

**PALKOKASVISÄILÖREHUIEN VAIKUTUKSET SONNIEN
REHUN SYÖNTIIN, KASVUUN JA TEURASTULOKSIIN**

Mia Valtonen
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden osasto
Kotieläinten ravitsemustiede
Toukokuu 2020



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution – Department Maataloustieteiden osasto	
Tekijä/Författare – Author Mia Valtonen			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Palkokasvisäilörehujen vaikutukset sonnien rehun syöntiin, kasvuun ja teurastuloksiin			
Oppiaine / Läroämne – Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji/Arbetets art – Level Maisterintutkielma		Aika/Datum – Month and year Toukokuu 2020	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 52 s.
Tiivistelmä/Referat – Abstract Palkokasveilla voidaan vähentää lannoitetyypen käyttöä ja seoskasvustona nurmien tai viljojen kanssa, voidaan palkokasveilla parantaa säilörehun raakavalkuaispitoisuutta sekä kokoviljasäilörehun sulavuutta. Tutkimuksia palkokasvisäilörehujen tuotantovaikutuksista lihanautojen ruokinnassa on kuitenkin vähän saatavilla. Tämän maisterintutkielman tavoitteena oli selvittää palkokasvisäilörehujen vaikutukset liha- ja maitorotuisten sonnien rehun syöntiin, kasvuun ja teurastuloksiin. Tutkimuksessa oli kaksi osakoetta, jotka toteutettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Ruukin toimipisteen tutkimusnavetassa Siikajoella 2014. Tutkielman aiheisto oli osa Edistystä luomutuotantoon – hanketta. Molemmissa kokeissa oli kolme koerokintaa, joilla oli 20 sonnina, 10 aberdeen angusrotuista (ab) ja 10 ayrshire-rotuista (ay). Sonnit saivat vapaasti seosrehuja, jotka sisälsivät säilörehua 65 % kuiva-aineesta ja litistettyä ohraa 35 % kuiva-aineesta. Ensimmäisessä kokeessa alsikeapilasäilörehu (D-arvo 603 g/kg kuiva-ainetta (ka), raakavalkuaista (rv) 164 g/kg ka) korvasi timoteisäilörehusta joko 50 % tai 100 %. Toisessa kokeessa verrattiin härkäpapurvehnä- ja hernevehnäsäilörehujen (D-arvot 608 g/kg ka ja rv 154–174 g/kg ka) tuotantovaikutuksia timoteisäilörehuun. Timoteisäilörehu (D-arvo 629 g/kg ka, rv 129 g/kg ka) oli sama molemmissa kokeissa. Timoteisäilörehun korvaaminen palkokasvisäilörehuilla ei vaikuttanut merkitsevästi sonnien rehun syöntiin tai kasvuun. Palkokasvisäilörehut lisäsivät sonnien valkuaisen saantia, mutta heikensivät valkuaisen hyväksikäyttöä, koska sonnit saivat tarpeeksi valkuaista jo timoteisäilörehupohjaisesta ruokinnasta. Sonnit söivät enemmän härkäpurasäilörehua kuin hernesäilörehua, mutta sonnien kasvussa ei ollut eroa. Näin ollen rehun hyväksikäyttö oli heikompaa härkäpuru- kuin hernesäilörehulla. Alsikeapilan lisääminen ruokintaan vähensi hieman ruhojen rasvoittumista verrattuna timoteisäilörehuun. Erot teurastuloksissa ruokintojen välillä olivat kuitenkin pieniä. Molemmissa kokeissa ab-sonneilla oli odotetusti paremmat kasvu- ja teurastulokset sekä tehokkaampi rehun hyväksikäyttö kuin ay-sonneilla. Tulosten perusteella palkokasvisäilörehut sopivat lihanautojen ruokintaan korvaamaan timoteisäilörehua. Palkokasvien suuresta raakavalkuaispitoisuudesta johtuen niiden käyttöä lihanautojen ruokinnassa kannattaa kuitenkin rajoittaa, ettei tyyppien hyväksikäyttö heikkenisi ja ylimääräistä tyyppiä menetettäisi virtsan mukana.			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords härkäpuru, herne, alsikeapila, säilörehu, sonni, syönti, kasvu, teurastulokset			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Maataloustieteiden osasto			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Ohjaajat: Yliopistonlehtori Seija Jaakkola (HY) ja tutkimusprofessori Arto Huuskonen (Luke).			



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos/Institution– Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä/Författare – Author Mia Valtonen			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Feed intake, growth performance and carcass characteristics of bulls offered legume silages			
Oppiaine /Läroämne – Subject Animal nutrition			
Työn laji/Arbetets art – Level Master’s thesis		Aika/Datum – Month and year May 2020	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 52 p.
Tiivistelmä/Referat – Abstract <p>As a bi-crop with grasses or cereals, legumes decrease the use of nitrogen fertilizer and increase the protein value of silages and feed value of whole-crop cereal silages. However, there is a lack of published information on animal performance of growing bulls when grass silage is replaced with alsike clover silage or whole-crop legume cereal silages. The aim of this study was to investigate the effects of legume silages on performance and carcass characteristics of beef and dairy breed bulls. Two feeding trials were conducted in the experimental barn of Natural Resources Institute Finland (Luke) in Ruukki in 2014. The material of this thesis was a part of the project “Edistystä luomutuotantoon”.</p> <p>In both trials there were three experimental diets and on each diet 20 bulls, 10 Aberdeen angus (ab) and 10 Ayrshire (ay) breed bulls. The bulls were offered total mixed rations ad libitum consisting of silage 65 % of dry matter (DM) and barley 35 % of DM. In the first trial alsike clover silage (digestible organic matter in DM (D-value) 603 g/kg DM, crude protein (CP) 164 g/kg DM) replaced timothy silage at a DM basis of 50 % or 100 %. In the second trial faba bean-wheat and pea-wheat silages (D-value 608 g/kg DM and CP 154-174 g/kg DM) were compared with timothy silage. Timothy silage (D-value 629 g/kg DM, CP 129 g/kg DM) was the same in both trials.</p> <p>Replacing moderately digestible timothy silage by legume silages did not significantly affect the feed intake or the growth performance of the bulls. Legume silages increased the intake of CP but decreased the utilization of nitrogen, while the CP intake was already fulfilled with the timothy silage based diet. The intake of faba bean-wheat silage was greater than of pea-wheat silage, but there were no remarkable difference in growth of the bulls between the two diets. Therefore, the feed conversion rate of bulls on faba bean-wheat silage diet was poorer than of bulls on pea-wheat silage diets. Adding alsike clover silage to the diet, tended to decrease the fat score of the carcass compared to timothy silage. However, the differences in carcass characteristics between the diets were minor. As hypothesized the ab-bulls had better growth performance, carcass traits and feed conversion rates than the ay-bulls in both trials.</p> <p>The study showed that timothy silage can be replaced with legume silages in the diet of growing bulls. However, due to the high CP level of legumes, the use of legumes in the diet of growing bulls should be restricted, so that the nitrogen utilization wouldn’t decline and the extra dietary protein be excreted in urine.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords faba bean, pea, alsike clover, silage, bulls, feed intake, growth performance, carcass characteristics			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Department of Agricultural Sciences			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Supervisors: University Lecturer Seija Jaakkola (HY) and Research Professor Arto Huuskonen (Luke)			

SISÄLLYS

LYHENTEET JA SYMBOLIT.....	5
1 JOHDANTO	6
2 APILA-, HERNE- JA HÄRKÄPAPUSÄILÖREHUT NAUTOJEN RUOKINNASSA	7
2.1 Viljely, korjuu ja säilöntä.....	7
2.2 Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.....	9
2.3 Tuotantovaikutukset.....	10
3 TAVOITTEET JA HYPOTEEESIT	14
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	15
4.1 Koejärjestelyt ja koe-eläimet.....	15
4.2 Koerehut.....	16
4.3 Koeruokinnat.....	17
4.4 Rehunäytteiden otto, esikäsittely ja analysointi	18
4.5 Koetoimenpiteet	19
4.6 Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi	19
5 TULOKSET	24
5.1 Koerehujen ja – ruokintojen kemiallinen koostumus, rehuarvo ja säilörehujen säilönnällinen laatu.....	24
5.2 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti	27
5.2.1 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti kokeessa 1	27
5.2.2 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti kokeessa 2.....	27
5.3 Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö	31
5.3.1 Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö kokeessa 1	31
5.3.2 Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö kokeessa 2.....	31
6 TULOSTEN TARKASTELU	35
6.1 Koerehujen ja – ruokintojen kemiallinen koostumus, rehuarvo ja säilörehujen säilönnällinen laatu.....	35
6.2 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti kokeissa 1 ja 2.....	37
6.3 Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö kokeissa 1 ja 2.....	39
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	42
8 KIITOKSET	43
LÄHTEET.....	44

LYHENTEET JA SYMBOLIT

ab = aberdeen angus

ay = ayrshire

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa, g/kg ka

ka = kuiva-aine

ME = muuntokelpoinen energia

NDF = neutraalidetergenttikuitu

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

PVT = pötsin valkuaistase

RV = raakavalkuainen

SEM = keskiarvon keskivirhe

1 JOHDANTO

Lihanautojen ruokinta Suomessa perustuu lähinnä nurmisäilörehuun ja viljaan. Kokoviljasäilörehun käyttö niin lihanaudoilla kuin lypsylehmillä on kuitenkin yleistynyt viime vuosina kokoviljasäilörehun tuotannon edullisuuden ja helppouden vuoksi (Keady ym. 2007, Walsh ym. 2008). Luonnonmukaisessa tuotannossa palkokasveja hyödynnetään yleisesti typensitojina ja rehun valkuaispitoisuuden nostajina, mutta myös tavanomaisessa tuotannossa palkokasvien käyttö on yleistynyt.

Palkokasveilla voidaan vähentää lannoitetyypen käyttöä ja seoskasvustona nurmien tai viljojen kanssa, voidaan palkokasveilla parantaa säilörehun raakavalkuaispitoisuutta sekä parantaa kokoviljasäilörehun sulavuutta. Lisäksi palkoviljan ja viljan seoskasvustot ovat viljelyvarmempia kuin puhtaat palkoviljakasvustot ja niistä saadaan yhdellä korjuukerralla korkea kuiva-ainesato (Mustafa ja Seguin 2004).

Herne ja härkäpapu vaativat pitkän kasvuajan tuleentuaakseen ja soveltuvat siksi puitavaksi vain Etelä-Suomeen, mutta seoskasvustoissa ja kokoviljasäilörehuksi korjattuna niitä voidaan hyvin käyttää pohjoisemmassakin (Stoddard ym. 2009). Alsikeapila on puna-apilaa vaatimattomampi ja pärjää paremmin pohjoisemmassa sekä heikkokuntoisilla mailla ja soveltuu myös paremmin luomuviljelyyn. Palkokasvien ja – viljojen lisäksi säilörehuun, voidaan nostaa valkuaisomavaraisuutta myös pohjoisempaan mentäessä.

Puna-apilasäilörehun käyttöä lypsylehmien ja lihanautojen ruokinnassa on tutkittu melko paljon (Bertilsson ja Murphy 2003, Dewhurst ym. 2003, Kuoppala ym. 2009, Berthiaume ym. 2012, Lafrenière ym. 2012, Halmemies-Beauchet-Filleau ym. 2014, Pesonen ym. 2014, Johansen ym. 2017), mutta alsikeapilan käytöstä ja tuotantovaikutuksista lihanautojen ruokinnassa ei ole aikaisempaa tutkimustietoa saatavilla. Herne- ja härkäpapurviljasäilörehujen tuotantovaikutuksia lypsylehmillä (Salawu ym. 2002, Adesogan ym. 2004, Pursiainen ja Tuori 2006, Markkanen 2014, Termonen 2015) on myös tutkittu jonkin verran, mutta tutkimuksia härkäpapu- ja herneviljasäilörehujen tuotantovaikutuksista kasvien lihanautojen ruokinnassa on vähän saatavilla.

2 APILA-, HERNE- JA HÄRKÄPAPUSÄILÖREHUT NAUTOJEN RUOKINNASSA

2.1 Viljely, korjuu ja säilöntä

Palkokasvit ovat typensitojakasveja, jotka sitovat ilmakehästä typpeä omaan ja seuraavien viljelykasvien käyttöön. Typensidonta tapahtuu kasvin juurinstyröiden avulla, jotka kehittyvät *Rhizobium*-bakteerin vaikutuksesta (Kemppainen 1987). Palkokasvit monipuolistavat viljelykiertoa ja parantavat maan rakennetta (Stoddard ym. 2009). Luonnonvarakeskuksen tilastotietokannan (Luke 2020b) mukaan vuonna 2019 säilörehun kokonaiskorjuualasta (591 300 ha) korjattiin hernesäilörehua 1 300 ha:n alalta ja härkäpapusäilörehua 600 ha:n alalta. Kokoviljasäilörehua korjattiin yhteensä 19 600 ha:n alalta.

Suomessa monivuotisista palkokasveista tärkeimmät ovat apilat, joista puna-apila on käytetyin ja satoisin (Johansson ym. 2016, s. 46). Puna-, valko- ja alsikeapilat kasvavat luonnostaan koko Suomessa (Stoddard ym. 2009). Alsikeapila (*Trifolium hybridum L.*) on puna-apilaan verrattuna sopeutunut paremmin viileään ja kosteaan ilmastoon sekä sietää paremmin kosteutta, mutta kärsii herkemmin kuivuudesta kuin puna-apila (Collins ym. 2018, s. 123). Alsikeapila menestyy muita apiloita paremmin heikkokuntoisilla ja happamilla mailla (Johansson ym. 2016, s. 47).

Herne (*Pisum sativum*) ja härkäpapu (*Vicia faba*) ovat yksivuotisia palkoviljoja. Herne viihtyy parhaiten ilmapilla, hyvärakenteisilla hietasavilla ja hienoilla hiedoilla, joiden pH tulisi olla 6 tai enemmän (Käki 2007, s. 5). Härkäpapu puolestaan viihtyy savi-, hietasavi- ja hietamailla ja kestää herneeseen verrattuna paremmin kosteutta (Lassila 2007, s. 16). Seoskasvustoissa viljan kanssa vilja hyötyy palkoviljojen typensidonnasta, kun taas viljat antavat tukea palkoviljoille ja vähentävät lakoontumista. Erityisesti herne on herkkä lakoontumiselle. Lisäksi seoskasvustot ovat viljelyvarmempia kuin puhtaat palkoviljakasvustot ja kuiva-ainesadot ovat suurempia (Mustafa ja Seguin 2004). Herne ja härkäpapu kylvetään kokoviljasäilörehuksi käytettäessä yleensä seoksena ohran, vehnän tai kauran kanssa (Pursiainen ja Tuori 2008).

Säilörehuihin käytettäessä apilat kylvetään yleisesti seoksena heinäkasvien kuten timotein, nurmi- tai ruokonadan kanssa (Stoddard ym. 2009). Apiloiden ruokinnallinen arvo kasvin vanhetessa ei heikkene yhtä nopeasti kuin nurmien (McDonald ym. 2011, s. 491), kuten ei myöskään apiloiden sulavuus (Dewhurst ym. 2009). Säilörehuksi apilanurmikasvusto kannattaa kuitenkin korjata kasvuston valtakasvin mukaan (Leskinen 2007, s. 28). Ruutukokeissa alsikeapilakasvustojen kuiva-ainesadot ovat keskimäärin olleet hieman alhaisemmat kuin puna- tai valkoapilakasvustojen (5060 vs. 5760 kg ka/ha), kuten myös raakavalkuaissadot (750 vs. 1000 kg/ha) (Huuskonen ym. 2012a).

