

Härkäpapusäilörehun ja rypsitason vaikutukset maitotuotokseen ja ravintoainesten hyväksikäyttöön

Marjukka Lamminen, Tuomo Kokkonen, Anni Halmemies-Beauchet-Filleau, Tytti Termonen, Pirkko Korhonen, Aila Vanhatalo ja Seija Jaakkola

Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

TIIVISTELMÄ

Palkoviljat ovat kiinnostava vaihtoehto heinäkasveille karkearehuna typensitomiskykynsä ja suuren biomassan tuotantopotentiaalinsa vuoksi. Lisäksi palkoviljojen ja viljakasvien seosviljelyn on raportoitu vaikuttavan positiivisesti maidontuotantoon, maatalon talouteen ja ympäristöön. Tässä tutkimuksessa selvitettiin härkäpapurkevätnäsäilörehun (*Vicia faba* – *Triticum aestivum*) vaikutusta lypsylehmien rehun syöntiin, ravintoainesten hyväksikäyttöön ja maidontuotantoon, kun sillä korvattiin osa nurmisäilörehusta. Kokeessa oli 8 ay-lehmää, joiden poikimisesta oli kokeen alkaessa kulunut 100 päivää. Koemallina oli toistettu 4x4 latinalainen neliö. Koeasetelmaltaan 2x2 faktoriaalisen kokeen koekäsittelyinä olivat säilörehun kasvilaji ja väkirehun raakavalkuaispitoisuus. Säilörehuvaihtoehdot olivat timotei-nurminatarehu (*Phleum pratense* – *Festuca pratensis*) (Nurmi) ja seos, jossa puolet nurmisäilörehun kuiva-aineesta korvattiin härkäpapurkevätnäsäilörehulla (Nurmi-härkäpapurke -seos). Kevätvehnän osuus härkäpapusäilörehussa oli vain noin 10 % kuiva-aineesta. Väkiannos (13 kg/pv) sisälsi rypsirohetta joko 2,0 tai 3,5 kg, jolloin väkirehun raakavalkuaispitoisuus oli vastaavasti 175 tai 200 g/kg ka. Ruokinta toteutettiin erillisruokintana ja lehmät saivat säilörehua vapaasti. Nurmisäilörehun ja nurmi-härkäpapusäilörehuseoksen raakavalkuaispitoisuudet olivat 155 ja 160 g/kg ka, NDF-pitoisuudet 517 ja 477 g/kg ka ja *in vitro* D-arvot 678 ja 642 g/kg ka. Molempien rehujen säilöntälaatu oli hyvä. Härkäpapusäilörehun heikommasta sulavuudesta huolimatta nurmisäilörehun korvaaminen osittain härkäpapusäilörehulla ei vaikuttanut lypsylehmien kuiva-aineen syöntiin, maito-, rasva- tai valkuaisuutokseen. Rypsiannostuksen lisääminen pienensi maidon rasvapitoisuutta ja -tuotosta (-2,15 g/kg ja -90 g/pv), minkä seurauksena myös energiakorjattu maitotuotos pieneni suuntaa-antavasti (-1,3 kg/pv). Rypsiannostuksen lisääminen myös lisäsi molemmilla säilörehukäsittelyillä maidon ureapitoisuutta (+3,75 mg/100ml) ja heikensi rehutypen hyväksikäyttöä maidontuotantoon (-1,65 %-yksikköä). Ureapitoisuuden lisääntyminen oli kuitenkin merkittävästi suurempaa härkäpapurukinnalla kuin puhtaalla nurmiruokinnalla. Nurmisäilörehun korvaaminen osittain härkäpapusäilörehulla lisäsi pötsin ammoniakkipitoisuutta (+2,45 mmol/l). Rypsiannostuksen lisääminen vähensi pötsin voihappopitoisuutta nurmiruokinnalla, mutta ei härkäpapurukinnalla. Muut erot pötsin VFA-pitoisuuksissa olivat vähäisiä. Nurmisäilörehuun verrattuna härkäpapurukinta vähensi plasman NEFA-pitoisuutta (-0,015 mmol/l) ja lisäsi plasman histidiini-, leusiini- ja valiinipitoisuuksia (+10, +11 ja +20 µmol/l, vastaavasti). Tulosten perusteella nurmisäilörehusta voidaan korvata puolet heikommalla härkäpapurkevätnäsäilörehulla ilman, että lypsylehmien maitotuotos heikkenee. Tässä kokeessa pienempi rypsiannos (2 kg) osoittautui paremmaksi, sillä suurempi annos (3,5 kg) ei lisännyt kuiva-aineen syöntiä eikä maitotuotosta, vaan sen sijaan vähensi maidon rasvapitoisuutta ja heikensi typen hyväksikäyttöä maidontuotantoon.

