv lisäys

Laskettaessa valkuaisten tuotosvaste saatua OIV-gramman lisäystä kohti vaste oli sama blokista riippumatta (blokki*valk p=0,41) ja vaihteli 0,37-0,42 g maidon valkuaista / lisä OIV-gramma. Väkirehun valkuaisten kohdentamisesta tuotokauden mukaan ei tämän kokeen perusteella olisi hyötyä valkuaistuotoksen suhteen. Loppulaktaatiokauden johtopäätökset tarvitsisivat kuitenkin lisää tutkimustuloksia lehmien kuntoluokka huomioiden.

Ravinteiden hyväksikäyttö

Typen hyväksikäytössä ei ollut eroja kokoviljaseoksen ja nurmidieetin välillä. Kokoviljan matala raakavalkuaispitoisuus kompensoitui syönnin lisäyksellä ja typen hyväksikäyttö maidontuotantoon oli molemmilla käsittelyillä hyvin tavanomainen 30 %. Väkirehun valkuaispitoisuuden nosto alensi dieetin typen hyväksikäyttöä 2.8 prosenttiyksikköä. Dieetin rv-pitoisuudella on suuri merkitys N-hyväksikäyttöön, mutta luonnollisesti typen kokonaissaannilla on pitoisuutta suurempi merkitys.

Rehun hyväksikäyttö oli loppulaktaatiokauden lehmille tyypillinen 1,3 kg ekm yhtä syötyä kuiva-ainekiloa kohti. Keskilaktaatiokauden lehmille 1,46 kg ekm kuiva-ainekiloa kohti on hieman heikko. Ruokintojen matalahko energiapitoisuus ei ylläpitänyt koelehmillä huipputuotoksia, mikä alentaa kuiva-ainesyöntinä mitattua rehuhuötysuhdetta. Kokoviljaseoksen suuri syönti vähensi samalla rehuhuötysuhdetta suhteessa nurmirehuun.

Energian hyväksikäyttö maidontuotantoon oli merkitsevästi tehokkaampaa nurmidieetillä verrattuna kokoviljaseokseen (5.02 vs 5,26 MJME/kg ekm). Tässäkin suhteessa kokoviljan suuri syöntimäärä ei muutu kokonaisuudessaan maidoksi ja esimerkiksi rehunsulatuksen tappiot voivat kokoviljalla olla nurmirehua suuremmat.

Blokkien välillä ei ollut merkitseviä eroja energian hyväksikäytössä. Numeroarvoisesti loppulaktaation energian hyväksikäyttö oli matalin. Loogisesti loppulaktaatiokauden lehmillä hyväksikäytön pitäisikin olla matalin ja tilastollisen merkitsevyyden puuttuminen johtunee yksilöiden välisistä eroista, mikä lisää virhevaihtelua.

Johtopäätökset

Kokovilja osoittautui maidontuotantovaikutukseltaan samanarvoiseksi rehuksi kuin toisen sadon nurmirehu huolimatta kokoviljan huomattavan matalasta sulavuudesta ja raakavalkuaispitoisuudesta. Kokoviljan osalta tutkimuksesta puuttuu tieto hyvälaatuisen ensimmäisen niiton säilörehun korvaamisesta kokoviljalla. Tulosten perusteella voi todeta, että kokoviljan käytöllä ei ole typen hyväksikäytön tai eläinravitsemuksen kannalta etua verrattuna toisen sadon nurmirehuun. Kokoviljan mahdolliset hyödyt täytyy etsiä rehunviljelypuolelta tai uudistuseläinten ruokinnasta.

Liite 2. Lypsikki-ravinnekiertomallin kuvaus

All simulations:

- D-value 68 (1-cut), 64 (regrowth / whole crop)
- yield 1:2 (60:40)
- replacement 35%; bull calves sold immediately
- Yield factor = 1 (yield = 0.7 of plot study yield); mineral soils
- Feeding of other cattle: fixed diets (2. cut silage + whole-crop) in the same proportion as produced
- Manure N 170 kg total N to cultivated area; the rest evenly to grasslands
- Mineral N grass: 160; cultivated 20 kg N per ha; No P-fertilizers (K not in the model)
- Ca and Na requirements: Ca-carbonate + salt
- MY 30 kg/d, lactation 400 d, dry period 60 d

Farm description

The basic farm situation is described in Table 1. The farm had a field area of 100 ha and 75 cows (the number of cows can vary in different scenarios). The number of cows was greater than the average herd size, but it is typical in the farms that enlarge their production. The average milk production (milk yield 30 k/d, fat concentration 43.1 g/kg and protein concentration 34.8 g/kg, body weight 630 kg) over the whole lactation. The following values were used for calving interval (400 days), dry period (60 days) and replacement rate (35%) The performance values of the cows correspond to the current data from controlled dairy farms in Finland. Estimation of the number of replacement heifers is described in detail by Nousiainen et al., 2011. Crop rotation was 5 years; 3 years of grass leys and 2 years of grain (barley: oats 50:50). The proportion of grass in crop rotation was regulated to maximise the forage in the diet within the limits of intake potential of the cows (Huhtanen et al., 2011). Manure was first applied to ploughed fields within the limits of EU nitrate directive (170 kg total N/ha, Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991) and the remaining manure was spread equally to the grass leys as surface applications. No inorganic P fertilisers were used. The soil test P (Vuorinen and Mäkitie, 1955) corresponds to the mean of observed values in Finnish dairy farms (Korhonen et al., 2005; Uusitalo et al. 2007; Nousiainen et al., 2011).