Herne- ja härkäpapuviljaseoksilla voidaan saavuttaa kertakorjuulla suuria kuiva-aine- ja raakavalkuaissatoja. Ruutukokeissa härkäpapuviljaseoksilla on saatu yli 10 000 kg ka/ha ja raakavalkuaista lähes 1600 kg/ha (Kuoppala ym. 2016). Herneviljakasvustosta on ruutukokeissa saatu yli 11 500 kg ka/ha ja raakavalkuaista yli 1300 kg/ha (Pennanen ym. 2016). Seoskasvustot viljan kanssa kannattaa korjata rehuksi viljan ollessa taikinatuleentumisasteella (Pursiainen ja Tuori 2008). McDonaldin ym. (2011, s. 518) mukaan härkäpavun oikea korjuuhetki on kun palot ovat täyttyneet ja lehdet vielä vihreät, kun taas hernekasvusto kannattaa korjata rehuksi palkojen täyttymisvaiheessa. Korjuuaika vaikuttaa paljon sadon laatuun ja määrään. Kuoppalan ym. (2014b) mukaan myöhempi korjuu lisää seoskasvuston kuiva-ainesatoa, mutta heikentää kasvuston sulavuutta. Palkokasveja sisältävien kasvustojen sulavuus ei kuitenkaan heikkene yhtä nopeasti kuin puhtaiden nurmikasvustojen. Palkojen kehittyessä palkoviljakasvuston tärkkelyspitoisuus kasvaa ja lehtien kuihtuessa kasvuston raakavalkuaispitoisuus laskee (Borreani ym. 2009, Kuoppala ym. 2014b).

Palkokasvien korkea puskurikapasiteetti, pieni sokeri- ja kuiva-ainepitoisuus vaikeuttavat palkokasvikasvustojen säilöntää (Borreani ym. 2009). Säilöntä seoksena viljan kanssa sekä kasvuston esikuivatus ja säilöntäaineen käyttö parantavat palkokasvisäilörehujen säilönnällistä laatua (Pursiainen ja Tuori 2008). Kasvuston ollessa märkä ja palkokasvien osuuden ollessa suuri, esikuivatus vähentää säilönnän aikaisia puristenestetappioita. Muurahaishappopohjaisten säilöntäaineiden on todettu toimivan parhaiten palkoviljakasvustojen säilönnässä, erityisesti jos palkoviljojen osuus kasvustossa on suuri (Pursiainen ja Tuori 2008, Seppälä ym. 2019). Palkoviljasäilörehujen korjuussa voidaan myös käyttää suoraan kasvustosta korjaavia koneita, jotka vähentävät esikuivatuksen varisemistappioita (Kuoppala ym. 2014b).

2.2 Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot

Apiloille kuten myös herneelle ja härkäpavulle on ominaista niiden korkea raakavalkuaispitoisuus ja matala neutraalidetergenttikuidun (NDF) pitoisuus verrattuna nurmikasveihin (Blair 2011, s. 74). Rehutaulukoiden (Luke 2020a) mukaan puna-apilasäilörehun raakavalkuaispitoisuus on keskimäärin 210 g/kg ka ja NDF-pitoisuus 370 g/kg ka. Puna-apilasäilörehun sisältäessä puolet nurmikasveja säilörehun raakavalkuaispitoisuus laskee keskimäärin pitoisuuteen 170 g/kg ka ja NDF-pitoisuus nousee keskimäärin arvoon 520 g/kg ka. Hernevehnä- ja herneohrasäilörehujen raakavalkuaispitoisuudet ja NDF-pitoisuudet ovat aikaisemmissa ruokintakokeissa olleet keskimäärin 179 g/kg ka ja 517 g/kg ka (Adesogan ym. 2002, Salawu ym. 2002, Adesogan ym. 2004, Pursiainen ja Tuori 2006) ja härkäpapuvehnä- sekä härkäpapukaurasäilörehuissa vastaavasti 156 g/kg ka ja 464 g/kg ka (Markkanen 2014, Termonen 2015). Vaikka luontaisesti härkäpavun siemen sisältää enemmän valkuaista kuin herne (Jaakkola 2007, s. 30), edellä mainittujen härkäpapusäilörehujen raakavalkuaispitoisuudet olivat matalammat kuin hernesäilörehujen. Viljan ja palkokasvin osuudet kasvustossa vaikuttavat hyvinkin paljon rehun koostumukseen (Kuoppala ym. 2014a), kuten myös korjuuaika ja kasvustojen kehitysvaihe. Rehutaulukoiden (Luke 2020a) härkäpapusäilörehun raakavalkuaispitoisuus on 190 g/kg ka, kun siemenet ovat vihreitä.

Vaikka palkokasveja sisältävien säilörehujen NDF-pitoisuus yleensä on matalampi kuin nurmisäilörehujen, sisältävät ne usein enemmän sulamatonta kuitua. Suurin osa sulamatomasta kuidusta sijaitsee palkokasvien varsissa (Kuoppala ym. 2014b). Sulamattoman kuidun osuuden palkokasvisäilörehuissa on todettu olevan keskimäärin 132 g/kg ka (Rinne ym. 2006), kun puolestaan nurmisäilörehuissa sulamatonta kuitua on keskimäärin 87 g/kg ka (Nousiainen ym. 2004). Kuoppalan ym. (2009) tutkimuksessa puna-apilasäilörehu sisälsi sulamatonta kuitua 138 g/kg ka ja Pursiaisen ja Tuorin (2006) tutkimuksessa herneohrasäilörehun sulamattoman kuidun osuus oli 156 g/kg ka.

Sekä tuhka- että tärkkelyspitoisuudet ovat suuremmat palkokasvisäilörehuissa kuin nurmisäilörehuissa. Nurmisäilörehut sisältävät tuhkaa keskimäärin 85 g/kg ka, kokoviljasäilörehut 70 g/kg ka ja puhtaat palkokasvisäilörehut 110 g/kg ka (Luke 2020a). Tärkkelyspitoisuudet herne- ja härkäpavoviljasäilörehuissa ovat aikaisemmissa tutkimuksissa vaihdelleet 87–200 g/kg ka välillä (Adesogan ym. 2002, Salawu ym. 2002, Adesogan ym.

2004, Pursiainen ja Tuori 2006, Termonen 2015). Suurin osa herne- ja härkäpapukasvuston tärkkelyksestä sijaitsee paloissa ja palkojen kehittyessä tärkkelyspitoisuus kasvustossa kasvaa (Kuoppala ym. 2014b). Täten korjuuajalla on suuri vaikutus säilörehun tärkkelyspitoisuuteen, kuten myös palkoviljan ja viljan osuudella kasvustossa.

Palkoviljoista ja viljakasveista tehdyn säilörehun sulavuus on luontaisesti matalampi kuin nurmisäilörehun. Osaksi tämä johtuu palkoviljojen suuremmasta sulamattoman kuidun osuudesta (Kuoppala ym. 2014b). Kotimaisissa tutkimuksissa herne- ja härkäpapuviljasäilörehujen sulavan orgaanisen aineen pitoisuudet kuiva-aineessa (D-arvo) ovat olleet 611–646 g/kg ka (Markkanen 2014, Termonen 2015, Palmio ym. 2016), mikä on melko lähellä kokoviljasäilörehujen D-arvoja (615–665 g/kg ka) (Kykkänen ym. 2016). Adesoganin ym. (2002) tutkimuksessa hernevehnäsäilörehun D-arvot olivat huomattavasti matalammat, 511–559 g/kg ka. Palkoviljoja sisältävien kokoviljasäilörehujen sulavuuteen vaikuttaa myös palkoviljan ja viljan osuudet kasvustoissa sekä korjuuaika ja kasvuston kehitysaste (Adesogan ym. 2002, Salawu ym. 2002).

2.3 Tuotantovaikutukset

Säilörehun syöntiin vaikuttaa säilörehun kuiva-ainepitoisuus, D-arvo, kuitupitoisuus, käymislaatu, nurmen korjuukerta sekä palkokasvien ja kokoviljasäilörehun osuus (Huh-
tanen ym. 2007). Palkokasvien pienempi NDF-pitoisuus verrattuna nurmikasveihin lisää usein palkokasveja sisältävien rehujen syöntiä (McDonald ym. 2011, s. 469, Blair 2011, s. 74). Palkokasvien kuidun on myös todettu hajoavan nopeammin ja virtaavan pötsistä nopeammin eteenpäin, mikä mahdollistaa suuremman syönnin (Waghorn ym. 1989). Ahvenjärven ym. (2006) mukaan korvatessa paremmin sulavaa nurmisäilörehua heikommin sulavalla kokoviljasäilörehulla nautojen rehun syönti lisääntyi. Taustalla voi olla kokoviljasäilörehujen suurempi tärkkelyspitoisuus verrattuna nurmisäilörehuihin, koska tärkkelys lisää propionihapon osuutta pötsissä (Blair 2011, s. 283). Lisäksi kokoviljasäilörehujen korkea tärkkelyspitoisuus ja tärkkelyksen korkea sulavuus kompensoivat kokoviljasäilörehujen sulamattoman kuidun määrää (Wallsten ym. 2008).

Taulukossa 1 on esitelty palkokasveja sisältävien säilörehujen sekä kokoviljasäilörehujen vaikutuksia lihanautojen rehun syöntiin ja kasvuun. Steenin ja McIlmoyn (1982) sekä

Pesosen ym. (2014) tutkimuksissa sonnien syönti ja päiväkasvu oli hieman suurempaa säilörehun sisältäessä apilaa kuin rehun ollessa puhdasta nurmisäilörehua. Lafrenièren ym. (2012) kokeessa sonnit kasvoivat paremmin apilanurmisäilörehulla kuin nurmisäilörehulla, vaikka sonnit söivät apilanurmisäilörehua vähemmän. Vanhemmissa tutkimuksissa sonnit söivät härkäpapusäilörehua enemmän kuin apilanurmisäilörehua ja ne kasvoivat paremmin härkäpapusäilörehulla kuin apilanurmisäilörehulla (Ingalls ym. 1979, Schwarz ja Kirchgessner 1989). Dawsonin (2012) tutkimuksen mukaan nurmisäilörehun korvaaminen osaksi lupiiniruisvehnäsäilörehulla lisäsi hieman sonnien rehun syöntiä, muttei parantanut sonnien kasvua nurmisäilörehuun verrattuna. Huuskosen ym. (2017) tutkimuksen mukaan ohra- ja vehnäkookoviljasäilörehut puolestaan maittoivat heikommin sonneille kuin nurmisäilörehu ja lisäksi sonnit kasvoivat kokoviljasäilörehuilla heikommin.

Taulukko 1. Koetuloksia ruokintakokeista, joissa on tutkittu palkovilja- ja kokoviljasäilörehuja sekä apilasäilörehuja lihanautojen ruokinnassa

Koe	Säilörehu	Säilörehun syönti kg ka/pv	Kokonais-syönti kg ka/pv	Päiväkasvu g/pv
Huuskonen ym. (2017)	ohrakookovilja	4,86	8,75	1286
	vehnäkookovilja	4,79	8,59	1087
	nurmi	5,88	9,88	1394
Pesonen ym. (2014)	puna-apila-nurmi	3,89	7,76	1127
	nurmi	3,79	7,66	1113
Dawson (2012)	Lupiini-ruisvehnä ja nurmi	6,00	9,80	720
	nurmi	5,40	9,50	840
Lafrenière ym. (2012)	puna-apila-nurmi	7,91	7,91	1080
	nurmi	8,30	8,3	920
Schwarz ja Kirchgessner (1989)	härkäpapu		7,60	1253
	apila-nurmi		7,30	1231
Steen ja McIlmoyle (1982)	puna-apila	6,98		780
	nurmi	5,75		750
Ingalls ym. (1979)	härkäpapu	6,40	11,30	1500
	nurmipalkokasvi	4,50	9,50	1200

Kuoppalan ym. (2009) tutkimuksessa lypsylehmien syönti lisääntyi, kun nurmisäilörehusta korvattiin puolet puhtaalla puna-apilasäilörehulla, mutta syönti väheni, jos nurmisäilörehu korvattiin kokonaan puna-apilasäilörehulla. Myös Bertilsson ja Murphy (2003), Dewhurst ym. (2003) ja Halmemies-Beauchet-Filleau ym. (2014) havaitsivat, että lehmien kokonaissyönti oli suurempaa apilan sekä nurmisäilörehun sekoituksella kuin yksinään apila- tai nurmisäilörehulla. Huhtasen ym. (2007) mukaan naudat syövät enemmän rehua, jossa on raaka-aineena useampi kasvilaji.

Berthiaumen ym. (2012) mukaan nurmisäilörehun korvaaminen puna-apila-nurmisäilörehulla ei vaikuttanut ab-rotuisten sonnien syöntiin tai kasvuun, mutta apilan lisäys ruokintaan vähensi ruhojen rasvoittumista verrattuna nurmisäilörehuun. Myös Pesosen ym. (2014) tutkimuksessa apilasäilörehun käyttö sonnien ruokinnassa vähensi sonnien rasvoittumista, muttei vaikuttanut merkitsevästi sonnien syöntiin tai kasvuun. Dayn ym. (1978) ja Thomaksen ym. (1981) tutkimuksissa puolestaan apilasäilörehu lisäsi kasvavien nautojen syöntiä ja päiväkasvua verrattuna nurmisäilörehuun. Myös Keadyn ym. (2013) ruokintakokeessa lampaiden päiväkasvu oli suurempaa apilasäilörehulla kuin keskilaatuisella nurmisäilörehulla.

Härkäpapu- ja herneviljasäilörehujen tuotantovaikutuksia lihanautojen ruokinnassa on tutkittu melko vähän. Lypsylehmille on kuitenkin tehty jonkin verran ruokintakokeita sekä härkäpapu- että herneviljasäilörehuilla. Palmion ym. (2016) mukaan härkäpapusäilörehu lisäsi lehmien syöntiä ja tuotosta nurmisäilörehuun verrattuna. Myös Markkasen (2014) tutkimuksessa lehmien syönti lisääntyi, kun toisen sadon nurmisäilörehua korvattiin härkäpapukaura- tai hernekaurasäilörehulla. Termosen (2015) mukaan hyvälaatuisesta ja sulavasta nurmisäilörehusta voitiin korvata puolet heikommin sulavalla härkäpapu-kevätevehnäsäilörehulla ilman, että lypsylehmien syönti tai maitotuotos heikkeni. Salawun ym. (2002) ja Adesoganin ym. (2004) tutkimuksissa taas lehmien syönti lisääntyi hernevehnäsäilörehulla verrattuna keskilaatuiseseen nurmisäilörehuun, kun taas Pursiaisen ja Tuorin (2006) tutkimuksessa keskilaatuisesta nurmisäilörehusta voitiin korvata kaksi kolmasosaa herneohrasäilörehulla ilman suurempia vaikutuksia lehmien syöntiin.

Useissa tutkimuksissa on todettu, että märehijöiden typen hyväksikäyttö heikkenee ja typen erityis virtsaan lisääntyy ruokinnan sisältäessä palkokasvisäilörehua (Bertilsson ja Murphy 2003, Dewhurst ym. 2009, Halmemies-Beauchet-Filleau ym. 2014). Suurin osa

herneen ja härkäpavun valkuaisesta hajoaa pötsissä, jolloin eläimen käyttöön jää vähemmän aminohappoja (Jaakkola 2007, s. 30). Yli 200 kg painavien lihanautojen valkuaisen tarve on kuitenkin pieni (PVT -10 g/kg ka) ja täyttyy useimmiten perusrehujen ohitusvalkuaisesta sekä pötsissä muodostuvasta mikrobivalkuaisesta (Luke 2020a). Rehutaulukoiden mukaan kokoviljasäilörehujen raakavalkuaispitoisuus jää usein alle 100 g/kg ka eli on huomattavasti matalampi kuin puhtaiden palkokasvi- tai palkoviljasäilörehujen (190–210 g/kg ka). Myös nurmisäilörehujen raakavalkuaispitoisuudet, 120–175 g/kg ka, jäävät matalammiksi kuin palkokasvisäilörehujen (Luke 2020a). Palkoviljojen seosviljely viljan kanssa sekä apilan seosviljely nurmikasvien kanssa laskevat kasvustoista korjattujen säilörehujen raakavalkuaispitoisuutta ja parantavat typen hyväksikäyttöä verrattuna puhtaisiin palkokasvisäilörehuihin.

3 TAVOITTEET JA HYPOTEESEIT

Tämän maisterintutkielman tavoitteena oli selvittää alsikeapilasäilörehun sekä hernevehnä- ja härkäpapuvehnäsäilörehujen tuotantovaikutukset kasvavien nautojen ruokinnassa timoteisäilörehuun verrattuna sekä maitorotuisilla (ayrshire) että liharotuisilla (aberdeen angus) sonneilla. Tutkielman aineisto oli osa Luonnonvarakeskuksen Edistystä luomutuotantoon – hanketta. Hankkeen tavoitteena oli luonnonmukaisen kasvinviljelyn ja eläintuotannon kannattavuuden parantaminen.