ASIASANAT

Lypsylehmä, härkäpapurke, vehnä, kokoviljasäilörehu

JOHDANTO

Suomessa nautojen ruokinta perustuu tavallisesti nurmiheinäkasveista tehtyyn säilörehuun ja rehuviljaan. Nurmi-palkokasvien ja palkoviljojen viljely rehuksi karjatilalla ja yhteistyötä tekevällä viljatilalla antaa molemmille maataloille mahdollisuuden vähentää typpilannoitusta ja tuo vaihtoehtoja usein liian yksipuoliseen kasvilajivalikoimaan. Palkoviljoja, kuten härkäpapua, hernettä ja lupiineja, sisältävien kokoviljasäilörehujen tuotanto mahdollistaa myös lannanlevitysalan lisäämisen. Palkoviljojen ja viljakasvien seosviljelyn on raportoitu vaikuttavan positiivisesti maidontuotantoon, maatalan talouteen ja ympäristöön (Hauggaard-Nielsen ym. 2008).

Palkoviljan ja viljan seosviljelyn tavoitteena on, että kasvilajien ominaisuudet täydentävät toisiaan viljelyssä, rehun säilönnässä ja ruokinnassa. Palkokasvit ovat hankalia säilöittäviä pienen vesiliukoisten hiilihydraattien ja kuiva-ainepitoisuuden, sekä korkean puskurikapasiteettinsa vuoksi (McDonald ym. 1991). Taikinatuleentumisvaiheessa korjatun kokoviljasäilörehun kuiva-ainepitoisuus on tyypillisesti kohtuullisen suuri ilman esikuivausta (283-441 g/kg, Jaakkola ym. 2009), mikä helpottaa säilöntää, kun säilörehu tehdään palkokasvin ja viljan seoskasvustosta. Toisaalta viljasäilörehussa on pieni valkuaispitoisuus ja aikaisessa kehitysvaiheessa korjattua nurmisäilörehua heikompi sulavuus (Luke 2015). Puhtaan härkäpapukasvuston raakavalkuaispitoisuus on vaihdellut tutkimuksissa 179-213 g/kg ka (Syrjälä-Qvist ym. 1984, Fraser ym. 2001, Pursiainen ja Tuori 2008) ja vehnäkasvuston 112-129 g/kg ka (Pursiainen ja Tuori 2008, Jaakkola ym. 2009). Palkoviljojen ja viljojen erilaiset raakavalkuaispitoisuudet tasapainottavat seoksen valkuaispitoisuutta. Puhtaita palkoviljasäilörehuja käytettäessä dietin raakavalkuaispitoisuus nousisi helposti tarpeettoman suureksi. Dieretin valkuaispitoisuuden lisääminen heikentää typen hyväksikäyttöä maidontuotantoon ja lisää typen erityistä virtsausta ja sontoa (Huhtanen ym. 2008). Viljojen ja palkoviljojen heikompa sulavuutta kompensoi runsaampi rehun syönti verrattuna sulavampaan tai yhtä hyvin sulavaan nurmirehuun (Pursiainen ja Tuori 2006, Jaakkola ym. 2009, Markkanen 2014).

Härkäpapusäilörehun käyttöä märehtijöiden ruokinnassa on tutkittu vain vähän. Puhtailla härkäpapusäilörehuruokinnalla lypsylehmien maitotuotoksen ja hiehojen ja lihanautojen päiväkasvun on raportoitu olevan vähintään yhtä suurina kuin nurmi-palkokasvisäilörehuun perustuvissa ruokinnissa (McKnight ja MacLeod 1977, Ingalls ym. 1979). Kun härkäpavun ja viljojen seoskasvustoista tehtyjä säilörehuja on verrattu nurmisäilörehuun, maitotuotos on ollut yhtä suuri (Haag 2007) tai suurempi (Markkanen 2014).