The yield functions (Nousiainen et al., 2011) were used to predict crop yield and composition. Forage D-value (concentration of digestible organic matter in DM) was assumed to be 680, 640 and 640 g/kg DM for primary growth and regrowth grass silages, and for whole-crop silages, respectively. Primary growth silage was allocated to lactating dairy cows and young (<6 months) heifer calves, whereas the forage component for the other cattle was comprised of regrowth grass silage and whole-crop silages in proportions available. The rations were formulated by optimising the minimum ration cost to meet the nutrient requirements of the cows (LUKE, 2016) by using on farm-produced grass silage and grain (barley and oats) and purchased energy, protein and mineral supplements.

Manure N predictions and losses

Faecal and urinary N were estimated as described in Nousiainen et al. (2011) with minor revisions. A quadratic equation with intercept set to zero was developed for estimating faecal N output for dairy cows:

$$\text{Faecal N (g/d)} = 4.59 \times \text{DMI} + 0.0465 \times \text{DMI}^2 + 0.1067 \times \text{NI},$$

where DMI is expressed as kg/d and NI as g/d. Nitrogen excreted in hair and scurf was estimated according to NRC (2001) and added to faecal N. Urinary N was calculated as:

$$\text{Urinary N (g/d)} = \text{N intake (g/d)} - \text{Milk N (g/d)} - \text{Faecal N (g/d)} - \text{Retained N (g/d)}$$

It was assumed that N retention during the whole lactation was 3.0 g/d that corresponds to about 30 kg LW gain during lactation

Simulations

Protein supplementation

The effects of the level of protein supplementation on milk production and environmental were simulated in a farm with 100 ha arable land 75 cows. The crop rotation was 4 years consisted 75% leys and 25% grain (barley: oats 50:50). Manure was used first for the arable land according to nitrate directive (170 kg total N/ha) and the rest for the leys. The manure was earthed up with 4 h in in the arable land and surface spread on the leys. Mineral fertilizer was applied at the rate of 160 kg/ha for the lays and 20 kg/ha for the arable land, respectively. Replacement rate of the herd was 35%.

The least cost rations were first formulated to meet the ME and MP requirements for daily milk production of 30 kg (milk fat and protein concentrations 43.1 and 34.8 g/kg, respectively). Thereafter the amount of supplementary protein (untreated rapeseed meal) was adjusted to represent 0, 25, 50, 75, 125 and 150% of the amount required to meet the MP requirements while maintaining the total amount of concentrates constant. Silage DM intake was adjusted to according to the equations of Huhtanen et al. (2011) to take into account the effects of supplementary concentrate protein on silage DM intake. In addition of using the current price of rapeseed meal the simulations were conducted assuming 20% higher price for rapeseed meal or using soybean meal as a protein supplement.

Alternatively, the simulations were conducted using rapeseed meal as a protein supplement by maximizing milk income over feed cost and constraining manure N per kg ECM. This was done by using flexible production requirements of ME (5.15 ± 0.5 MJ/kg ECM) and MP (1.41 ± 0.2 g/g milk protein). Manure N was constrained to 13.0, 12.5, 12.0, 11.5, 11.0, 10.5 and 10.0 g/kg ECM from unconstrained 13.6 g N/kg ECM. The simulations were made using variable cost of 0.08 €/kg silage DM, or zero cost (no alternative use for silage).

N fertilization

The effects of were simulated using two different scenarios. In the first scenario the level of N fertilization of leys were increased from 100 to 200 kg/ha with 20 kg/ha increments. Two animal densities (60 or 75 cows) were used with 60:40 and 75:25 ratios of grassland and arable land. Increased grass DM yield was utilized as decreased amount of purchased concentrate feeds, mainly grain. Arable lands received 170 kg manure total N/ha and 20 kg/ha of mineral N.

In the second scenario higher DM yields with increased N fertilization were utilized by replacing leys with arable land. There was 60 cows in 100 ha farm. At the lowest level of N fertilization 67 ha was leys and 33 ha arable land. At this N level the leys produced required amount of forages within the limit of intake potential. Mineral N fertilization was gradually increased 20 kg/ha increments. With increased grass DM yield the area of leys decreased. The field areas were adjusted so that the amount of silage leftovers were less than 0.1 kg DM/d or unused DM intake potential less than 0.1 kg/d.

Intensity

Two different scenarios were used to simulate the effects of increased animal density on ammonia emissions. In both cases the number of cows increased from 60 to 100 by 5 cow increments in a 100 ha farm. In the first scenario arable land (40 ha) used for grain production was gradually replaced with whole-crop silage to meet the forage intake potential of cows. With the two highest intensities the whole-crop silage are was 40 ha. In the second scenario arable land (40 ha) used for grain production was gradually replaced

with leys to meet the cows intake potential. At the highest intensity 90 ha was used for leys and 10 ha for grain. In both cases the areas for different crops were adjusted as described for N fertilization simulations.

Replacement rate

The effects of replacement rate of a dairy herd of 70 cows in a 100 ha farm was simulated by increasing the replacement rate from 25% to 50% with 5% increments. The diets with both were formulated to feed maximum amount of forage for dairy cows within the limits of intake potential predicted according to Huhtanen et al. (2011). With increasing replacement rate the proportion of leys increased at the expense of cereal grains to meet increasing forage requirements of replacement stock. The additional feed required, mainly cereal grains, was purchased. Replacement rate affects the age structure of dairy herd, and consequently milk yield and live weight. Milk yield and live weight of the cows for different replacement rates were adjusted using the equations derived from the Finnish data of cow recording system (Nousiainen et al., 2006).