Hypoteesina oli, että timoteisäilörehun korvaaminen alsikeapila-, hernevehnä- ja härkäpapuvehnäsäilörehuilla lisää sonnien syöntiä, mutta ei vaikuta sonnien kasvu- ja teurastuloksiin. Hypoteesina oli myös, että härkäpapuvehnä- ja hernevehnäsäilörehujen välillä ei ole eroa sonnien syönnissä, kasvussa eikä teurastuloksissa. Viimeisenä hypoteesina oli, että aberdeen angus-rotuiset sonnit kasvavat paremmin kuin ayrshire-rotuiset sonnit ja lisäksi ab-sonnien kasvu- ja teurastulokset ovat paremmat kuin ay-sonnien.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Koejärjestelyt ja koe-eläimet

Tutkimus suoritettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Ruukin toimipisteen tutkimusnavetassa Siikajoella. Tutkimuksessa oli 50 aberdeen angus-rotuista (ab) sonnia ja 50 ayrshire-rotuista (ay) sonnia. Sonnivasikat saapuivat kylmäpihattoon noin kuuden kuukauden ikäisinä loka- ja marraskuussa 2013. Kaikki liharotuiset ab-sonnit hankittiin yksityisiltä emolehmätiloilta A-Tuottajat Oy:n eläinvälityksen kautta. Osa maitorotuisista ay-sonneista tuli Luke Ruukin toimipisteestä ja loput alueen välikasvattamoista, A-Tuottajien eläinvälityksen kautta.

Ab-rotuiset sonnit painoivat kokeen alussa keskimäärin 477 kg (keskihajonta 37,1 kg) ja ay-rotuiset sonnit painoivat 363 kg (keskihajonta 68,7 kg). Ab-sonnien teuraspainotavoite oli 380 kg ja ay-sonnien 300 kg. Ay-sonnien teuraspainotavoite oli pienempi kuin valtakunnallinen keskiteuraspaino (330 kg), koska hankeaika rajoitti kasvatusaikaa. Sonnit jaettiin rodun ja elopainon perusteella viiden eläimen ryhmäkarsinoihin. Ryhmäkarsinoiden pituus oli 10 m ja leveys 5 m, joten yhtä eläintä kohden oli tilaa 10 m². Jokaisessa karsinassa oli lantakäytävä (5 m × 5 m) ja kuivitettu makuualue (5 m × 5 m). Lantakäytävät tyhjennettiin traktorin etukuormaajalla noin kaksi kertaa viikossa vuoden ympäri. Makuualueet tyhjennettiin kesällä keskimäärin kerran kuukaudessa ja talvella kahden kuukauden välein. Makuualueet kuivitettiin kaksi kertaa viikossa olki- tai ruokohelpisilpulla ja kerran viikossa lisättiin myös turvetta.

Ruokintakaukaloissa oli säädettävät niska- ja kaulapalkit, joita säädettiin sonnien kasvun mukaan. Ruokintakaukalot tyhjennettiin kesällä kerran päivässä ja talvella muutaman kerran viikossa. Ennen kokeen alkua kaikille sonneille syötettiin samaa seosrehua noin kahden kuukauden ajan. Seosrehu sisälsi nurmisäilörehua 60 % kuiva-aineesta ja litistettyä ohraa 40 % seoksen kuiva-aineesta. Lisäksi seokseen lisättiin tarvittavat kivennäiset ja vitamiinit. Ruokintakokeet aloitettiin 27.2.2014 ja viimeiset sonnit lähtivät teuraaksi lokakuussa 2014.

4.2 Koerehut

Molempien koeruokintojen kontrollirehuna käytettiin esikuivattua timoteisäilörehua, joka sisälsi Tenho, Iki ja Tuure lajikkeita. Timoteisäilörehu oli korjattu useammalta eri lohkolta ja eri satovuosilta. Kokeessa käytetty säilörehu oli vuoden 2013 toisen korjuukerran satoa ja se korjattiin 9.8.2013. Samaa timoteisäilörehua käytettiin myös seoksessa alsikeapilasäilörehun kanssa suhteessa 1:1 kuiva-aineesta. Kokeessa käytetty ohra (Vilde lajike) oli Ruukin tutkimustilalla tuotettua.

Tutkimuksessa käytetty esikuivattu alsikeapilasäilörehu oli ensimmäisen vuoden nurmesta, kahdesta eri korjuukerrasta. Ensimmäinen alsikeapilasato korjattiin 5.7.2013 ja toinen sato korjattiin 19.9.2013. Käytetty alsikeapila lajike oli Frida ja kasvustoa korjattiin useammalta eri kasvulohkolta. Sekä timotei- että alsikeapilakasvustot niitettiin niitomurskaimella (Elho HNM 280 P Hydro Balance, Oy Elho Ab, Pännäinen, Suomi) ja korjattiin ajosilppurilla (John Deere, Deere & Company, Moline, Illinois, USA) laaka-siiloon. Molempien rehujen säilöntäaineena käytettiin muurahaishappopohjaista AIV Ässä säilöntäainetta, jonka koostumus oli 59 paino- %:a muurahaishappoa, 20 %:a propionihappoa, 4 %:a ammoniumformiaattia, 3 % bentsoehappoa ja 14 %:a vettä (AIV ® Ässä. Taminco Finland Oy), 5 l/tn. Alsikeapilakasvusto sisälsi kasvilajianalyysin perusteella 64 % alsikeapilaa ja 36 % heinäkasveja kuiva-aineesta.

Tutkimuksen palkokasvisäilörehuja varten kylvettiin 10 ha härkäpapu-vehnää ja 10 ha herne-vehnää. Käytetyt siemenmäärät olivat 174 kg härkäpapua (Fuego, Plantova Oy) ja 75 kg vehnää (Anniina, Tilasiemen Oy) sekä 138 kg hernettä (Florida, Plantova Oy) ja 75 kg vehnää (Anniina, Tilasiemen Oy) hehtaarille. Härkäpapu-vehnä kasvulohkot lannoitettiin ennen kylvöä kompostilla 14 tn/ha (50,4 N kg/ha, 27 P (K) kg/ha, 61 K (K) kg/ha). Herne-vehnä kasvulohkot lannoitettiin ennen kylvöä 22 m³:lla lietettä (37,2 N kg/ha, 5,6 P kg/ha, 39,6 K kg/ha).

Palkokasvit kylvettiin 6-8 cm:n syvyyteen ja viljat 2-3 cm:n syvyyteen. Herne kylvettiin 4.6.2013 ja härkäpapu kylvettiin 6.6.2013. Vehnä kylvettiin palkokasvien päälle 7.6.2013. Molemmat kasvustot korjattiin 26.8.2013 leikkuupäällä varustetulla ajosilppu-

rilla (Claas Jaguar 870, CLAAS KGaA mb, Harswinkel, Saksa) ja varastoitii laakasii-
loon. Korjuupäivänä härkäpavun palot olivat täyttyneet, mutta herneiden palot eivät olleet
täysin täyttyneitä. Vehnä puolestaan oli taikinatuleentumisasteella.

Molempien palkokasvisäilörehujen säilönnässä käytettiin muurahaishappopohjaista säi-
löntäainetta (AIV ® Ässä. Taminco Finland Oyj), 6 l/tn. Rehunkorjuupäivänä kasvus-
toista otettiin kasvustonäytteet, joista analysoitiin kasvilajikoostumus. Näytteiden mu-
kaan härkäpapu-vehnäkasvusto sisälsi 84 % härkäpapua, 15 % vehnää ja 1 % rikkakas-
veja kuiva-aineesta. Herne-vehnäkasvusto sisälsi vastaavasti 89 % hennettä ja 11 % veh-
nää.

4.3 Koeruokinnat

Tutkimuksessa oli kaksi ruokintakoetta, jotka analysoitiin erikseen. Molemmissa ruokin-
takokeissa sonneilla oli vapaa rehun saanti. Sonnit jaettiin kokeisiin rodun ja elopainon
perusteella. Jokaisella koeruokinnalla oli yhteensä 20 sonnia, 10 ab-sonnia ja 10 ay-son-
nia. Ensimmäisessä ruokintakokeessa tutkittiin alsikeapilasäilörehun tuotantovaikutuksia
suhteessa timoteisäilörehuun. Koeruokintoja oli kolme:

1. Seosrehu, jossa timoteisäilörehua 65 % kuiva-aineesta ja litistettyä ohraa 35 %
kuiva-aineesta (kontrolliryhmä)
2. Seosrehu, jossa timoteisäilörehua 32,5 % kuiva-aineesta, alsikeapilasäilörehua
32,5 % kuiva-aineesta ja litistettyä ohraa 35 % kuiva-aineesta
3. Seosrehu, jossa alsikeapilasäilörehua 65 % kuiva-aineesta ja litistettyä ohraa 35
% kuiva-aineesta

Toisessa ruokintakokeessa tutkittiin härkäpapu-vehnä- ja herne-vehnä-säilörehujen tuo-
tantovaikutuksia suhteessa timoteisäilörehuun. Koeruokinnat olivat:

1. Seosrehu, jossa timoteisäilörehua 65 % kuiva-aineesta ja litistettyä ohraa 35 %
kuiva-aineesta (kontrolliryhmä)
2. Seosrehu, jossa härkäpapu-vehnäsäilörehua 65 % kuiva-aineesta ja litistettyä oh-
raa 35 % kuiva-aineesta

3. Seosrehu, jossa herne-vehnäsäilörehua 65 % kuiva-aineesta ja litistettyä ohraa 35 % kuiva-aineesta

Kaikkiin koeruokintoihin lisättiin myös 100–200 g/eläin/pv kivennäisseosta (Kasvuape E-hiven, A-Rehu Oy, Seinäjoki, Suomi). Seosrehut valmistettiin kerran päivässä seosrehuvaunulla (Solomix 1 ZK, Trioliet BV, Oldenzaal, Alankomaat) ja annosteltiin ruokintakaukaloihin vaunussa olevan ruokinnanhallintaohjelman (TMR Tracker, Digi-Star, Alankomaat) avulla. Sama timoteisäilörehuun perustuva seosrehu toimi kontrolliruokintana molemmissa ruokintakokeissa. Sonnit saivat vettä vapaasti ja karsinakohtaista vedenkulutusta seurattiin vesimittareiden (Fidelix) avulla. Jokaisessa karsinassa oli yksi juomakuppi (Polytherme).

4.4 Rehunäytteiden otto, esikäsittely ja analysointi

Seosrehua tehtäessä säilörehusta otettiin näytteitä kahdesti viikossa, jotka pakastettiin ja yhdistettiin jokaisen ruokintajakson analyysinäytteeksi. Ohrasta otettiin näytteitä jokaisesta rehuerästä viikoittain ja nämä yhdistettiin eräkohtaisiksi analyysinäytteiksi. Kaikki rehunäytteet lähetettiin analysoitavaksi Luke:n laboratorioon Jokioisille ja Valio Oy:n aluelaboratorioon Seinäjoelle.

Säilörehuista ja väkirehuista (ohra ja kivennäinen) analysoitiin kuiva-aine (ka), tuhka, raakavalkuainen (RV), neutraalidetergenttikuitu (NDF), tärkkelys ja raakasva. Primäärinen kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (105 °C, 20 h). Säilörehun kuiva-aine korjattiin Huidan ym. (1986) mukaan haihtuvien yhdisteiden (maitohappo, haihtuvat rasvahapot ja ammoniakki) osalta. Orgaanisen aineen pitoisuus saatiin polttamalla näyte 600 asteessa 2 tuntia ja vähentämällä saadun tuhkan määrä kuiva-aineen määrästä. Tärkkelys analysoitiin Salon ja Salmen (1968) ja raakasva AOAC:n (2012) kuvaamalla tavalla. NDF määritettiin Van Soestin ym. (1991) mukaan ja raakavalkuainen Dumas-tyypin typianalyysaattorilla (Leco FP-428 N Analyser, Leco Corporation, St. Joseph, MO, USA).

Säilörehuista määritettiin myös käymislaatu (pH, liukoinen typpi, ammoniumtyppi, vesiliukoiset hiilihydraatit, haihtuvat rasvahapot ja maito- sekä muurahaihappo) Valio Oy:ssä käytössä olevalla puristenestetitrukseen pohjautuvalla laatumäärityksellä (Moi-sio ja Heikonen 1989). Säilörehun D-arvo (sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-

aineessa) määritettiin Lukessa in vitro-menetelmällä, Huhtasen ym. (2006) mukaisesti. Rehujen energia- ja valkuaisarvot laskettiin Luken (2020a) kuvaamalla tavalla.

4.5 Koetoimenpiteet

Sonnien yksilöllistä rehunkulutusta ja syöntikäyttäytymistä mitattiin GrowSafe -ruokintajärjestelmällä (malli 4000E; GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, AB, Kanada). Jokaista karsinaa kohden oli kaksi vaakapalkeilla seisovaa ruokintakaukaloa, joista tieto siirtyi navetan kuuden lähetinpaneelin kautta toimiston palvelimelle. Eläimen tunnistus tapahtui sen elektronisen korvamerkin avulla.

Sonnit punnittiin keskimäärin neljän viikon välein. Kokeen alussa sekä lopussa sonnit punnittiin kahtena peräkkäisenä päivänä, ja lopullisena punnitustuloksena käytettiin kahden punnituskerran keskiarvoa. Punnituksessa sonnit tuotiin karsina kerrallaan käsittelyalueen kokooma-alueelle, josta ne yksi kerrallaan päästettiin punnitushäkkiin (Hi-Hog, Farm and Ranch Equipment Ltd, Kanada) ja punnittiin Tru-Test vaakalaitteistolla (Tru-Test EziWeigh7, Tru-Test Group, Auckland, Uusi-Seelanti).

Sonnit teurastettiin viidessä erässä Atria Oy:n teurastamolla Kauhajoella. Teurastuspäivät olivat 12.6., 31.7., 3.9., 24.9. ja 16.10.2014. Sonnit valittiin teuraseeriin elopainon perusteella. Teurastus suoritettiin yleisten teuraskäytäntöjen mukaisesti (EC 2006). Ruhon lihakkuus määriteltiin EUROP-luokituksen avulla, jossa on yhteensä 15 luokkaa. Luokka E on erinomainen ja luokka P on heikko (E+, E, E-, U+, U, U-, R+, R, R-, O+, O, O-, P+, P ja P-). Tilastollista käsittelyä varten luokat numeroitiin 1-15 (P- = 1, E+ = 15). Ruhojen rasvaluokitus tehtiin asteikolla 1-5, jossa 1 tarkoittaa vähärasvaista ruhoa ja 5 erittäin rasvaista ruhoa (EC 2006).

4.6 Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi

Säilörehujen syönti-indeksi laskettiin Huhtasen ym. (2007) kaavan mukaan:

$$\text{Syönti-indeksi} = 100 + 10 \times [(D\text{-arvo} - 680) \times 0,017 - (\text{hapot} - 80) \times 0,0128 + (0,0198 \times (KA - 250) - 0,00002364 \times (KA2 - 2502)) - 0,44 \times \text{jälkisatosäilörehun osuus} + 4,13 \times$$

palkokasvien osuus – $2,58 \times \text{palkokasvien osuus}_2 + 5,90 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus} - 6,14 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus}_2 - 0,0023 \times (550 - \text{kuitu})]$

Kaavassa D-arvo on sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa (g/kg ka), hapot ovat käymishappojen yhteismäärä (g/kg ka), KA on säilörehun kuiva-ainepitoisuus (g/kg) ja kuitu on säilörehun NDF (g/kg ka). Kaavan jälkisato-, palkokasvi- ja kokoviljasäilörehujen osuudet vaihtelevat välillä 0-1.