Tämä tutkimus on osa hanketta ”Kasvinviljely- ja kotieläintilojen yhteistyö – avain tuotannon kestäväan tehostamiseen” (KESTE). Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää härkäpapu-kevätsäilörehun vaikutusta lypsylehmien kuiva-aineen syöntiin, ravintoaineiden hyväksikäyttöön ja maidontuotantoon täydennettäessä ruokintoja kahdella rypsitasolla. Härkäpapu-kevätsäilörehulla korvattiin puolet nurmisäilörehun kuiva-aineesta ja seosta verrattiin puhtaaseen nurmisäilörehuun.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus tehtiin Helsingin yliopiston Viikin opetus- ja tutkimustilan navetassa keväällä 2014. Ruokintakokeessa käytetyt säilörehut olivat timotei-nurminatasäilörehu (Nurmi) ja härkäpapu-kevätsäilörehu (Härkäpapu). Härkäpavun (lajike Kontu) ja kevätsäilörehun (lajike Marble) seoskasvusto kylvettiin 22.5.2013. Härkäpavun ja kevätsäilörehun kylvötiheydet olivat 200 ja 94 kg/ha ja typpilannoitus yhteensä 45 kg/ha. Kasvusto korjattiin kokoviljasäilörehuksi 75 päivän kuluttua kylvöstä. Korjuuhetkellä kevätsäilörehu oli taikinatuleentunut ja härkäpapukasvuston kehitysaste oli 79-80 BBCH-kehitysasteluokituksen mukaisesti (Meier 2001). Tällöin osa kasvustoa oli härkäpavun palkojen muodostumisen loppuvaiheessa (palot saavuttaneet täyden pituutensa) ja osa tuleentumisen alkuvaiheessa (palot täytyneet ja pavut vihreitä). Ensimmäisen sadon timotei-nurminatakasvusto korjattiin säilörehuksi 10.6.2013. Sekä nurmisäilörehu että härkäpapu-kevätsäilörehu tehtiin kokoviljasäilörehuun niitettiin niittomurskaimella, esikuiattiin (Nurmi 5-6 h, Härkäpapu 30 h), korjattiin noukinvaunulla ja säilöttiin laakasiiloihin. Säilönnässä käytettiin muurahaishappopohjaista säilöntäainetta (AIV2-Plus®, Kemira Oyj) 7 l/tonni tuoretta kasvustoa.

Ruokintakokeessa oli kahdeksan vähintään kaksi kertaa poikinnutta ayrshire-lehmää, joiden poikimisesta oli keskimäärin 100 päivää. Koemallina oli rinnakkain toistettu 4 x 4 Latinalainen neliö. Toisen neliön lehmät olivat pötsifistelöityjä. Koeasetelmaltaan 2 x 2 faktoriaalisen kokeen koekäsittelyinä olivat säilörehun kasvilaji ja väkirehun raakavalkuaispitoisuus. Karkearehuvaihtoehtoina olivat nurmisäilörehu (Nurmi) ja seos, jossa puolet nurmisäilörehun kuiva-aineesta korvattiin härkäpapu-kevätsäilörehulla (Nurmi-härkäpapu -seos). Nurmi-härkäpapu -seos valmistettiin seosrehusekoittimella. Viljapohjainen väkirehuannos (13 kg ilma-kuivaa rehua/pv) sisälsi rypsirouhetta joko 2,0 tai 3,5 kg, jolloin väkirehun raakavalkuaispitoisuus oli vastaavasti 175 tai 200 g/kg ka (RV175 ja RV200). Ruokinta toteutettiin erillisruokintana ja lehmät saivat säilörehua vapaasti.

Koejaksojen kaksi ensimmäistä viikkoa olivat totutusviikkoja ja kolmas viikko keruuviikko. Keruuvii-
kon aikana otettiin näytteet rehuista, pötsinesteestä, häntäsuonen verestä, maidosta, sonnasta ja virtsasta.
Sonta- ja virtsanäytteet otettiin spot-näytteinä. Säilörehun ja väkirehun syönti sekä maitotuotos määritettiin
päivittäin. Ravintoaineiden sulavuus laskettiin happoon liukenemattoman tuhkan (AIA) avulla. Rehu-, sonta-
ja maitonäytteiden koostumus määritettiin Termosen (2015) kuvaamien menetelmien mukaan. Kokeesta pois-
tettiin kahden eläimen tietoja (yht. 3 jaksohavaintoa) kokeesta riippumattomien terveydellisten seikkojen
vuoksi. Säilörehujen *in vivo* –sulavuus määritettiin lampailta Luonnonvarakeskuksessa Jokioisilla (Kuoppala
ym.).

Tulosten analysointiin käytettiin SAS-ohjelmiston (versio 9.3 SAS Institute Inc., Cary, Yhdysvallat)
Mixed-proseduurin varianssianalyysiä. Mallissa oli kiinteinä muuttujina neliö, jakso, koekäsittely ja neliön ja
koekäsittelyn yhdysvaikutus sekä satunnaisena muuttujana eläin neliön sisällä. Lisäksi mallissa oli carry-over
–tekijä testaamassa jälkivaikutuksen esiintymistä. Jälkivaikutukset eivät olleet merkitseviä. Käsittelyjen väli-
set tilastolliset erot testattiin ortogonaalisilla kontrasteilla, jotka olivat: 1) säilörehun kasvilajin vaikutus (nurmi
vs. härkäpapu–nurmi –seos), 2) väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutus (RV175 vs. RV200) ja 3) säilörehun
kasvilajin ja väkirehun valkuaispitoisuuden yhdysvaikutus. Pötsikäymistietojen osalta (pl. alkueläinten määrä)
mallissa oli mukana myös koekäsittelyn ja ajan yhdysvaikutus.

TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Härkäpapu-keväthevännäkasvuston kuiva-ainesato oli 5 500 kg/ha ja vehnän osuus kasvustosta oli kasvustonäyt-
teiden perusteella vain 10 %. Härkäpapusäilörehun kuiva-ainepitoisuus oli varsin suuri (taulukko 1), mikä
johtuu härkäpapakasvuston osittaisesta ennen aikaisesta tuleentumisesta ja pitkästä esikuivauksesta suotuisissa
sääoloissa. Molempien säilörehujen käymislaatu oli alhaisen pH:n ja pienen haihtuvien rasvahappojen (VFA)
pitoisuuden perusteella hyvä. Nurmisäilörehun raakavaluainepitoisuus oli vain hieman härkäpapusäilörehua
pienempi. Nurmisäilörehun neutraalidetergenttikuitupitoisuus (NDF) oli suurempi, mutta sulamattoman
NDF:n (iNDF) pitoisuus selvästi pienempi kuin härkäpapusäilörehun. Nurmisäilörehun *in vivo* ja *in vitro* D-
arvot olivat härkäpapusäilörehua suuremmat.

Taulukko 1. Rehujen koostumus ja rehuarvot*.

	Säilörehut			Väkirehut	
	Nurmi- säilörehu (Nurmi)	Härkäpapu- vehnäsäilörehu (Härkäpapu)	Härkäpapu- nurmi -seos (1:1)	RV175	RV200
Kuiva-aine, g/kg	288	389	325	872	872
Raakavaluainen, g/kg ka	155	165	160	176	198
NDF, g/kg ka	517	433	477	211	219
iNDF, g/kg ka	108	201	141	68,5	73,4
Tärkkelys, g/kg ka	ei analysoitu	115	65,2	34,3	31,5
pH	3,97	3,96	4,00		
NH ₄ -N, g/kg N	65,2	58,0	58,7		
Sokeri, g/kg ka	93,2	93,8	96,4		
Maitohappo, g/kg ka	47,3	16,6	32,8		
VFA, g/kg ka	13,0	6,10	9,90		
<i>In vitro</i> D-arvo, g/kg ka	678	611	642		
<i>In vivo</i> D-arvo, g/kg ka	647	612			
ME, MJ/kg ka	10,8	9,75	10,3	12,4	12,3
OIV, g/kg ka	82,5	77,6	79,5	106	115
PVT, g/kg ka	32,4	50,0	42,1	-16,2	-13,5

* Rehuarvot laskettu *in vitro* D-arvon perusteella. NDF=neutraalidetergenttikuitu, iNDF=sulamaton NDF, VFA=haihtu-
vat rasvahapot, ME=muuntokelpoinen energia, OIV=ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT=pötsin valkuaisase.

Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen härkäpapusäilörehulla ei vaikuttanut ($P>0,05$) kuiva-aineen
syöntiin (taulukko 2), vaikka härkäpapusäilörehun sulavuus oli D-arvon perusteella nurmisäilörehua heikompi.
Tulokset ovat yhteneviä aiempien tutkimusten kanssa, joissa nurmipalkokasvisäilörehuja on korvattu härkä-
papusäilörehulla (Ingalls ym. 1979) ja nurmisäilörehuja kokoviljasäilörehulla (Jaakkola ym. 2009) tai härkä-
papu-keväthevännästä tehdyllä kokoviljasäilörehulla (Haag 2007). Tyypillisesti eläimet voivat syödä enemmän

palkokasvisäilörehua kuin paremmin sulavaa nurmisäilörehua. Tämä johtuu kuidun nopeasta pötsihajoavuudesta, jolloin myös rehuartikkeleiden virtaus pötsistä on nopeaa ja pötsintäyteys ei rajoita syöntiä samalla tavalla kuin nurmirehun syöntiä (Waghorn ym. 1989).

Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden suurentuminen lisää yleensä säilörehun kuiva-aineen syöntiä (Huhtanen ja Shingfield 2005). Tässä kokeessa ei kuitenkaan havaittu vastaavaa vaikutusta. Valkuaisrehun lisäämisen aiheuttama lisääntynyt kuiva-aineen syönti johtuu todennäköisesti osittain tehostuneesta orgaanisen aineen sulatuksesta. Merkittävämpi tekijä kuitenkin lienee parantunut ravintoaineiden suhde (amino-happo/ME-suhde), joka lisää maitotuotosta, joka puolestaan lisää energiantarvetta ja voi stimuloida syöntiä (Huhtanen ja Shingfield 2005). Tässä tutkimuksessa rypsiannostuksen lisääminen lisäsi orgaanisen aineen sulavuutta härkäpapu-nurmiruokinnalla, mutta nurmisäilörehuruokinnalla sulavuus heikkeni (yhdysvaikutus, $P < 0,10$).

Samansuuruisen kuiva-aineen syönnin vuoksi vain ruokinnan koostumus vaikutti ravintoaineiden saantiin. Tärkkelyksen saanti oli suurempaa härkäpapu-nurmiruokinnalla kuin nurmisäilörehuruokinnalla ($P < 0,001$) ja pieneni rypsiannostuksen lisääntyessä ($P < 0,001$). Tämä johtuu härkäpapusäilörehun sisältämästä tärkkelyksestä ja toisaalta tärkkelystä sisältävän viljaväkirehun osuuden pienentymisestä rypsin korvatussa viljaa. Säilörehuruokintojen välinen erotus tärkkelyspitoisuudessa oli 33 g/kg ka ja vastaa tärkkelysmäärältään noin 1,7 kg ohraa (64–69 kg/hl). Härkäpapu-vehnäsäilörehun suuremman raakavalkuaispitoisuuden vuoksi raakavalkuaisen saanti lisääntyi suuntaa-antavasti ($P < 0,10$) härkäpapusäilörehun korvatussa osittain nurmisäilörehua. Rypsiannostuksen lisääminen lisäsi raakavalkuaisen ($P < 0,05$) ja OIV:n ($P < 0,10$) saantia johtuen väkirehun valkuaispitoisuuden ja siten koko ruokinnan raakavalkuaispitoisuuden lisääntymisestä.

Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen härkäpapusäilörehulla ei vaikuttanut ($P > 0,05$) maidontuotantoon, rasva-, valkuais- ja laktoosituotoksiin ja –pitoisuuksiin. Tulos on yhtenevä Ingallsin ym. (1979), McKnightin ja MacLeodin (1977) (pl. maidon rasvapitoisuuden muutokset) ja Haagin (2007) tulosten kanssa. Tässä tutkimuksessa rypsiannostuksen lisäämisellä ei saatu tuotosvastetta maidontuotannossa, toisin kuin Markkasen (2014) tutkimuksessa, jossa rypsimäärän lisäys härkäpapu-kaura- tai herne-kaurasäilörehuun perustuvilla ruokinnoilla lisäsi maidontuotantoa väkirehun raakavalkuaispitoisuuksien ollessa 150 tai 180 g/kg ka. Markkasen (2014) tutkimuksessa härkäpapu-kaurasäilörehun D-arvo (620 g/kg ka) ja varsinkin nurmisäilörehun D-arvo (625 g/kg ka) oli pienempi kuin tässä tutkimuksessa käytettyjen vastaavien säilörehujen. Tässä tutkimuksessa rypsiannostuksen lisääminen pienensi maidon rasvapitoisuutta ja –tuotosta ($P < 0,05$) johtuen tyydyttyneiden rasvahappojen (4:0, 6:0 ja 16:0) vähentyneestä tuotoksesta (-3,10, -1,65 ja -56,5 g/vrk vastaavasti, $P < 0,10$, tuloksia ei esitetty taulukossa). Tämän seurauksena myös energiakorjattu maitotuotos pieneni suuntaa-antavasti ($P < 0,10$). Pötsinesteessä haihtuvien rasvahappojen mooliosuuksissa ei kuitenkaan havaittu merkittäviä muutoksia. Väkirehun valkuaispitoisuuden nosto vähensi hieman (-6 mmol/mol) voihapon osuutta pötsinesteen haihtuvista rasvahapoista nurmisäilörehuruokinnalla, mutta härkäpapuruokinnalla valkuaispitoisuuden nosto ei vaikuttanut voihapon osuuteen (yhdysvaikutus $P < 0,01$). Ruokinta ei vaikuttanut myöskään plasman etikka- ja β -hydroksivoihapon pitoisuuksiin (taulukko 3, $P > 0,10$), joten lähtöaineiden saatavuus ei rajoittanut tyydyttyneiden rasvahappojen *de novo*-synteesiä maitorauhasessa väkirehun valkuaispitoisuuden noustessa. Rypsiannostuksen lisääminen lisäsi plasman insuliinipitoisuutta (taulukko 3, $P < 0,05$), mistä johtuen maitorasvan esiaineet saattoivat osin ohjautua maitorauhasen ohi.