Säilörehun muuntokelpoisen energian (ME) indeksi laskettiin seuraavasti (Huhtanen 2001):

$$\text{ME-indeksi} = (\text{syönti-indeksi} \times \text{säilörehun D-arvo})/69$$

Säilörehujen, ohran ja seosrehujen ohutsuolesta imeytyvän valkuaisen (OIV) ja pötsin valkuais-taseen (PVT) pitoisuudet laskettiin rehujen kemiallisen koostumuksen ja rehu-
taulukoiden vakioiden avulla seuraavasti (Luke 2020a):

$$\text{OIV} = \text{OIV}_{mv} + \text{OIV}_{ov}$$

$$\text{PVT} = \text{hv} - \text{mv}$$

$$\text{OIV}_{mv} = \text{ahmv} \times \text{smv} \times \text{mv}$$

$$\text{OIV}_{ov} = \text{sov} \times \text{ov}$$

$$\text{mv} = 152 \times (\text{D-arvo} - \text{ov})/1000$$

$$\text{hv} = \text{hvo} \times \text{rv}$$

$$\text{ov} = \text{rv} - \text{hv} = (1 - \text{hvo}) \times \text{rv}$$

Kaavassa OIV on ohutsuolesta imeytyvä valkuainen (g/kg ka), PVT on pötsin valkuais-tase (g/kg ka), mv on mikrobivalkuaisen tuotanto (g/kg ka), hv on hajoava valkuainen (g/kg ka), ov on ohitusvalkuainen (g/kg ka), OIV_{mv} on ohutsuolesta imeytyvä mikrobi-valkuainen, OIV_{ov} on ohutsuolesta imeytyvä ohitusvalkuainen, D-arvo on rehun sulava orgaaninen aine (g/kg ka), hvo on hajoavan valkuaisen osuus, rv on rehun raakavalkuai-nen (g/kg ka), ahmv on aminohappojen osuus mikrobivalkuaisesta (vakion arvo 0,75), smv on mikrobivalkuaisen sulavuus (vakion arvo 0,85) ja sov on ohitusvalkuaisen sula-vuus (vakion arvo 0,82).

OIV- ja PVT-pitoisuuksien laskennassa käytettiin analysoituja D-arvoja ja raakavalkuaispitoisuuksia. Hvo-arvoina käytettiin Rehutaulukoiden ja ruokintasuositusten (Luke 2020a) arvoja, jotka olivat nurmisäilörehulle 0,85, nurmi-apilasäilörehulle 0,85, apilasäilörehulle 0,80, härkäpapu-vehnäsäilörehulle 0,85, herne-vehnäsäilörehulle 0,85 ja ohralle 0,80.

Timoteisäilörehun sekä alsikeapilasäilörehun muuntokelpoinen energia laskettiin seuraavasti (Luke 2020a):

$$ME (MJ) = 0,016 \times D\text{-arvo}$$

Timotei-alsikeapilaseoksen muuntokelpoinen energia laskettiin seuraavalla kaavalla (Luke 2020a):

$$ME (MJ) = 0,50 \times (0,016 \times D\text{-arvo}) + 0,50 \times (0,016 \times D\text{-arvo})$$

Kaavassa on huomioitu nurmen 50:n % osuus ja alsikeapilan 50:n % osuus.

Härkäpapu-vehnäsäilörehun muuntokelpoinen energia laskettiin seuraavan kaavan mukaan (Luke 2020a):

$$ME (MJ) = 0,16 \times (0,0155 \times D\text{-arvo}) + 0,84 \times (0,016 \times D\text{-arvo})$$

Kaavassa on huomioitu kevätvehnän 16 %:n osuus ja härkäpavun 84 %:n osuus.

Herne-vehnäsäilörehun muuntokelpoinen energia laskettiin kaavalla (Luke 2020a):

$$ME (MJ) = 0,11 \times (0,0155 \times D\text{-arvo}) + 0,89 \times (0,016 \times D\text{-arvo})$$

Kaavassa on huomioitu kevätvehnän 11 %:n osuus ja herneen 89 %:n osuus.

Väkirehun muuntokelpoinen energia laskettiin rehun sisältämistä sulavista ravintoaineista Rehutaulukoiden (Luke 2020a) avulla.

Sonnien päiväkasvu laskettiin loppupainon ja alkupainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Nettokasvu laskettiin teuraspainon ja kokeen alun ruhopainon erotuksena jaettuna kasvatuspäivillä. Ruhopaino kokeen alussa arvioitiin kertomalla elopaino 0,5:llä. Teuraspaino saadaan, kun ruhosta poistetaan pää, vuota, jalat, häntä, sisäelimet ja sisälmysrasva. Teurasprosentti laskettiin jakamalla elopaino kokeen lopussa teuraspainolla.

Kokeesta jouduttiin poistamaan jalkavikojen vuoksi yksi ab-sonni timoteiruokinnalta ja yksi ay-sonni alsikeapilaruokinnalta. Näitä eläimiä ei laskettu mukaan tuloksiin. Tulosten tilastollinen käsittely tehtiin varianssianalyysi SAS-ohjelmiston (versio 9.3) MIXED-proseduurilla. Kokeessa käytetty koe-malli oli

$$y_{ijkl} = \mu + \gamma_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha \times \beta)_{ij} + e_{ijkl},$$

missä μ on yleis keskiarvo, α_i on rodun kiinteä vaikutus ($i=1,2$), β_j on ruokinnan kiinteä vaikutus ($j=1,2,3$), $(\alpha \times \beta)_{ij}$ on rodun ja ruokinnan yhdysvaikutus, γ_k on teuraserän satunnaisvaikutus ($k=1,2,3,4,5$) ja e_{ijkl} on virhetermi.

Tilastolliset erot koekäsittelyjen välillä testattiin ortogonaalisilla kontrasteilla. Ensimmäisessä kokeessa käytetyt kontrastit olivat:

- a. rodun vaikutus (ab vs. ay)
- b. alsikeapilasäilörehun osuuden lineaarinen vaikutus
- c. alsikeapilasäilörehun osuuden toisen asteen vaikutus
- d. rodun ja alsikeapilasäilörehun osuuden lineaarisen vaikutuksen yhdysvaikutus ($a \times b$)
- e. rodun ja alsikeapilasäilörehun osuuden toisen asteen vaikutuksen yhdysvaikutus ($a \times c$)

Toisessa kokeessa käytetyt kontrastit olivat:

- a. rodun vaikutus (ab vs. ay)
- b. timoteisäilörehu vs. palkokasvisäilörehut
- c. härkäpapu-vehnäsäilörehu vs. herne-vehnäsäilörehu
- d. (rotu) \times (timoteisäilörehu vs. palkokasvisäilörehut) – yhdysvaikutus

- e. (rotu) \times (härkäpapu-vehnäsäilörehu vs. herne-vehnäsäilörehu) – yhdysvai-
kutus

Hajonta esitettiin keskiarvon keskivirheenä (SEM, standard error of the mean). Analyysien merkitsevyystasot olivat seuraavat: $p < 0,001$ erittäin merkitsevä, $p < 0,01$ hyvin merkitsevä, $p < 0,05$ merkitsevä ja $p < 0,1$ suuntaa antava.

5 TULOKSET

5.1 Koerehujen ja – ruokintojen kemiallinen koostumus, rehuarvo ja säilörehujen säilönnällinen laatu

Tehtyjen kasvilajianalyysien perusteella timoteikasvusto sisälsi heinäkasveja 985 g/kg ka ja rikkakasveja 15 g/kg ka. Alsikeapilakasvusto sisälsi alsikeapilaa 639 g/kg ka, heinäkasveja 357 g/kg ka ja rikkakasveja 4 g/kg ka. Palkoviljasäilörehuista härkäpapu-vehnäsäilörehu sisälsi härkäpapua 837 g/kg ka, kevätvehnää 149 g/kg ka ja rikkakasveja 14 g/kg ka, kun taas hernevehnäkasvusto sisälsi hernetä 891 g/kg ka, kevätvehnää 107 g/kg ka ja rikkakasveja 2 g/kg ka.

Koerehujen kemiallinen koostumus, rehuarvo ja säilörehujen säilönnällinen laatu kokeissa 1 ja 2 on esitetty taulukossa 2. Säilörehujen välisissä kuiva-ainepitoisuuksissa ei ollut suuria eroja. Alsikeapilasäilörehun kuiva-ainepitoisuus oli suurin (295 g/kg), kun taas herne-vehnäsäilörehun kuiva-ainepitoisuus oli matalin (269 g/kg). Ohran kuiva-ainepitoisuus oli 883 g/kg.

Palkokasvisäilörehut sisälsivät odotetusti enemmän raakavalkuaista ja vähemmän NDF-kuitua kuin nurmisäilörehu. Härkäpapu-vehnäsäilörehu sisälsi raakavalkuaista 19 % enemmän, alsikeapilasäilörehu 27 % enemmän ja herne-vehnäsäilörehu 35 % enemmän kuin timoteisäilörehu. Kokeessa käytetyn litistetyn ohran raakavalkuaispitoisuus oli suhteellisen matala (107 g/kg ka). Palkokasvisäilörehujen NDF-pitoisuudet olivat huomattavasti matalammat kuin timoteisäilörehun (427–465 g/kg ka vs. 580 g/kg ka), mutta ne sisälsivät enemmän sulamatonta kuitua kuin timoteisäilörehu. Tärkkelyspitoisuus puolestaan oli huomattavasti korkeampi härkäpapu-vehnä- ja herne-vehnäsäilörehuissa kuin timotei- tai alsikeapilasäilörehuissa (78 ja 56 g/kg ka vs. 17 ja 20 g/kg ka). Säilörehujen tuhkapitoisuudet vaihtelivat välillä 61–86 g/kg ka.

Timoteisäilörehun ME-pitoisuus oli suurin (10,1 MJ/kg ka), tosin erot säilörehujen välillä eivät olleet huomattavia. Litistetty ohra sisälsi muuntokelpoista energiaa 13,2 MJ/kg ka. Ohutsuolesta imeytyvää valkuaista oli vähiten timoteisäilörehussa (75 g/kg ka), kun taas palkokasvisäilörehujen OIV-arvot olivat suuremmat (81–83 g/kg ka). Pötsin valkuaistase

jäi matalimmaksi timoteisäilörehulla (17 g/kg ka), kun taas herne-vehnäsäilörehun PVT-arvo oli suurin (53 g/kg ka). Palkokasvisäilörehuilla oli odotetusti matalammat D-arvot kuin timoteisäilörehulla (603–608 vs. 629 g/kg ka) ja tämän takia energia-arvotkin jäivät timoteisäilörehua hieman heikommiksi. Palkokasvisäilörehuilla oli korkeammat syöntiindeksit ja ME-indeksit kuin timoteisäilörehulla.

Kaikki säilörehut olivat käymislaadultaan hyviä. Säilörehujen pH oli alle 4 paitsi alsikeapilasäilörehun, jonka pH oli 4,10. Haihtuvien rasvahappojen pitoisuus rehuissa oli \leq 20 g/kg ka ja maito- ja muurahaishapon yhteispitoisuus 43–66 g/kg ka. Timoteisäilörehun sokeripitoisuus oli huomattavasti suurempi (59 g/kg ka) kuin palkokasvisäilörehujen (24–28 g/kg ka). Liukoista typpeä rehuissa oli 398–500 g/kg ja ammoniumtyppeä 43–66 g/kg kokonaistypestä.

Taulukossa 3 on esitettyä seosrehujen laskennallinen koostumus. Alsikeapilasäilörehua sisältävän seosrehun (apilaseosrehu) sekä timoteita ja alsikeapilasäilörehua sisältävän seosrehun (timotei-apilaseosrehu) kuiva-ainepitoisuus oli suurempi (381–385 g/kg) kuin härkäpapuvehnäsäilörehua ja hernevehnäsäilörehua sisältäneiden seosrehujen (härkäpapuseosrehu ja herneseosrehu) (356–365 g/kg). Tuhkapitoisuudet seosrehuissa vaihtelivat 49–66 g/kg ka välillä. Palkokasveja sisältävät seosrehut sisälsivät enemmän raakavalkuaista (133–151 g/kg ka) ja sulamatonta kuitua (89–109 g/kg ka) kuin timoteiseosrehu. Timoteisäilörehu seoksessa nosti seoksen NDF-pitoisuutta (408–451 g/kg ka vs. 351–376 g/kg ka). Täykkelystä oli eniten härkäpapu- ja herneseosrehuissa (234–248 g/kg ka), kun taas timotei- ja apilaseosrehuissa huomattavasti vähemmän (209–211 g/kg ka). Myös OIV- ja PVT-arvot olivat matalammat seosrehun sisältäessä timoteisäilörehua. Palkokasviseosrehujen energia-arvot jäivät hieman matalammaksi (10,9–11,0 MJ/kg ka) kuin timoteiseosrehun (11,2 MJ/kg ka).

Taulukko 2. Seosrehuihin käytettyjen säilörehujen ja ohran kemiallinen koostumus ja rehuarvot kokeissa 1 ja 2.

	Säilörehut				Litistetty
	Timotei	Alsikeapila	Härkäpapu-vehnä	Hernevehnä	Ohra
Näytämäärä, kpl	7	7	7	6	3
Kuiva-aine, g/kg	289	295	277	269	883
Tuhka, g/kg ka	61	86	65	70	29
Raakavalkuainen, g/kg ka	129	164	154	174	107
NDF, g/kg ka	580	450	465	427	210
Sulamaton kuitu, g/kg ka	101	132	148	148	37
Tärkkelys, g/kg ka	17	20	78	56	565
Rasva, g/kg ka	42	37	32	41	22
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,1	9,6	9,7	9,7	13,2
OIV, g/kg ka	75	82	81	83	95
PVT, g/kg ka	17	44	36	53	-36
Säilörehun D-arvo, g/kg ka	629	603	608	608	-
Säilörehun syönti-indeksi	93	103	109	104	-
Säilörehun ME-indeksi	86	91	96	92	-
Säilörehun säilönnällinen laatu					
pH	3,96	4,10	3,79	3,98	-
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka	14	20	13	16	-
Maito- ja muurahaishappo, g/kg ka	43	51	49	66	-
Sokerit, g/kg ka	59	24	30	28	-
Kokonaistypestä, g/kg					
Ammoniumtyppi	43	51	49	66	-
Liukoinen typpi	410	433	398	500	-

ka = kuiva-aine

NDF = neutraalidetergenttikuitu, g/kg ka

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, g/kg ka

PVT = pötsin valkuaistase, g/kg ka

Taulukko 3. Seosrehujen laskennallinen koostumus ja rehuarvot kokeissa 1 ja 2.

Seos	Timotei	Timotei-alsikeapila	Alsikeapila	Härkäpapu-vehnä	Hernevehnä
Kuiva-aine, g/kg	378	381	385	365	356
Tuhka, g/kg ka	49	58	66	52	56
Raakavalkuainen, g/kg ka	121	133	144	138	151
NDF, g/kg ka	451	408	366	376	351
Sulamaton kuitu, g/kg ka	79	89	99	109	109
Tärkkelys, g/kg ka	209	210	211	248	234
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	11,2	11,0	10,9	10,9	10,9
OIV, g/kg ka	82	84	87	86	87
PVT, g/kg ka	-2	7	16	11	22

Timotei = Seoksen kuiva-aineesta 65 % timoteisäilörehua ja 35 % litistettyä ohraa

Timotei-alsikeapila = Seoksen kuiva-aineesta 32,5 % timoteisäilörehua, 32,5 % alsikeapilasäilörehua ja 35 % litistettyä ohraa

Alsikeapila = Seoksen kuiva-aineesta 65 % alsikeapilasäilörehua ja 35 % litistettyä ohraa

Härkäpapuvehnä = Seoksen kuiva-aineesta 65 % härkäpapu-vehnä -säilörehua ja 35 % litistettyä ohraa

Hernevehnä = Seoksen kuiva-aineesta 65 % herne-vehnä -säilörehua ja 35 % litistettyä ohraa

ka = kuiva-aine

NDF = neutraalidetergenttikuitu, g/kg ka

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, g/kg ka

PVT = pötsin valkuaistase, g/kg ka

5.2 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti

5.2.1 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti kokeessa 1

Ruokintakoe kesti keskimäärin kauemmin ay-sonneilla (211 vrk) kuin ab-sonneilla (160 vrk) ($p < 0,001$) (Taulukko 4). Eri ruokinnoilla ei ollut vaikutusta kokeen keston. Sonnit söivät kaikkia seosrehuja mielellään. Ab-sonnit söivät numeerisesti eniten timotei-apilaseosrehua (12,5 kg ka/pv), kun taas ay-sonnit söivät numeerisesti eniten sekä timotei-seosrehua että apilaseosrehua (11 kg ka/pv). Ab-sonnit söivät odotetusti enemmän kuiva-ainetta päivässä kuin ay-sonnit ($p < 0,01$), mutta ay-sonnit söivät kuiva-ainetta elopainokiloa kohden enemmän kuin ab-sonnit ($p < 0,001$). Rotu vaikutti merkitsevästi ravintoaineiden saantiin, mutta ei pötsin valkuaistaseeseen. Ab-sonnien ME:n, raakavalkuaisen, OIV:n, tärkkelyksen ja NDF:n saanti oli suurempaa kuin ay-sonneilla ($p < 0,01$).

Timoteisäilörehun korvaaminen alsikeapilalla lisäsi PVT:n saantia lineaarisesti hieman enemmän ab-sonneilla kuin ay-sonneilla ($p < 0,05$). Se lisäsi myös raakavalkuaisen ja NDF:n saantia lineaarisesti molemmilla roduilla ($p < 0,001$), mutta ei vaikuttanut sonnien ME:n, OIV:n tai tärkkelyksen saantiin. Rodun ja ruokinnan välillä ei ollut merkitseviä yhdysvaikutuksia rehun syönnissä, ME:n, raakavalkuaisen, OIV:n, tärkkelyksen tai NDF:n saannin osalta.

5.2.2 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti kokeessa 2

Myös toisessa kokeessa rotu vaikutti merkitsevästi kokeen keston ($p < 0,001$) (Taulukko 5). Ay-sonnien koe kesti keskimäärin kauemmin (204 vrk) kuin ab-sonnien (157 vrk). Ab-sonnit söivät kaikilla ruokinnoilla enemmän kuin ay-sonnit ($p < 0,01$) ja ravintoaineiden saanti oli suurempaa ab-sonneilla kuin ay-sonneilla ($p < 0,01$). Kuiva-aineen syönti elopainokiloa kohden oli suurempaa ay-sonneilla ($p < 0,05$).

Timoteisäilörehun korvaaminen palkoviljasäilörehuilla ei keskimäärin vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi sonnien kuiva-aineen syöntiin eikä kokeen keston. Sonnien raakavalkuaisen, PVT:n ja tärkkelyksen saanti oli kuitenkin keskimäärin suurempaa palkoviljasäilörehua sisältävillä seosrehuilla (palkoviljaseosrehu) kuin timoteioseosrehulla

($p < 0,001$), kun taas NDF:n saanti oli pienempää palkoviljaseosrehuilla. Lisäksi sonnien OIV:n saanti lisääntyi palkoviljaseosrehuilla verrattuna timoteiseosrehuun ($p < 0,01$).

Herneseosrehua saaneet sonnit teurastettiin hieman aikaisemmin kuin härkäpapuseosrehua saaneet sonnit ($p < 0,05$). Kuitenkin sonnit söivät enemmän härkäpapuseosrehua kuin herneseosrehua ($p < 0,01$) ja kuiva-aineen syönti elopainokiloa kohden oli suurempaa härkäpapuseosrehulla ($p < 0,05$). Tämä näkyi myös härkäpapuseosrehun saaneiden sonnien hieman suurempana ME:n saantina ($p < 0,05$). Tärkkelyksen ja NDF:n saanti oli suurempaa härkäpapuseosrehua saaneilla sonneilla ($p < 0,001$), mutta sonnien pötsin valkuaisosa oli matalampi härkäpapuseosrehulla kuin herneseosrehulla ($p < 0,001$). Raakavalkuaisen ja OIV:n saannissa ei ollut merkitseviä eroja näiden kahden ruokinnan välillä.

PVT:n saannissa timoteiseosrehun ja palkoviljaseosrehun välinen eroavaisuus poikkesi roduittain merkitsevästi ($p < 0,01$). Ab-sonnien PVT:n saanti palkoviljaseosrehuilla oli suurempaa kuin ay-sonnien, mutta timoteiseosrehulla PVT:n saanti oli suurempaa ay-sonneilla. Myös härkäpapu- ja herneseosrehujen eroavaisuus PVT:n saannissa poikkesi roduittain suuntaa antavasti ($p = 0,09$). Ab-sonneilla PVT:n saanti lisääntyi enemmän herneseosrehulla kuin ay-sonneilla. Rodun ja ruokinnan yhdysvaikutuksia ei todettu kokeen kestossa, sonnien syönnissä eikä energian, raakavalkuaisen, OIV:n, tärkkelyksen ja NDF:n saannissa.

Taulukko 4. Ab- ja ay-sonnien rehun syönti ja ravintoaineiden saanti kokeessa 1.

Rotu	Ab			Ay			SEM	Tilastollinen merkitsevyys (<i>p</i> -arvot)					
	T	T+A	A	T	T+A	A		Rotu	A1	A2	YV1	YV2	
Ruokinta													
Eläinmäärä, kpl	9	10	10	10	10	9	-	-	-	-	-	-	-
Kokeen kesto, pv	155	156	168	203	215	215	12,0	<0,001	0,29	0,99	0,99	0,56	
Teurasikä, pv	495	486	505	504	520	519	8,4	0,54	0,30	0,78	0,19	0,45	
Syönti													
Säilörehu, kg ka/pv	7,84	8,09	7,81	7,01	7,06	7,13	-	-	-	-	-	-	-
Väkirehu, kg ka/pv	4,36	4,36	4,20	3,94	3,81	3,84	-	-	-	-	-	-	-
Yhteensä, kg ka/pv	12,20	12,45	12,01	10,95	10,87	10,97	0,323	0,003	0,80	0,66	0,76	0,47	
ka g/elopaino-kg	20,1	21,0	20,4	23,4	23,2	23,0	0,55	<0,001	0,98	0,41	0,54	0,43	
ka g/elopaino ^{0,60}	258	270	261	276	271	272	6,9	0,14	0,96	0,55	0,62	0,30	
ka g/elopaino ^{0,75}	99	104	100	109	108	108	2,6	0,02	0,97	0,49	0,58	0,34	
Ravintoaineiden saanti													
Energia, ME MJ/pv	136	136	131	123	119	120	3,5	0,003	0,25	0,89	0,70	0,50	
Raakavalkuainen, g/pv	1457	1635	1707	1317	1432	1561	43,9	0,004	0,001	0,56	0,95	0,46	
OIV, g/pv	1003	1051	1038	903	919	951	27,6	0,003	0,18	0,65	0,82	0,45	
PVT, g/pv	-44	77	176	-32	69	159	4,2	0,27	<0,001	0,07	0,01	0,49	
Tärkkelys, g/pv	2592	2615	2530	2345	2283	2312	67,7	0,003	0,50	0,95	0,82	0,43	
NDF, g/pv	5444	5094	4424	4858	4423	4020	124,4	0,002	<0,001	0,52	0,42	0,62	

Ab = aberdeen angus

Ay = ayrshire

T = timoteisäilörehu

T + A = timotei- ja alsikeapilasäilörehun seos (1:1)

A = alsikeapilasäilörehu

SEM = keskiarvon keskivirhe

Tilastollinen merkitsevyys (kontrastit): Rotu = rodun vaikutus, A1 = alsikeapilasäilörehun lineaarinen vaikutus, A2 = alsikeapilasäilörehun toisen asteen vaikutus, YV1 = rodun ja ruokinnan lineaarinen yhdysvaikutus, YV2 = rodun ja ruokinnan toisen asteen yhdysvaikutus

ka = kuiva-aine

Taulukko 5. Ab- ja ay-sonnien rehun syönti ja ravintoaineiden saanti kokeessa 2.

Rotu	Ab			Ay			SEM	Tilastollinen merkitsevyys (<i>p</i> -arvot)					
	T	HÄ	HE	T	HÄ	HE		Rotu	C1	C2	Rotu×C1	Rotu×C2	
Ruokinta													
Eläinmäärä, kpl	9	10	10	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-
Kokeen kesto, pv	155	165	150	203	215	194	11,5	<0,001	0,75	0,02	0,97	0,64	
Teurasikä, pv	495	503	495	504	522	500	8,2	0,17	0,56	0,12	0,76	0,43	
Syönti													
Säilörehu, kg ka/pv	7,84	8,70	7,90	7,02	8,01	6,79	-	-	-	-	-	-	-
Väkirehu, kg ka/pv	4,36	4,70	4,25	3,93	4,32	3,65	-	-	-	-	-	-	-
Yhteensä, kg ka/pv	12,20	13,40	12,15	10,95	12,33	10,44	0,380	0,005	0,18	0,006	0,83	0,43	
ka g/elopaino-kg	20,5	22,6	20,5	22,6	25,2	23,1	0,82	0,01	0,12	0,04	0,74	0,97	
ka g/elopaino ^{0,60}	264	291	264	268	300	266	8,7	0,52	0,11	0,01	0,90	0,70	
ka g/elopaino ^{0,75}	101	112	101	106	119	106	3,5	0,11	0,11	0,02	0,83	0,80	
Ravintoaineiden saanti													
Energia, ME MJ/pv	136	143	132	123	132	113	4,1	0,005	0,85	0,01	0,87	0,35	
Raakavalkuainen, g/pv	1457	1840	1834	1317	1688	1565	51,0	0,004	<0,001	0,25	0,45	0,29	
OIV, g/pv	1003	1147	1140	903	1059	962	33,5	0,004	0,005	0,17	0,60	0,23	
PVT, g/pv	-44	146	258	-32	122	216	4,8	0,004	<0,001	<0,001	0,002	0,09	
Tärkkelys, g/pv	2592	3332	2844	2345	3065	2445	108,5	0,007	<0,001	<0,001	0,12	0,52	
NDF, g/pv	5443	5046	4136	4858	4621	3585	143,7	0,004	<0,001	<0,001	0,71	0,68	

Ab = aberdeen angus

Ay = ayrshire

T = timoteisäilörehu

HÄ = härkäpapusäilörehu

HE = hernesäilörehu

SEM = keskiarvon keskivirhe

Tilastollinen merkitsevyys (kontrastit): Rotu = rodun vaikutus, C1 = timotei vs. palkoviljat, C2 = härkäpapu vs. herne, Rotu × C1 = yhdysvaikutus rotu × C1, Rotu × C2 = yhdysvaikutus rotu × C2

ka = kuiva-aine

5.3 Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö

5.3.1 Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö kokeessa 1

Ab-sonnit kasvoivat merkitsevästi paremmin kuin ay-sonnit (Taulukko 6). Ab-sonnit painoivat kokeen alussa ($p < 0,05$) sekä lopussa ($p < 0,001$) enemmän ja niiden päivä- ja nettokasvu oli huomattavasti suurempaa kuin ay-sonneilla ($p < 0,01$). Ab-sonnien keskimääräinen päivä- ja nettokasvu oli 1434 ja 837 g/pv ja ay-sonneilla vastaavasti 1140 ja 587 g/pv. Paremmasta kasvusta johtuen ab-sonnien teuraspainot ja teurasprosentit olivat suurempia kuin ay-sonnien ($p < 0,001$) ja rehun hyväksikäyttö tehokkaampaa kuin ay-sonneilla ($p < 0,05$). Myös sonnien lihakkuus- ja rasvaisuusluokat olivat suuremmat ab-sonneilla kuin ay-sonneilla ($p < 0,001$). Ab-sonnien keskimääräinen lihakkuusluokka oli 8,3 (R) ja rasvaisuusluokka 3,0 ja ay-sonneilla vastaavasti 5,1 (O) ja 2,1.

Ruokinta ei vaikuttanut sonnien kasvutuloksiin kokeessa 1 ($p > 0,10$). Ruokinta ei myöskään vaikuttanut sonnien teurasikään, teuraspainoon, teurasprosenttiin tai ruhon lihakkuusluokkaan. Alsikeapilasäilörehu vähensi kuitenkin hieman ruhojen rasvoittumista (lineaarinen vaikutus, $p = 0,07$) ja heikensi raakavalkuaisen hyväksikäyttöä suuntaa antavasti verrattuna timoteisäilörehuun (lineaarinen vaikutus, $p = 0,07$). Alsikeapilan lisäyksellä ruokintaan ei ollut vaikutusta rehun ME:n tai kuiva-aineen hyväksikäyttöön.

Teurasprosentissa oli havaittavissa suuntaa-antava toisen asteen vaikutus, kun ruokinnan timoteisäilörehua korvattiin alsikeapilasäilörehulla ($p = 0,08$). Timotei-apilaseosrehua syöneillä sonneilla oli suurempi teurasprosentti kuin timoteiseosrehua syöneillä, mutta matalampi teurasprosentti kun seoksessa oli pelkästään alsikeapilasäilörehua. Rodun ja ruokinnan välillä ei ollut merkitseviä yhdysvaikutuksia kasvun, teurastuloksien tai rehun hyväksikäytön suhteen.

5.3.2 Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö kokeessa 2

Ab-sonnit kasvoivat ay-sonneja paremmin ja ne painoivat sekä kokeen alussa että lopussa enemmän kuin ay-sonnit ($p < 0,001$) (Taulukko 7). Ab-sonnien keskimääräinen päivä- ja nettokasvu oli 1515 ja 857 g/pv ja ay-sonneilla vastaavasti 1166 ja 607 g/pv. Lisäksi ab-

sonneilla oli korkeampi teuraspaino ja teurasprosentti kuin ay-sonneilla ($p < 0,001$). Odotetusti myös ruhon lihakkuusluokka ja rasvaisuusluokka oli parempi ab-sonneilla kuin ay-sonneilla ($p < 0,001$). Ab-sonnien keskimääräinen lihakkuusluokka oli 8,2 (R) ja rasvaisuusluokka 3,2 ja ay-sonneilla vastaavasti 5,0 (O) ja 2,2. Rodulla ei ollut vaikutusta sonnien teurasikään.

Ruokinta ei vaikuttanut merkitsevästi sonnien kasvutuloksiin. Ab-sonnit kasvoivat numeerisesti parhaiten herneseosrehulla (1569 g/pv), kun taas ay-sonnit härkäpapuseosrehulla (1197 g/pv). Härkäpapuseosrehua saaneiden sonnien loppupaino oli kuitenkin suurempi kuin herneseosrehulla molemmilla roduilla ($p = 0,09$). Timoteisäilörehun korvaaminen härkäpapu- tai hernesäilörehulla ei vaikuttanut merkitsevästi sonnien kasvuun tai teurastuloksiin.

Teurasprosentissa ja rasvaisuusluokassa havaittiin rodun ja ruokinnan välinen yhdysvaikutus ($p < 0,05$). Teurasprosentti oli suurempi timoteiseosrehulla kuin keskimäärin palkoviljaseosrehuilla ab-sonneilla, kun taas ay-sonnien teurasprosentti oli suurempi palkoviljaseosrehuilla. Rasvaisuusluokka oli ay-sonneilla korkeampi härkäpapuseosrehulla kuin herneseosrehulla, kun taas ab-sonnien rasvaisuusluokassa ei juurikaan ollut eroa palkoviljaseosrehujen välillä. Härkäpapuseosrehua syöneillä sonneilla oli korkeampi teuraspaino ja parempi lihakkuusluokka kuin herneseosrehua syöneillä ($p < 0,05$).

Rehun hyväksikäyttö oli tehokkaampaa ab-sonneilla kuin ay-sonneilla ($p < 0,001$). Timoteisäilörehun korvaaminen palkoviljasäilörehuilla heikensi raakavalkuaisen hyväksikäyttöä ($p < 0,001$). Lisäksi kuiva-aineen hyväksikäyttö oli keskimäärin palkoviljaseosrehuilla hieman heikompaa kuin timoteiseosrehulla ($p = 0,06$). Palkoviljaseosrehujen välillä rehun hyväksikäyttö oli heikompaa härkäpapuseosrehua saaneilla sonneilla kuin herneseosrehua saaneilla sonneilla ($p < 0,01$).

Rodun ja ruokinnan välinen yhdysvaikutus oli nähtävissä suuntaa-antavasti sonnien ME:n hyväksikäytössä timotei- ja palkoviljaseosrehujen välillä ($p = 0,06$). Ab-sonneilla ME:n hyväksikäyttö oli huomattavasti tehokkaampaa timoteiseosrehulla kuin härkäpapuseosrehulla, kun taas ay-sonneilla ME:n hyväksikäyttö oli lähes sama timotei- ja härkäpapuseosrehuilla.

Taulukko 6. Ab- ja ay-sonnien kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö kokeessa 1.