Pötsin valkuaispitoisuus (PVT) oli noin 1,5-kertainen härkäpapu-nurmiruokinnalla puhtaaseen nurmisäilörehuun verrattuna ($P < 0,001$, taulukko 2), jolloin härkäpapusäilörehuruokinnalla oli pötsimikrobien tarpeisiin nähden liikaa valkuaisa suhteessa ruokinnan sulavuuteen. Tämän vuoksi pötsinesteen ammoniakkipitoisuus oli härkäpapu-nurmisäilörehuruokinnalla suurempi kuin puhtaalla nurmisäilörehuruokinnalla ($P < 0,05$). Rypsiannostuksen lisääminen lisäsi maidon ureapitoisuutta molemmilla säilörehuruokinnalla ($P < 0,001$) ja heikensi rehutyypin hyväksikäyttöä maidontuotantoon ($P < 0,01$). Lisävalkuaisen käyttö lisäsi entisestään valkuaisen ylimäärää suhteessa energiaan härkäpapu-nurmisäilörehudieetillä. Maidon ureapitoisuus lisääntyikin merkittävästi enemmän härkäpapu-nurmiruokinnalla kuin puhtaassa nurmisäilörehuruokinnalla ($P < 0,01$).

Taulukko 2. Syönti, ravintoaineiden saanti, maidontuotanto, maidon koostumus, pötsikäyminen ja ravintoaineiden hyväksikäyttö maidontuotantoon.

Säilörehu	Koekäsittelyt				SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
	Nurmi		Härkäpaju-nurmi -seos			Säilörehu	RV	Yhdys- vaikutus
Väkirehun RV, g/kg ka	175	200	175	200				
Havainnot, kpl	8	7	6	8				
<i>Syönti, kg ka/vrk</i>								
Säilörehu	13,6	13,9	14,5	13,7	0,48			
Väkirehu	11,3	11,3	11,3	11,3				
Yhteensä	25,0	25,2	25,8	25,0	0,48			
<i>Ravintoaineiden saanti</i>								
Orgaaninen aine, kg/vrk	23,2	23,4	23,9	23,2	0,45			
Raakavalkuainen, kg/vrk	4,11	4,36	4,31	4,44	0,073	o	*	
NDF, kg/vrk	9,46	9,65	9,30	9,03	0,243	o		
pdNDF, kg/verk	7,21	7,38	6,55	6,28	0,199	***		
Tärkkelys, kg/vrk	3,89	3,59	4,81	4,45	0,040	***	***	
ME, MJ/vrk	266	268	269	262	4,3			
OIV, g/vrk	2329	2435	2356	2397	35,7		o	
PVT, g/vrk	258	289	426	423	18,8	***		
<i>Ravintoaineiden sulavuus, g/kg</i>								
Orgaaninen aine	714	700	693	713	9,4			o
Raakavalkuainen	677	667	656	680	13,0			
NDF	553	520	477	511	17,0	*		*
pdNDF	701	677	663	678	14,4			
<i>Maidontuotanto ja maidon koostumus</i>								
Maito, kg/vrk	35,5	35,4	36,1	35,8	1,02			
EKM, kg/vrk	38,1	36,8	38,4	37,1	0,81		o	
Rasva, g/vrk	1634	1542	1630	1542	42,0		*	
Valkuainen, g/vrk	1249	1231	1268	1252	23,6			
Laktoosi, g/vrk	1571	1562	1604	1600	49,8	o		
Rasva, g/kg	46,0	44,6	46,5	43,6	1,45		*	
Valkuainen, g/kg	35,4	35,5	35,8	35,3	0,84			
Laktoosi, g/kg	44,3	44,1	44,4	44,7	0,30			
Urea, mg/100 ml	30,5	32,0	33,7	39,7	1,22	***	***	**
<i>Pötsikäyminen</i>								
pH	6,31	6,28	6,29	6,33	0,094			
NH ₃ -N, mmol/l	6,89	6,43	9,03	9,19	1,180	*		
VFA yhteensä, mmol/l	103	104	105	103	3,7			
<i>VFA:n mooliosuudet, mmol/mol</i>								
Etikkahappo (AA)	646	647	643	645	4,1			
Propionihappo (PA)	181	186	184	180	2,3			**
Voihappo (BA)	130	124	131	131	3,4	***	**	**
(AA+BA)/PA –suhde	4,31	4,16	4,24	4,35	0,071			*
Alkueläimet, × 10 ⁵ U/ml	11,5	7,69	9,35	10,6	1,606			
<i>Ravintoaineiden hyväksikäyttö maidontuotantoon</i>								
EKM/rehun ka, kg/kg	1,55	1,49	1,52	1,52	0,044			
Maidon N/Rehun N	0,298	0,277	0,291	0,279	0,060		**	

Tilastolliset merkitsevyydet: *** (P<0,001), ** (P<0,01), * (P<0,05) ja o (P<0,10).