Rotu Ruokinta	Ab			Ay			SEM	Tilastollinen merkitsevyys (<i>p</i> -arvot)				
	T	T+A	A	T	T+A	A		Rotu	A1	A2	YV1	YV2
Eläinmäärä, kpl	9	10	10	10	10	9						
Elopaino, kg												
Kokeen alussa	481	480	476	373	367	358	3,2	0,02	0,32	0,79	0,64	0,70
Kokeen lopussa	708	704	703	609	600	611	12,1	<0,001	0,88	0,63	0,75	0,71
Päiväkasvu, g/pv	1479	1473	1350	1162	1094	1165	69,9	0,002	0,40	0,93	0,38	0,33
Nettokasvu, g/pv	866	886	780	589	573	599	36,3	<0,001	0,33	0,54	0,23	0,23
Teurastulokset												
Teurasikä, pv	496	486	505	504	520	519	8,4	0,54	0,30	0,78	0,19	0,45
Teuraspaino, kg	379	379	373	302	302	306	5,9	<0,001	0,81	0,87	0,41	0,65
Teurasprosentti, g/kg	535	538	530	496	503	501	2,9	<0,001	0,87	0,08	0,13	0,85
Lihakkuusluokka	8,4	8,5	8,1	4,9	5,0	5,5	0,25	<0,001	0,51	0,87	0,14	0,32
Rasvaisuusluokka	3,1	3,0	2,9	2,3	1,9	2,0	0,12	<0,001	0,07	0,25	0,76	0,29
Rehun hyväksikäyttö												
kg ka / päiväkasvu-kg	8,1	8,6	9,0	9,8	10,3	9,8	0,54	0,02	0,47	0,58	0,43	0,63
kg ka / nettokasvu-kg	13,9	14,3	15,6	19,4	19,7	19,0	0,83	<0,001	0,48	0,98	0,25	0,51
MJ ME/ päiväkasvu-kg	88	94	100	107	113	109	5,9	0,02	0,26	0,69	0,45	0,62
MJ ME/ nettokasvu-kg	151	156	174	211	216	212	9,2	<0,001	0,23	0,89	0,28	0,50
Raakavalkuainen g / päiväkasvu-kg	987	1110	1264	1133	1309	1358	67,9	0,01	0,07	0,49	0,32	0,66
Raakavalkuainen g /nettokasvu-kg	1688	1845	2188	2236	2499	2636	108,4	<0,001	0,03	0,88	0,14	0,56

Ab = aberdeen angus, Ay = ayrshire

T = timoteisäilörehu, T + A = timotei- ja alsikeapilasäilörehun seos (1:1), A = alsikeapilasäilörehu

SEM = keskiarvon keskivirhe

Tilastollinen merkitsevyys (kontrastit): Rotu = rodun vaikutus, A1 = alsikeapilasäilörehun lineaarinen vaikutus, A2 = alsikeapilasäilörehun toisen asteen vaikutus, YV1 = rodun ja ruokinnan lineaarinen yhdysvaikutus, YV2 = rodun ja ruokinnan toisen asteen yhdysvaikutus.

ME = muuntokelpoinen energia

ka = kuiva-aine

Taulukko 7. Ab- ja ay-sonnien kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö kokeessa 2.

Rotu Ruokinta	Ab			Ay			SEM	Tilastollinen merkitsevyys (<i>p</i> -arvot)				
	T	HÄ	HE	T	HÄ	HE		Rotu	C1	C2	Rotu×C1	Rotu×C2
Eläinmäärä, kpl	9	10	10	10	10	10	-	-	-	-	-	-
Elopaino, kg												
Kokeen alussa	481	473	478	373	366	349	11,7	<0,001	0,34	0,63	0,64	0,38
Kokeen lopussa	708	713	707	609	622	570	14,7	<0,001	0,67	0,09	0,60	0,17
Päiväkasvu, g/pv	1479	1496	1569	1162	1197	1140	40,3	<0,001	0,42	0,84	0,53	0,16
Nettokasvu, g/pv	866	837	868	589	633	599	21,3	<0,001	0,74	0,95	0,32	0,18
Teurastulokset												
Teurasikä, pv	496	503	495	504	522	500	8,2	0,17	0,56	0,12	0,76	0,43
Teuraspaino, kg	379	376	372	302	314	287	7,6	<0,001	0,62	0,02	0,89	0,18
Teurasprosentti, g/kg	535	528	526	496	506	502	2,7	<0,001	0,94	0,30	0,03	0,79
Lihakkuusluokka	8,4	8,5	7,7	4,9	5,1	4,9	0,20	<0,001	0,67	0,04	0,34	0,18
Rasvaisuusluokka	3,1	3,2	3,3	2,3	2,5	1,9	0,13	<0,001	0,91	0,09	0,34	0,03
Rehun hyväksikäyttö												
kg ka / päiväkasvu-kg	8,3	9,1	7,8	9,6	10,4	9,2	0,10	<0,001	0,06	<0,001	0,62	0,83
kg ka / nettokasvu-kg	14,2	16,1	14,1	18,9	19,8	17,9	0,29	<0,001	0,13	<0,001	0,10	0,90
MJ ME / päiväkasvu-kg	93	97	85	107	112	100	1,1	<0,001	0,18	<0,001	0,86	0,93
MJ ME / nettokasvu-kg	159	172	154	211	212	194	3,1	<0,001	0,47	0,001	0,06	0,96
Raakavalkuainen g / päiväkasvu-kg	987	1251	1195	1133	1431	1375	12,0	<0,001	<0,001	0,005	0,19	0,43
Raakavalkuainen g /nettokasvu-kg	1688	2223	2154	2236	2714	2641	36,8	<0,001	<0,001	0,19	0,45	0,52

Ab = aberdeen angus, Ay = ayrshire

T = timoteisäilörehu, HÄ = härkäpapuvehnsäilörehu, HE = hernevehnsäilörehu

SEM = keskiarvon keskivirhe

Tilastollinen merkitsevyys (kontrastit): Rotu = rodun vaikutus, C1 = timotei vs. palkoviljat, C2 = härkäpapu vs. herne, Rotu × C1 = yhdysvaikutus rotu × C1, Rotu × C2 = yhdysvaikutus rotu × C2

ME = muuntokelpoinen energia

ka = kuiva-aine

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Koerehujen ja – ruokintojen kemiallinen koostumus, rehuarvo ja säilörehujen säilönnällinen laatu

Härkäpapu- ja herne-vehnäkasvustoissa vehnän osuus jäi hyvin pieneksi. Härkäpapuvehnäkasvusto sisälsi vehnää vain 14,9 % kuiva-aineesta ja hernevehnäkasvustossa vehnän osuus oli ainoastaan 10,7 % kuiva-aineesta. Näin ollen ruokintakokeissa saadut tulokset edustavat enemmän puhtailla palkokasvisäilörehuilla saatuja tuloksia kuin palkovilja-kokoviljasäilörehulla saatuja tuloksia. Kasvukausi 2013 oli hyvin lämmin ja suosi herneen ja härkäpavun kasvua, mikä selittää ainakin osittain palkoviljojen suuren osuuden kasvustoissa.

Timotei- ja alsikeapilakasvustot esikuivattiin ennen korjuuta, mutta herne- ja härkäpapakasvustot korjattiin ilman esikuivatusta. Korjuuhetkellä palkoviljakasvustot olivat märkiä (ka 169–200 g/kg). Palkoviljasäilörehujen kuiva-ainepitoisuudet olivat 269–277 g/kg, joten varastoinnin aikana niistä oli erittynyt runsaasti puristenestettä. Puristenesteen mukana säilörehusta poistuu liuenneita ravintoaineita, kuten sokereita ja valkuaista. Verrattuna aikaisempien tutkimusten (Adesogan ym. 2004, Markkanen 2014, Termonen 2015) esikuivattuihin palkoviljasäilörehuihin, tämän tutkimuksen palkoviljasäilörehujen kuiva-aine- ja sokeripitoisuudet jäivät matalimmiksi, kuten myös Pursiaisen ja Tuorin (2008) tutkimuksessa, jossa palkoviljakasvustoja ei esikuivatettu ennen korjuuta.

Palkokasvisäilörehujen suurempi tuhka-, raakavalkuais- ja tärkkelyspitoisuus sekä pienempi NDF-pitoisuus nurmisäilörehuun verrattuna olivat yhteneviä aikaisempien tutkimusten kanssa (Pursiainen ja Tuori 2006, Halmemies-Beauchet-Filleau ym. 2014). Palkokasvit sisältävät luontaisesti enemmän raakavalkuaista kuin nurmikasvit (McDonald ym. 2011, s. 491), minkä myötä myös palkokasvisäilörehujen OIV- ja PVT-arvot olivat suuremmat kuin nurmisäilörehulla. Sulamattoman kuidun osuus oli suurempi palkokasveja sisältävissä säilörehuissa kuin nurmisäilörehussa, kuten myös Pursiaisen ja Tuorin (2006) sekä Johansenin ym. (2017) tutkimuksissa. Palkoviljoille kuten myös nurmipalkokasveille on tyypillistä, että ne sisältävät runsaasti sulamatonta kuitua (Kuoppala ym. 2014b).

Ruokintakokeissa käytetyt säilörehut olivat kaikki heikosti sulavia (D-arvot 603–629 g/kg ka), mutta palkokasvisäilörehujen D-arvot olivat vielä matalammat kuin nurmisäilörehun. Palkoviljoista ja viljakasveista tehdyn säilörehun sulavuus on luontaisesti matalampi kuin nurmisäilörehun, koska kasvifysiologiset ja kasvianatomiset ominaisuudet ovat hyvin erilaiset nurmi- ja palkokasvien välillä (Kuoppala ym. 2014b). Myös palkokasvien suurempi sulamattoman kuidun osuus heikentää rehun sulavuutta. Johtuen palkokasvisäilörehujen heikommasta sulavuudesta, myös niiden ME-arvot jäivät hieman matalimmiksi kuin nurmisäilörehun.

Palkoviljasäilörehut sisälsivät enemmän tärkkelystä kuin timotei- ja alsikeapilasäilörehut. Kuoppalan ym. (2014b) mukaan suurin osa tärkkelyksestä sijaitsee herneiden ja härkäpapujen paloissa ja palkojen kehittyessä kasvuston tärkkelyspitoisuus kasvaa. Myös viljan kypsyessä, jyvän tärkkelyspitoisuus kasvaa (McDonald ym. 2011, s. 517). Härkäpapusäilörehun suurempi tärkkelyspitoisuus selittyy sen suuremmilla paloilla kuin herneen. Purtsiaisen ja Tuorin (2006) sekä Termosen (2015) ruokintakokeiden herne-ohra- ja härkäpapu-vehnäsäilörehut ja sisälsivät enemmän tärkkelystä (100–115 g/kg ka), kuin tässä kokeessa (56–78 g/kg ka). Keadyn ym. (2007) ja Walshin ym. (2008) tutkimuksissa vehnäkookoviljasäilörehujen tärkkelyspitoisuudet olivat 209–229 g/kg ka, mutta Huuskosen ym. (2017) tutkimuksessa vehnäkookoviljasäilörehun tärkkelyspitoisuus oli vain 88 g/kg ka. Kaikissa edellä mainituissa tutkimuksissa kasvustot korjattiin viljan ollessa taikinatu-leentunutta. Erot voivat johtua kokeiden välisistä lajike eroista ja kasvuston niittokorkeudesta.

Käymislaadultaan kaikki säilörehut olivat hyviä. Kaikkien paitsi alsikeapilasäilörehun pH oli alle 4, mutta myös alsikeapilasäilörehun pH oli kuiva-aineen mukainen. Lisäksi haihtuvien rasvahappojen yhteispitoisuus rehuissa oli matala (≤ 20 g/kg ka) ja rehujen ammoniumtyypipitoisuudet sekä liukoisen typen osuudet kokonaistypestä kohtuulliset. Hernevehnäsäilörehu sisälsi kuitenkin hieman enemmän ammoniumtyyppiä (66 g/kg) ja liukoista tyyppiä (500 g/kg) kuin muut säilörehut. Palkoviljojen suuresta osuudesta kasvustossa sekä kasvuston matalasta kuiva-ainepitoisuudesta huolimatta voidaan todeta, että rehujen säilöntä onnistui hyvin.

Seosrehussa käytetyn ohran rehuarvot ja kemiallinen koostumus vastasi hyvin pitkälti Rehutaulukoiden (Luke 2020a) ohraa. Seosrehujen koostumuserot kuvastavat paljolti eroja säilörehujen koostumuksessa, koska ruokinnoissa oli sama väkirehutaso ja väkirehun koostumus. Kaikkien seosrehujen PVT-arvot olivat yli kasvavien sonnien ruokintasuositusten, -10 g/kg ka (Luke 2020a). Seosrehun sisältäessä puhdasta kokoviljasäilörehua ja viljaa PVT-arvo jää usein alle kasvavien sonnien suositusten (Huuskonen 2013). Suurempi viljan osuus tämän tutkimuksen palkovilja-vehnäkasvustoissa olisi laskenut säilörehujen raakavalkuaispitoisuutta ja ruokinnan PVT-arvoa, kuten myös ruokinnan korkeampi väkirehutaso.

6.2 Rehun syönti ja ravintoaineiden saanti kokeissa 1 ja 2

Ruokintakokeet kestivät molemmissa kokeissa kauemmin ay-sonneilla kuin ab-sonneilla (158 vrk vs. 208 vrk). Ab-sonnit olivat kokeen alussa painavampia kuin ay-sonnit ($477 \pm 37,1$ kg vs. $363 \pm 68,7$ kg) ja siksi ne myös saavuttivat tavoitellun teuraspainon nopeammin. Johtuen liharotuisten sonnien suuremmasta elopainosta, ne myös söivät keskimäärin enemmän kaikkia seosrehuja kuin maitorotuiset (12,40 kg ka/pv vs. 11,08 kg ka/pv), minkä myötä myös ravintoaineiden saanti oli suurempaa. Ay-sonnien rehun kuiva-aineen syönti elopainokiloa kohden laskettuna oli kuitenkin merkitsevästi suurempaa kuin ab-sonnien. Myös Keane ja Allen (2002) havaitsivat tutkimuksessaan, että karkearehuvaltaisella ruokinnalla maitorotuiset lihanaudat syövät enemmän kuiva-ainetta elopainokiloa kohden kuin liharotuiset. Maitorotuisten suurempi syönti karkearehuvaltaisella ruokinnalla johtuu niiden suuremmasta ruansulatuselimistön koosta verrattuna liharotuisiin (Langholz 1990).

Kummassakaan kokeessa ei ollut rodun ja ruokinnan välisiä yhdysvaikutuksia syönnissä. Tosin kokeessa 1 ab-sonnit söivät numeerisesti eniten timotei- ja alsikeapilaseosrehua, kun taas ay-sonnit söivät eniten alsikeapilaseosrehua. Siitä huolimatta alsikeapilasäilörehun lisäys ruokintaan ei vaikuttanut sonnien syöntiin merkitsevästi. Käymislaadultaan sekä timotei- että alsikeapilasäilörehut olivat hyviä. Sulavuudeltaan alsikeapilasäilörehu oli hieman heikompaa kuin timoteisäilörehu (603 vs. 629 g/kg ka), mutta Huhtasen ym. (2007) mukaan nautojen kuiva-aineen syöntiä ei voi täysin ennustaa säilörehun D-arvosta, jos säilörehu sisältää palkokasveja. Säilörehujen syönti-indeksien mukaan tosin

sonnien olisi pitänyt syödä alsikeapilasäilörehua enemmän. Dayn ym. (1978), Thomaksen ym. (1981) sekä Steenin ja McIlmoyn (1982) tutkimuksissa sonnien syönti oli suurempaa apilasäilörehuilla kuin nurmisäilörehuilla, mutta Berthiaume ym. (2012) ja Pesonen ym. (2014) eivät havainneet eroa sonnien syönnissä, kun verrattiin puna-apilasäilörehua ja nurmisäilörehua. Väkirehu ruokinnassa lisää tunnetusti kokonaissyöntiä ja säilörehun säilönnällinen laatu vaikuttaa rehun syöntiin. Tässä kokeessa väkirehutaso oli molemmissa ruokinnoissa sama ja molempien rehujen säilönnällinen laatu oli hyvä. Aikaisemmissa Dayn ym. (1978), Thomaksen ym. (1981) sekä Steen ja McIlmoyn (1982) tutkimuksissa väkirehutaso oli pienempi kuin tässä kokeessa tai väkirehua ei ollut ruokinnassa ollenkaan. Lisäksi tutkimusten säilörehut olivat käymislaadultaan heikompia kuin tässä kokeessa. On myös otettava huomioon, että edellä mainituissa tutkimuksissa säilörehun raaka-aineena oli puna-apila, jonka ruokinnallinen arvo voi poiketa alsikeapilasta.

Kokeessa 2 niin ab- kuin ay-sonnit sonnitet söivät määrällisesti enemmän härkäpapuseosrehua kuin herneseosrehua. Hernevehnäsäilörehun ammoniumtyypen ja liukoisen tyypen osuudet kokonaistypestä olivat hieman koholla (66 g/kg ja 500 g/kg) verrattuna härkäpapuvehnäsäilörehuun, mikä voi selittää hernevehnäsäilörehun heikompaa syöntiä. Huhtasen ym. (2007) mukaan säilörehun käymislaatu vaikuttaa suoraan nautojen vapaaehtoiseen syöntiin. Käymislaadultaan hernevehnäsäilörehu ei kuitenkaan ollut huonoa. Yksi mahdollinen syy herneseosrehun heikompaan syöntiin, voi myös osaksi olla hernevehnäsäilörehun matalampi tärkkelyspitoisuus verrattuna härkäpapuvehnäsäilörehuun (56 vs. 78 g/kg ka). Blairin (2011, s. 283) mukaan tärkkelys lisää propionihapon osuutta pötsissä, jolloin syönti lisääntyy. Täten härkäpapuvehnäsäilörehun suurempi tärkkelyspitoisuus verrattuna hernevehnäsäilörehuun on mahdollisesti lisännyt sen syöntiä. D-arvoltaan sekä härkäpapuvehne- että hernevehnäsäilörehut olivat heikosti sulavia (608 g/kg ka) ja ne sisälsivät yhtä paljon sulamatonta kuitua (148 g/kg ka). Kokoviljasäilörehuissa tärkkelyksen on myös todettu kompensoivan sulamattoman kuidun määrää (Wallsten ym. 2008), mikä myös voi selittää härkäpapuvehnäsäilörehun suuremman syöntimäärän.

Kokeessa 1 timoteisäilörehun korvaaminen alsikeapilalla lisäsi PVT:n saantia lineaarisesti hieman enemmän ab-sonneilla kuin ay-sonneilla, johtuen todennäköisesti ab-sonnien suuremmasta syönnistä. Palkokasvisäilörehujen suuremmasta raakavalkuaispitoisuudesta sekä pienemmästä NDF-pitoisuudesta johtuen, sonnien raakavalkuaisen ja

PVT:n saannit olivat molemmissa kokeissa suuremmat ja NDF:n saanti oli pienempää palkokasviseosrehuilla kuin timoteiseosrehulla. Kokeessa 2 palkoviljasäilörehua syöneillä sonneilla oli suurempi tärkkelysten saanti kuin timoteisäilörehua syöneillä, mikä johtui palkoviljasäilörehujen suuremmasta tärkkelyspitoisuudesta verrattuna timoteisäilörehuun. Lisäksi kokeessa 2 molempien rotujen energian saanti oli suurempaa härkäpapuseosrehulla kuin muilla ruokinnoille johtuen härkäpapuseosrehun suuremmasta syönistä.

Ab-sonnien keskimääräinen kokonaissyönti palkokasviseosrehuilla molemmissa kokeissa oli 12,5 kg ka/pv ja ay-sonnien 11,15 kg ka/pv. Huuskosen (2013) ruokintakokeessa maitorotuisten sonnien syönti ohrakokoviljasäilörehua sisältävällä seosrehulla oli 10,19 kg ka/pv ja hyvin sulavalla nurmisäilörehulla 10,18 kg ka/pv. Myös Huuskosen ja Pesosen (2017) ruokintakokeen liharotuisten sonnien kokonaissyöntimäärät (10,38–11,57 kg ka/pv) hyvin sulavalla nurmisäilörehulla osoittavat, että tämän tutkimuksen kaikki säilörehut maittoivat hyvin, vaikka ne olivat sulavuudeltaan heikkoja. Sonnien korkea syönti johtuu todennäköisesti myös osaksi sonnien hyvistä olosuhteista. Myös Huuskosen (2013) sekä Huuskosen ja Pesosen (2017) ruokintakokeet olivat suoritettu samassa tutkimusnavetassa, jossa sonnit olivat ryhmäkarsinoissa ja saivat seosrehuja vapaasti. Pihatoissa erillisruokinnalla olevien sonnien kokonaissyöntimäärät ovat olleet Keadyn ym. (2007), Walshin ym. (2008) ja Dawsonin (2012) tutkimuksissa alhaisemmat, 7,41–9,8 kg ka/pv. Samoin kytkettyjen sonnien kokonaissyöntimäärät erillisruokinnalla ovat myös jääneet alhaisemmiksi, 7,57–9,88 kg ka/pv (Pesonen ym. 2014, Huuskonen ym. 2017), kuin tässä kokeessa.

6.3 Kasvu- ja teurastulokset sekä rehun hyväksikäyttö kokeissa 1 ja 2

Molemmissa kokeissa ab-sonnit olivat teurastettaessa hieman painavampia (teuraspaino keskimäärin 376 kg) kuin Huuskosen ym. (2012b) esittämässä valtakunnallisessa teurastusaineistossa keskimäärin (368 kg) sekä lihakkaampia ja vähärasvaisempia kuin valtakunnallisessa aineistossa (lihakkuus 8,4 vs. 6,9 ja rasvaisuus 3,1 vs. 3,3). Ay-sonnien teuraspaino puolestaan oli pienempi kuin Huuskosen ym. (2014b) esittämässä valtakunnallisessa aineistossa (302 kg vs. 330 kg), mutta ruhot lihakkaampia ja vähärasvaisempia (lihakkuus 5,1 vs. 4,9 ja rasvaisuus 2,1 vs. 2,4). Ay-sonnit teurastettiin huomattavasti aikaisemmin kuin edellä mainitussa aineistossa (513 pv vs. 592 pv) ja siksi teuraspaino oli

pienempi. Ab-sonnit teurastettiin myös aikaisemmin kuin Huuskosen ym. (2012b) aineistossa (497 pv vs. 571 pv), mutta sonnien nettokasvu oli huomattavasti parempi (847 g/pv vs. 619 g/pv). Tästä voidaan päätellä, että ab-sonnit kasvoivat varsin hyvin molempien kokeiden ruokinnoilla.

Ab-sonnit kasvoivat paremmin molemmissa kokeissa kuin ay-sonnit ja niiden rehun hyväksikäyttö oli tehokkaampaa, sekä niiden teurasprosentti ja lihakkuusluokka oli parempi kuin ay-sonneilla. Myös Pfuhlin ym. (2007) ja Albertín ym. (2008) mukaan liharotuiset sonnit kasvavat keskimäärin paremmin kuin maitorotuiset ja niiden rehun hyväksikäyttö on tehokkaampaa ja teurastulokset paremmat. Ab-sonnien tehokkaampi rehun hyväksikäyttö johtui ab-sonnien paremmista kasvutuloksista. Ay-sonnit tarvitsivat enemmän kuiva-ainetta, energiaa ja raakavalkuaista tuottamaansa kasvukilogrammaa kohden. Ay-sonnien alhaisempi teurasprosentti johtuu osaksi ay-sonnien alhaisemmasta teuraspainosta (Kempster ym. 1988).

Kummassakaan kokeessa ruokinta ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi sonnien kasvutuloksiin. Alsikeapilaseosrehulla olleet ab-sonnit kasvoivat hieman huonommin kuin timotei- tai timotei-alsikeapilaseosrehuilla, kun taas ay-sonnien kasvu oli heikointa timotei-alsikeapilaseosrehulla. Timoteisäilörehun korvaaminen alsikeapilalla vähensi hieman ruhojen rasvoittumista (lineaarinen vaikutus, $P=0,07$), mutta muihin teurastuloksiin se ei vaikuttanut. Myös Berthiaume ym. (2012), Lafrenière ym. (2012) sekä Pesonen ym. (2014) havaitsivat, että nurmisäilörehun korvaaminen puna-apilasäilörehulla vähentää ruhojen rasvoittumista verrattuna nurmisäilörehuun.

Kokeessa 2 härkäpapuseosrehua syöneiden sonnien rehun hyväksikäyttö oli heikompaa kuin herneseosrehua syöneiden, koska sonnit söivät enemmän härkäpapuseosrehua, mutta eivät kasvaneet merkitsevästi paremmin kuin herneseosrehua syöneet. Härkäpapuruokinnalla olleiden sonnien teuraspaino oli kuitenkin korkeampi kuin herneseosrehulla, varsinkin ay-sonneilla. Teuraspainon noustessa myös ruhon lihakkuus ja rasvaisuus nousee (Kempster ym. 1988, Keane ja Allen 1998). Herneseosrehua saaneet sonnit luokiteltiin heikommin ja ne olivat vähärasvaisempia kuin härkäpapuseosrehua saaneet sonnit. Rasvaisuusluokassa huomattiin myös merkitsevä rodun ja ruokinnan välinen yhdysvai-

kutus, koska ainoastaan ay-sonnien rasvaisuudessa oli eroja härkäpapu- ja herneseosrehujen välillä. Tämä selittyy teuraspainojen kautta, koska ruokintojen välillä oli eroa teuraspainossa vain ay-sonneilla.

Raakavalkuaisen hyväksikäyttö heikkeni kaikilla palkokasvisäilörehuruokinnoina verrattuna timoteisäilörehuun. Yli 200 kg painaville kasvaville naudoille valkuaisen saanti on riittävää, kun PVT-arvo on yli -10 g/kg ka (Luke 2020a). Raakavalkuaispitoisuus timoteiruokinnassa oli 121 g/kg ka ja ruokinnan PVT-arvo oli -2 g/kg ka. Näin ollen sonnit saivat tarpeeksi raakavalkuaista jo timoteiseosrehu ruokinnalla eikä palkokasvien tuoma valkuaislisä ollut eläinten hyödynnettävissä. Huuskosen ym. (2014a) meta-analyysin perusteella PVT:n alaraja voitaisiin turvallisesti laskea -20 g/kg ka ilman negatiivisia vaikutuksia lihanautojen kasvu- tai teurastuloksiin. Useimmiten sonnien pötsimikrobien tyypin tarve täyttyy hyvälaatuisella säilörehulla ja viljalla (Pesonen ja Huuskonen 2016). Huuskosen (2013) ja Pesosen ym. (2014) mukaan myös pelkkä kokoviljasäilörehu ja vilja ruokinnassa kattavat valkuaisen tarpeen lihanautoilla, eikä valkuaislisästä ole tuotannollista hyötyä.

Huhtasen ja Huuskosen (2020) mukaan kasvavien sonnien lisävalkuaisen hyväksikäyttö on heikkoa, jolloin lisätypestä suurin osa erittyy virtsaan. Virtsan tyyppi on herkempää huuhtoutumiselle ja haihtumiselle kuin sonnan tyyppi, jolloin se on haitallisempaa ympäristölle. Adesogan ym. (2002) havaitsivat, että tyyppien hyväksikäyttö heikkeni ja erityisesti virtsaan lampailta kasvoi, mitä enemmän syöty säilörehu sisälsi hernetä. Kokeessa 1 myös apilan lisääminen ruokintaan heikensi raakavalkuaisen hyväksikäyttöä lineaarisesti. Myös Bertilsson ja Murphy (2003) sekä Halmemies-Beauchet-Filleau ym. (2014) totesivat, että apilasäilörehun lisäys lehmien ruokintaan heikensi tyyppien hyväksikäyttöä ja lisäsi tyyppien erityistä virtsaan ja sontoa. Paras keino vähentää tyyppien erityistä sontoa ja virtsaan on vähentää ruokinnan typpipitoisuutta (Huhtanen ja Huuskonen 2020). Näin ollen palkokasvien käyttöä sonnien ruokinnassa kannattaa rajoittaa, ettei ruokinnan raakavalkuaispitoisuus nousisi liian korkealle ja tyyppien hyväksikäyttö heikkenisi. Huhtasen ja Huuskosen (2020) mukaan kokonaistyyppien saanti ja erityisesti virtsaan sekä sontoa vähenevät, kun ruokinnan väkirehutasoa nostetaan. Jos vehnän osuus palkoviljasäilörehuissa olisi ollut suurempi, kuten myös ruokinnan väkirehutaso, olisi valkuaisen hyväksikäyttö parantunut.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän maisterintutkielman tarkoituksena oli selvittää palkokasvisäilörehujen tuotanto-vaikutukset verrattuna nurmisäilörehuun liha- ja maitorotuisten sonnien loppukasvatuksessa. Hypoteesina oli, että nurmisäilörehun korvaaminen palkokasvisäilörehuilla lisää sonnien syöntiä, mutta ei vaikuta sonnien kasvu- tai teurastuloksiin. Lisäksi ajateltiin, että palkoviljasäilörehujen välillä ei ole eroa sonnien tuotantotuloksissa ja että liharotuisten sonnien tuotantotulokset ovat paremmat kuin maitorotuisten sonnien.

Nurmisäilörehun korvaaminen palkokasvisäilörehuilla vaikutti hyvin vähän tai ei lainkaan sonnien rehun syöntiin ja kasvuun. Palkokasvisäilörehut lisäsivät sonnien valkuaisen saantia, mutta heikensivät valkuaisen hyväksikäyttöä, koska sonnien valkuaisen tarve täyttyi jo nurmisäilörehuruokinnalla. Erot teurastuloksissa ruokintojen välillä olivat pieniä, mutta timoteisäilörehun korvaaminen alsikeapilasäilörehulla vähensi hieman ruhojen rasvoittumista.

Sonnit söivät enemmän härkäpapuvehnäsäilörehua kuin hernevehnäsäilörehua, mutta sonnien kasvussa ei ollut merkitsevää eroa ruokintojen välillä. Täten rehun hyväksikäyttö oli heikompaa härkäpapuvehnäsäilörehulla kuin hernevehnäsäilörehulla. Härkäpapuvehnäsäilörehua syöneiden sonnien teuraspaino oli hieman korkeampi kuin hernevehnäsäilörehua syöneiden sonnien. Myös härkäpapuvehnäsäilörehua syöneiden sonnien lihakkuusluokka oli hieman parempi kuin hernevehnäsäilörehua syöneiden sonnien.

Kuten oletettiin, liharotuiset sonnit kasvoivat paremmin kuin maitorotuiset sonnit. Lisäksi liharotuisten sonnien teurastulokset olivat paremmat ja rehun hyväksikäyttö oli tehokkaampaa kuin maitorotuisilla sonneilla. Tutkimuksen perusteella palkokasvisäilörehuilla voidaan korvata nurmisäilörehua lihanautojen ruokinnassa ilman suurempia vaikutuksia sonnien rehun syöntiin, kasvuun tai teurastuloksiin. Kasvavien lihanautojen matalaan valkuaisen tarpeeseen nähden palkokasvisäilörehujen käyttöä ruokinnassa kannattaa kuitenkin rajoittaa, ettei typen hyväksikäyttö heikkenisi ja ylimääräistä typpeä menetettäisi virtsan mukana.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajiani yliopistonlehtori Seija Jaakkolaa ja tutkimusprofessori Arto Huuskosta, jotka auttoivat ja kannustivat tämän työn valmistumisessa. Haluan myös kiittää Teroa tuesta ja kärsivällisyydestä kirjoitustyöni aikana sekä lähipiiriäni ja ystäviäni kannustavasta asenteesta.

LÄHTEET

- Adesogan, A.T., Salawu, M.B. & Deaville, E.R. 2002. The effect on voluntary feed intake, in vivo digestibility and nitrogen balance in sheep of feeding grass silage or pea-wheat intercrops differing in pea to wheat ratio and maturity. *Animal Feed Science and Technology* 96: 161–173.
- Adesogan, A.T., Salawu, M.B., Williams, S.P., Fisher, W.J. & Dewhurst, R.J. 2004. Reducing concentrate supplementation in dairy cow diets while maintaining milk production with pea-wheat intercrops. *Journal of Dairy Science* 87: 3398–3406.
- Ahvenjärvi, S., Joki-Tokola, E., Vanhatalo, A., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 2006. Effects of replacing grass silage with barley silage in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science* 89: 1678–1687.
- Albertí, P., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J.L., Ripoll, G., Erbjerg, P., Christensen, M., Gigli, S., Failla, S., Concetti, S., Hocquette, J.F., Jailler, R., Rudel, S., Renand, G., Nute, G.R., Richardson, R.I. & Williams, J.L. 2008. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science* 114: 19–30.
- AOAC 2012. Official methods of analysis of AOAC International. (toim.) Latimer, G. 19. painos. Arlington, VA: Association of Analytical Chemists 1. 298 s.
- Berthiaume, R., Adelaide, C., Lafrenière, C., Fortin, J., Gariépy, C., Mandell, I. & Faucitano, L. 2012. Growth, feed efficiency, carcass quality and consumer perception of beef cattle fed PM vs AM cut grass or a red clover-grass mixture. Teoksessa: Kuoppala, K., Rinne, M. & Vanhatalo, A. (toim.). Proceedings of the XVI International Silage Conference. MTT Agrifood Research Finland and University of Helsinki: Helsinki. s. 166–167.
- Bertilsson, J. & Murphy, M. 2003. Effects of feeding clover silages on feed intake, milk production and digestion in dairy cows. *Grass and Forage Science* 58: 309–322.
- Blair, R. 2011. Nutrition and feeding of organic cattle. Wallingford, UK. CABI. 303 s.
Verkköjulkaisu: http://www.agrifis.ir/sites/default/files/Robert%20Blair%20Nutrition%20and%20Feeding%20of%20Organic%20Cattle%20%202011_0.pdf. Viitattu 21.4.2020.