NDF=neutraalidetergenttikuitu, pdNDF=potentiaalisesti sulava NDF, ME=muuntokelpoinen energia, OIV=ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT=pötsin valkuaiastase, EKM=energiakorjattu maitotuotos, VFA=haihtuvat rasvahapot.

Plasman vapaiden rasvahappojen (NEFA) pitoisuus pieni härkäpapusäilörehun korvatessa nurmisäilörehua ($P<0,05$) (taulukko 3). Molemmilla s il rehuruokinnolla pieni NEFA-pitoisuus viittasi positiiviseen energiataseeseen ja oli tuotoskauden vaiheelle tyypillinen (Cozzi ym. 2011). Nurmisäilörehun korvaaminen osittain härkäpapusäilörehulla lisäsi plasman histidiinin, leusiinin, valiinin, haaraketjuisten ja ei-välttämättömien aminohappojen pitoisuuksia ($P<0,05$) ja suuntaa-antavasti lysiinin ja aminohappojen kokonaispitoisuutta ($P<0,10$). Myös rypsiannostuksen lis minen lisäsi suuntaa-antavasti plasman valiinin ja ei-välttämättömien aminohappojen pitoisuuksia ($P<0,10$).

Taulukko 3. Valtimoveren plasman aineenvaihduntatuotteiden ja aminohappojen pitoisuus.

Säilörehu	Koekäsittelyt				SEM	Tilastollinen merkitsevyys		
	Nurmi		Härkäpapu-nurmi - seos			Säilörehu	RV	Yhdysvaikutus
V�kirehun RV, g/kg ka	175	200	175	200				
Havainnot, kpl	8	7	6	8				
Glukoosi, mmol/l	3,84	3,87	3,76	3,81	0,071			
Insuliini, mmol/l	11,9	16,1	12,5	15,3	1,73		*	
NEFA, mmol/l	0,095	0,098	0,078	0,086	0,0076	*		
BHBA, mmol/l	0,833	0,859	0,820	0,830	0,0551			
Etikkahappo, mmol/l	0,095	0,102	0,097	0,093	0,0081			
Arginiini, $\mu\text{mol/l}$	88,3	95,8	101	98,4	6,52			
Histidiini, $\mu\text{mol/l}$	50,3	57,6	66,3	61,6	3,82	*		
Isoleusiini, $\mu\text{mol/l}$	121	129	130	131	5,2			
Leusiini, $\mu\text{mol/l}$	122	132	138	138	6,4	*		
Lysiini, $\mu\text{mol/l}$	106	109	122	113	7,1	o		
Metioniini, $\mu\text{mol/l}$	22,7	22,7	23,0	21,5	0,78			
Fenyylialaniini, $\mu\text{mol/l}$	44,1	45,6	45,4	43,7	1,76			
Treoniini, $\mu\text{mol/l}$	128	122	127	123	6,6			
Tryptofaani, $\mu\text{mol/l}$	46,1	47,0	44,2	43,9	1,61			
Valiini, $\mu\text{mol/l}$	236	252	261	267	10,5	**	o	
ΣBCAA	479	514	529	536	21,0	*		
ΣEAA	964	1031	1057	1037	36,0			
ΣNEAA	1269	1204	1346	1263	52,1	o	o	
ΣTAA	2233	2242	2422	2307	78,9	o		

Tilastolliset merkitsevyydet: *** ($P<0,001$), ** ($P<0,01$), * ($P<0,05$) ja o ($P<0,10$).

NEFA= Vapaat rasvahapot, BHBA= β -hydroksivoihappo, ΣBCAA = Haaraketjuisten aminohappojen yhteismäärä, ΣEAA = Välttämättömien aminohappojen yhteismäärä, ΣNEAA = Ei-välttämättömien aminohappojen yhteismäärä, ΣTAA = Aminohappojen kokonaismäärä.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Nurmisäilörehun korvaaminen osittain härkäpapu-kev tvehn s il rehulla ei vaikuttanut haitallisesti lypsylehmien tuotokseen härkäpapu-kev tvehn s il rehun heikommasta sulavuudesta huolimatta. Siten tämän kokeen tulosten perusteella s il nn lliselt  laadultaan hyvä, h rk papuvaltainen härkäpapu-kev tvehn s il rehu sopii lypsylehmien ruokintaan. Tässä kokeessa pienempi rypsiannos (2 kg) osoittautui paremmaksi, sillä suurempi annos (3,5 kg) ei lisännyt kuiva-aineen syöntiä eikä maitotuotosta, vaan sen sijaan vähensi maidon rasvapitoisuutta ja heikensi typen hyv ksik ytt   maidontuotantoon.