- Borreani, G., Chion, A.R., Colombini, S., Odoardi, M., Paoletti, R. & Tabacco, E. 2009. Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology* 151: 316–323.
- Collins, M., Nelson, J.C., Moore, K.J. & Barnes, R.F. 2018. Forages Volume 1: an introduction to grassland agriculture. 7. painos. Wiley Blackwell. Verkkojulkaisu: https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=-yY0DwAAQ-BAJ&oi=fnd&pg=PA117&dq=%22alsike+clover%22&ots=DrL-GXTKum5&sig=IE1j1bBqXWWyS1-Kt5FX4rA7oJU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Viitattu 13.3.2020.
- Day, N., Harkness, R. D., & Harrison, D. M. 1978. A note on red clover silage for cattle finishing. West of Scotland Agricultural College, United Kingdom. Volume 26, Issue 1: 97–100. CAB Abstracts.
- Dawson, L.E.R. 2012. The effect of inclusion of lupins/triticale whole crop silage in the diet of winter finishing beef cattle on their performance and meat quality at two levels of concentrates. *Animal Feed Science and Technology* 171: 75–84.
- Dewhurst, R.J., Delaby, L., Moloney, A., Boland, T. & Lewis, E. 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of Agricultural & Food Research* 48: 167–187.
- Dewhurst, R.J., Evans, R.T., Scollan, N.D., Moorby, J.M., Merry, R.J. & Wilkins, R.J. 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 2. In vivo and in sacco evaluations of rumen function. *Journal of Dairy Science* 86: 2612–2621.
- EC 2006. Council Regulation (EC) No 1183/2006 of July 2006 concerning the Community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. *The Official Journal of the European Union L*, 214: 1–6.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Vanhatalo, A., Toivonen, V., Heikkilä, T., Lee, M.R.F. & Shingfield, K.J. 2014. Effect of replacing grass silage with red clover silage on nutrient digestion, nitrogen metabolism, and milk fat composition in lactating cows fed diets containing a 60:40 forage-to-concentrate ratio. *Journal of Dairy Science* 97: 3761–3776.

- Huhtanen, P. 2001. Prediction of DM and ME intake of dairy cows fed grass silage based diets. In: Production and utilization of silage, with emphasis on new techniques: NJF seminar no. 326, Lillehammer 27.–28. September 2001. s. 52–63.
- Huhtanen, P. & Huuskonen, A. 2020. Modelling effects of carcass weight, dietary concentrate and protein levels on the CH₄ emission, N and P excretion of dairy bulls. *Livestock Science* 232. Article number 103896.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293–323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal* 1: 758–770.
- Huida, L., Väättäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silage as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fennia* 25: 215–230.
- Huuskonen, A. 2013. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets based on whole-crop barley with or without protein supplementation relative to grass silage-based diet. *Agricultural and Food Science* 22: 424–434.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2014a. Evaluation of protein supplementation for growing cattle fed grass silage-based diets: a meta-analysis. *Animal* 8: 1653–1662.
- Huuskonen, A., Niemelä, M., Hyrkäs, M. & Luoma, S. 2012a. Nurmipalkokasveja viljelyyn ja laidunnukseen. Teoksessa: Huuskonen (A) toim. Nautatilojen rehuvalikoima laajemmaksi? Tuloksia Innonauta-hankkeen tutkimuksista. MTT Raportti 77. Jokioinen. 77 s. Verkkojulkaisu: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/480351/mtt-raportti77.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 13.4.2020.
- Huuskonen, A. & Pesonen, M. 2017. A comparison of first-, second- and third-cut timothy silages in the diets of finishing beef bulls. *Agricultural and Food Science* 26: 16–24.

- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Hyrkäs, M. 2012b. Liharotuisten sonnien ja hiehojen kasvu- ja teurasominaisuudet. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote nro 28. Verkkojulkaisu: <https://journal.fi/smst/article/view/75461/36884>. Viitattu: 15.4.2020.
- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Joki-Tokola, E. 2017. Feed intake and live weight gain of Hereford bulls offered diets based on whole-crop barley and whole-crop wheat silages relative to moderately digestible grass silage with or without protein supplementation. *Annals of Animal Science* 17: 1123–1134.
- Huuskonen, A., Pesonen, M., Kämäräinen, H. & Kauppinen, R. 2014b. Production and carcass traits of purebred Nordic Red and Nordic Red x beef breed crossbred bulls. *Journal of Agricultural Science* 152: 504–517.
- 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. 2007. Herneen käyttö ruokinnassa. Teoksessa: Koskimies, H., Ketola, T., Leskinen, U.M., Partanen, E., Käki, R. & Peltomäki, A. (toim). Luomutilan valkuaiskasviopas. Luomuliitto ry. 39 s. Verkkojulkaisu: <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/oppaat-ja-esitteet/luomutilan-valkuaiskasviopas-2007.pdf>. Viitattu 21.4.2020.
- Johansen, M., Søgaard, K., Lund, P. & Weisbjerg, M.R. 2017. Digestibility and clover proportion determine milk production when silages of different grass and clover species are fed to dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100: 8861–8880.
- Johansson, A., Leskinen, U-M., Roimela, S., Suutarla, M., Tuominen, P. & Turunen, U. 2016. Luonnonmukaisen naudanlihantuotannon hyvät toimintatavat. ProAgria Keskuksen Liitto ry. 84 s.
- Keady, T.W.J., Hanrahan, J.P., Marley, C.L. & Scollan, N.D. 2013. Production and utilization of ensiled forages by beef cattle, dairy cows, pregnant ewes and finishing lambs – a review. *Agricultural and Food Science* 22: 70–92.
- Keady, T.W.J., Lively, F.O., Kilpatrick, D.J. & Moss, B.W. 2007. Effects of replacing grass silage with either maize or whole-crop wheat silages on the performance and meat quality of beef cattle offered two levels of concentrates. *Animal* 1: 613–623.

- Keane, M. G. & Allen, P. 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science* 56: 203–214.
- Keane, M.G. & Allen, P. 2002. A comparison of Friesian-Holstein, Piemontese×Friesian-Holstein and Romagnola×Friesian-Holstein steers for beef production and carcass traits. *Livestock Production Science* 78: 143–158.
- Kemppainen, R. 1987. Puna-apilan ymppäys Rhizobium-bakteerilla. Maatalouden tutkimuskeskus tiedote 20/87. Verkkojulkaisu: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/441530/maatut20_87.pdf?sequence=1&isAllowed=y . Viitattu 8.4.2020.
- Kempster, A.J., Cook, G.L. & Southgate, J.R. 1988. Evaluation of British Friesian, Canadian Holstein and beef breed × British Friesian steers slaughtered over a commercial range of fatness from 16-month and 24-month beef production systems 2. Carcass characteristics, and rate and efficiency of lean gain. *Animal Production* 46: 365–378.
- Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S., Rinne, M. & Vanhatalo, A. 2009. Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 2. Dry matter intake and cell wall digestion kinetics. *Journal of Dairy Science* 92: 5634–5644.
- Kuoppala, K., Lötjönen, T., Saarinen, E., Suomela, R., Hyrkäs, M. & Huuskonen, A. 2014a. Palkoviljakasvustojen satoisuus ja rehuarvo. Teoksessa: Huuskonen, A. (toim.). Edistystä luomutuotantoon – loppuraportti. MTT Raportti 175. Jokioinen. 108 s. Verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti175.pdf>. Viitattu 20.4.2020.
- Kuoppala, K., Manni, K., Känkänen, H. ja Rinne, M. 2016. Härkäpapu säilörehun raaka-aineena. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2016: Esitelmä- ja posteritivistelmät, s. 32. Verkkojulkaisu: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MAATALOUSTIE-TEEN_ABSTRAKTIKIRJA2016.pdf. Viitattu 13.4.2020.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Lötjönen, T. & Huuskonen, A. 2014b. Palkokasveja sisältävien kokoviljasäilörehujen rehuarvon tarkentaminen ruokinnan optimoimiseksi. Teoksessa: Huuskonen, A. (toim.). Edistystä luomutuotantoon – loppuraportti. MTT Raportti 175. Jokioinen. 108 s. Verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti175.pdf>. Viitattu 20.4.2020.

- Kykkänen, S., Hyrkäs, M., Suomela, R., Saarinen, E., Virkajärvi, P. & Huuskonen, A. 2016. Eri viljalajikkeiden satoisuus ja rehuarvo kokoviljasäilörehuksi korjattuna. Maa-taloustieteen Päivät 2016. Verkkojulkaisu: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2016/Kykk%C3%A4nen_ym_2016.pdf. Viitattu: 22.4.2020.
- Käki, R. 2007. Herne luomuviljelyssä. Teoksessa: Koskimies, H., Ketola, T., Leskinen, U.M., Partanen, E., Käki, R. & Peltomäki, A. (toim). Luomutilan valkuaiskasviopas. Luomuliitto ry. 39 s. Verkkojulkaisu: <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/oppaat-ja-esitteet/luomutilan-alkuvalkuaiskasviopas-2007.pdf>. Viitattu 21.4.2020.
- Lafrenière, C., Berthiaume, R., Campbell, C., Potter, B. & Mandell, I. 2012. Effect of forage silage species and beef sire breed on steer performance, carcass and meat quality using a forage-based beef production system. Teoksessa: Kuoppala, K., Rinne, M. & Vanhatalo, A. (toim.). Proceedings of the XVI International Silage Conference. MTT Agrifood Research Finland and University of Helsinki. s. 504–505.
- Langholz, H. 1990. High yielding cattle populations - concurring and compatible traits with special reference to reproductive efficiency. *Reproduction in Domestic Animals* 25: 206–214.
- Lassila, A. 2007. Härkäpapu luomuviljelyssä. Teoksessa: Koskimies, H., Ketola, T., Leskinen, U.M., Partanen, E., Käki, R. & Peltomäki, A. (toim). Luomutilan valkuaiskasviopas. Luomuliitto ry. 39 s. Verkkojulkaisu: <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/oppaat-ja-esitteet/luomutilan-alkuvalkuaiskasviopas-2007.pdf>. Viitattu 21.4.2020.
- Leskinen, U. 2007. Hyvälaatuinen apilasäilörehu. Teoksessa: Koskimies, H., Ketola, T., Leskinen, U.M., Partanen, E., Käki, R. & Peltomäki, A. (toim). Luomutilan valkuaiskasviopas. Luomuliitto ry. 39 s. Verkkojulkaisu: <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/oppaat-ja-esitteet/luomutilan-alkuvalkuaiskasviopas-2007.pdf>. Viitattu 21.4.2020.
- Luke. 2020a. Rehutaulukot. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Rehutaulukot/marehtijat>. Viitattu 26.4.2020.

- Luke. 2020b. Tilastotietokanta. Viljelykasvien sato.
https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__14%20Satotilasto/01_Viljelykasvien_sato.px/table/table-ViewLayout1/?rxid=458322fa-ea88-457a-bbbb-dffc278441d3 .Viitattu 8.4.2020.
- Markkanen, A. 2014. Hernekaura- ja härkäpapukaurasäilörehu lypsylehmien ruokinnassa. Kotieläinten ravitsemustieteen pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden osasto. 35 s.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan. C.A., Sinclair. L.A. & Wilkinson. R.G. 2011. Animal Nutrition. 7. painos. Harlow, UK: Pearson Education Limited. 692 s.
- Moisio, T. & Heikonen, M. 1989. A titration method for silage assessment. *Animal Feed Science and Technology* 22: 341–353.
- Mustafa, A.F. & Seguin, P. 2004. Chemical composition and in vitro digestibility of whole-crop pea and pea-cereal mixture silages grown in South-western Quebec. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: 416–421.
- Nousiainen, J., Ahvenjärvi, S., Rinne, M., Hellämäki, M. & Huhtanen, P. 2004. Prediction of indigestible cell wall fraction of grass silage by near infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feeding Science Technology* 115: 295–311.
- Palmio, A., Sairanen, A., Kuoppala, K. ja Rinne, M. 2016. Härkäpapusäilörehu lypsylehmien ruokinnassa. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2016. Verkkojulkaisu: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MTP2016/Palmio_ym_2016.pdf. Viitattu 14.4.2020.
- Pennanen, A-M., Ripatti, S., Suhonen, P. ja Pakarinen, K. 2016. Härkäpapu, herne, virna ja lupiini säilörehussa – tilatason viljelykokeen tuloksia. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2016: Esitelmä- ja posteritivistelmät. Verkkojulkaisu: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MAATALOUSTIETEEN_ABSTRAKTIKIRJA2016.pdf. Viitattu 13.4.2020.
- Pesonen, M. & Huuskonen, A. 2016. Naudanlihantuotannon ympäristövaikutukset. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2016: Esitelmä- ja posteritivistelmät, s. 62. Verkkojulkaisu: http://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/MAATALOUSTIETEEN_ABSTRAKTIKIRJA2016.pdf. Viitattu 13.4.2020.

- Pesonen, M., Joki-Tokola, E. & Huuskonen, A. 2014. The effect of silage plant species, concentrate proportion and sugar beet pulp supplementation on the performance of growing and finishing crossbred bulls. *Animal Production Science* 54: 1703–1708.
- Pfuhl, R., Bellman, O., Kühn C., Teuscher, F., Ender, K. & Wegner, J. 2007. Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition, and meat quality. *Archiv Tierzucht, Dummerstorf* 50: 59–70.
- Pursiainen, P. & Tuori, M. 2006. Replacing grass silage with pea-barley intercrop silage in the 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: 60–78.
- Rinne, M., Olt, A., Nousiainen, J., Seppälä, A., Tuori, M., Paul, C., Fraser, M.D. & Huhtanen, P. 2006. Prediction of legume silage digestibility from various laboratory methods. *Grass and Forage Science*. 61: 354–362.
- Salawu, M.B., Adesogan, A.T. & Dewhurst, R.J. 2002. Forage intake, meal patterns, and milk production of lactating dairy cows fed grass silage or pea-wheat bi-crop silages. *Journal of Dairy Science* 85: 3035–3044.
- Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 40: 38–45.
- Schwarz, F.J. & Kirchgessner, M. 1989. Feeding of high protein silages (whole plant field bean silage, clover-grass silage) to fattening bulls. 2. Substitution of soyabean meal. *Zuchtungskunde* 61: 236–246. CAB Abstracts.
- Seppälä, A., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2019. Efficacy of different additives in ensiling faba bean and field pea based whole crop silages. *Agricultural and Food Science* 28: 165–175.
- Steen, R.W.J. & McIlmoyle, W.A. 1982. An evaluation of red clover silage for beef production. *Animal Production* 34: 95-101. CAB Abstracts.
- Stoddard, F.L., Hovinen, S., Kontturi, M., Lindstrom, K. & Nykänen, A. 2009. Legumes in Finnish agriculture: history, present status and future prospects. *Agricultural and Food Science* 18: 191–205.

- Termonen, T. 2015. Härkäpapu-kevätevehnäsäilörehun ja rypsin määrän vaikutus lypsy-lehmän maitotuotokseen ja aineenvaihduntaan. Kotieläinten ravitsemustieteen pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden osasto. 61 s.
- Thomas, C., Gibbs, B.G. & Tayler, J.C. 1981. Beef production from silage 2. The performance of beef cattle given silages of either perennial ryegrass or red clover. *Animal Production* 32: 149-153. CAB Abstracts.
- Van Soest, P. J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.
- 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: 409–423.
- Wallsten, J. 2008. Whole-crop cereals in dairy production. Digestibility, feed intake and milk production. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden. 45 s.
- Walsh, K., O'Kiely, P., Moloney, A.P. & Boland, T.M. 2008. Intake, performance and carcass characteristics of beef cattle offered diets based on whole-crop wheat or forage maize relative to grass silage or ad libitum concentrates. *Livestock Science* 116: 223–236.