KIRJALLISUUS

- Cozzi, G., Ravarotto, L., Gottardo, F., Stefani, A.L., Contiero, B., Moro, L., Brscic, M. & Dalvit, P.** 2011. Reference values for blood parameters in holstein dairy cows: effects of parity, stage of lactation, and season of production. *Journal of Dairy Science* 94: 3895-3901.
- Fraser, M.D., Fychan, R. & Jones, R.** 2001. The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of forage pea and field bean silages. *Grass and Forage Science* 56: 218-230.
- Haag, T.** 2007. Åkerböna i samodling med vårvete som helgrödesensilage till mjölkkor. Maisterintutkielma. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap. 72s. http://ex-epsilon.slu.se/2148/1/Examensarbete_Therese_Haag.pdf. Julkaistu 7.2.2008, viitattu 8.12.2015.
- Haugaard-Nielsen, H., Jørnsgaard, B., Kinane, J. & Jensen, E. S.** 2008. Grain legume–cereal intercropping: The practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23: 3–12.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J.I., Rinne, M., Kytölä, K. & Khalili, H.** 2008. Utilization and partition of dietary nitrogen in dairy cows fed grass silage-based diets. *Journal of Dairy Science* 91: 3589-3599.
- Huhtanen, P. & Shingfield, K.J.** 2005. Grass silage: factors affecting efficiency of N utilisation in milk production. 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 Academic Publishers s. 35-50.
- Ingalls, J.R., Sharma, H.R., Devlin, T.J., Bareeba, F.B. & Clark, K.W.** 1979. Evaluation of whole plant fababean forage in ruminant rations. *Canadian Journal of Animal Science* 59: 291-301.
- Jaakkola, S., Saarisalo, E. & Heikkilä, T.** 2009. Formic acid treated whole crop barley and wheat silages in dairy cow diets: effects of crop maturity, proportion in the diet, and level and type of concentrate supplementation. *Agricultural and Food Science* 18: 234-256.
- Markkanen, A.** 2014. Hernekaura- ja härkäpapukaurasäilörehu lypsylehmien ruokinnassa. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos. 35 s. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/144397/Maisterintutkielma_Anni%20Markkanen%20valmis.pdf?sequence=2. Julkaistu 12/2014, viitattu 8.12.2015.
- McDonald, P., Henderson, A. R. & Heron, S. J. E.** 1991. *The Biochemistry of Silage.* 2. painos. Chalcombe Publications. Marlow, UK. 340 s.
- McKnight, D.R. & MacLeod, G.K.** 1977. Value of whole plant faba bean silage as sole forage for lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 57: 601-603.
- Meier, U.** 2001. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants - BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/bbch/BBCH-Skala_englisch.pdf. Julkaistu 2001, viitattu 7.12.2015.
- MTT 2013.** Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. <http://www.mtt.fi/rehutaulukot>. Jokioinen: MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Julkaistu 2013, viitattu 7.12.2015.
- Pursiainen, P. & Tuori, M.** 2006. Replacing grass silage with pea-barley intercrop silage in feeding of the dairy cow. *Agricultural and Food Science* 15: 235–251.
- Pursiainen, P. & Tuori, M.** 2008. Effect of ensiling field bean, field pea and common vetch in different proportions with whole-crop wheat using formic acid or an inoculant on fermentation characteristics. *Grass and Forage Science* 63(1): 60-78.
- Syrjälä-Qvist, L., Pekkarinen, E. & Setälä, J.** 1984. Vihanta herne ja härkäpapu sekä niiden viljaseos säilörehun raaka-aineena. Kotieläintieteen laitoksen tiedote No 4. Helsinki: Kotieläintieteen laitos Helsingin yliopisto. 55 s.
- Termonen, T.** 2015. Härkäpapu-kevävehnäsäilörehun ja rypsin määrän vaikutus lypsylehmän maitotuotokseen ja aineenvaihduntaan. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos. 61s. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155804/Maisterintutkielma_Termonen_Tytti.pdf?sequence=5. Julkaistu 5/2015, Viitattu 7.12.2015.
- Waghorn, G.C., Shelton, I.D. & Thomas, V.J.** 1989. Particle breakdown and rumen digestion of fresh ryegrass (*Lolium perenne* L.) and lucerne (*Medicago sativa* L.) fed to cows during a restricted feeding period. *British Journal of Nutrition.* 61: 409–23.