

Puna-apilasäilörehun vaikutus lypsylehmien ravintoaineiden saantiin

Aila Vanhatalo^{1,2)}, Kaisa Kuoppala¹⁾, Seppo Ahvenjärvi¹⁾ ja Marketta Rinne¹⁾

¹⁾ MTT Eläinravitsemus, 31600 Jokioinen, *etunimi.sukunimi@mtt.fi*

²⁾ Nykyinen osoite: Kotieläintieteen laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, *aila.vanhatalo@helsinki.fi*

Tiivistelmä

Typensidontakykynsä vuoksi puna-apila on tärkeä säilörehun raaka-aine erityisesti luomumaidontuotannossa. Puna-apilapitoisen säilörehun tuotantovaikutuksesta heinäsäilörehuun verrattuna on olemassa aikaisempaa tutkimustietoa. Puna-apilan vaikutusmekanismeja selvittäviä fysiologisia tutkimuksia on kuitenkin tehty verrattain vähän. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kasvilajin (heinäkasvi vs. puna-apila) ja kasvuasteen (aikainen vs. myöhäinen korjuu) vaikutusta lypsylehmien tuotosvasteisiin, pötsikäymiseen ja ravintoaineiden virtaukseen pötsistä sekä veriparametreihin.

Vaikka käytännön ruokinnassa käytetään yleensä puna-apilan ja heinäkasvin seoksia, tässä kokeessa säilörehut tehtiin puhtaista apilakasvustoista, jotta voitaisiin selvittää juuri puna-apilan vaikutuksia ruokinnassa. Säilörehut tehtiin ensimmäisestä sadosta kahdessa eri kehitysvaiheessa olevasta timotei-nurminata- ja puna-apilakasvustosta. Timotei-nurminatasäilörehut korjattiin 17.6. (aikainen kasvuaste, Ha) ja 26.6. (myöhäinen kasvuaste, Hm) ja puna-apilasäilörehut 2.7. (aikainen, Aa) ja 16.7. (myöhäinen, Am). Säilörehuja syötettiin pötsifistelöidyille lypsylehmille 5 x 5 latinalaisen neliön mukaisessa fysiologisessa kokeessa. Viidentenä ruokintana oli Hm:n ja Aa:n 1:1 seos. Väkirehua kaikki lehmät saivat 9 kg päivässä. Koesäilörehujen päseillä mitatut sulavan orgaanisen aineen pitoisuudet olivat 714 (Ha), 673 (Hm), 678 (Aa), ja 610 (Am) g/kg kuiva-ainetta.

Heinäkasvirehuista poiketen lehmät söivät puhtaasta puna-apilasta tehtyä aikaisin korjattua säilörehua vähemmän kuin myöhemmin korjattua apilarehua. Eniten lehmät söivät Hm- ja Aa-rehujen seosta. Syöntieroista huolimatta lehmien maitotuotoksissa ei ollut merkitseviä eroja. Apilaruokinnat pienensivät kuitenkin selvästi maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksia, ja nostivat maidon ureapitoisuuksia. Rasvapitoisuuden pieneminen apilaruokinnoilla oli yhteydessä heinäkasviruokintoja pienempään voihapsen osuuteen pötsissä muodostuvista haihtuvista rasvahapoista. Pötsistä virtaavan ei-ammoniakki- ja aminotyypen määrä oli suurempi apila- kuin heinäkasviruokinnoilla johtuen lähinnä rehuperäisen tyyppien suuremmasta virtauksesta. Myös välttämättömien aminohappojen ja urean pitoisuudet valtimoveren plasmassa olivat suurempia apila- kuin heinäkasviruokinnoilla.

Kokeen tulokset viittaavat siihen, että nurmen kasvuasteen vaikutus säilörehun syöntiin ja ravintoaineiden saantiin apilalla ja heinäkasveilla ei ole samanlainen. Apilan kasvuasteen vaikutuksista lehmien tuotosvasteisiin tarvitaan lisätutkimuksia.

Puna-apilan käyttö ruokinnassa lisää lypsylehmien aminohappojen saantia heinäkasviruokintoihin verrattuna. Puhdasta puna-apilaa käytettäessä rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus voi kuitenkin nousta tarpeettoman suureksi, jolloin rehuvalkuaisen hyväksikäyttö väistämättä huononee

Asiasanat: lypsylehmä, säilörehu, puna-apila, mikrobivalkuainen, aminohappo

Johdanto

Typensidontakykynsä vuoksi puna-apila on tärkeä säilörehun raaka-aine erityisesti luomumaidon-tuotannossa. Käytännössä puna-apilaa viljellään useimmiten seoksena heinäkasvien kanssa, ja sen sisällyttäminen ruokintaan on yleensä lisännyt sekä säilörehun syöntiä että maitotuotosta puhtaaseen heinäkasvisäilörehuun verrattuna (Thomas ym. 1985, Heikkilä ym. 1992, Tuori ja Syrjälä-Qvist 2001, Dewhurst ym. 2003). Joissakin kokeissa puna-apila on pienentänyt maidon rasva- (Thomas ym. 1985, Heikkilä ym. 1992, Tuori ym. 2002) tai valkuaispitoisuuksia (Bertilsson ja Murphy 2003).

Puna-apilan tuotantovaikutuksia selittäviä fysiologisia tutkimuksia on tehty verrattain vähän. Aikaisemmin tehdyn kotimaisen fysiologisen tutkimuksen mukaan sekä mikrobivalkuaisen tuotanto pötsissä että rehuperäisen valkuaisen virtaus pötsistä oli runsaampaa puna-apilapitoista (40 %) kuin puhdasta nurminata-timoteisäilörehua syötettäessä (Vanhatalo ym. 1995). Myös Dewhurst'in ym. (2003) kokeessa ohutsuoleen virtasi puna-apilaa sisältävillä ruokinnoilla enemmän ei-ammoniakkitypeä (NAN) kuin raiheinäsäilörehuruokinnalla. Lähes kaikissa aikaisemmissa tutkimuksissa puna-apilan ja heinäkasvin ruokinnallista arvoa on verrattu vain yhdellä kasvuasteella.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää puna-apilasäilörehun kasvuasteen vaikutusta lypsylehmien pötsikäymiseen, ravintoaineiden virtaukseen pötsistä ja tuotosvasteisiin vastaavilla kasvuasteilla korjattuihin timotei-nurminatasäilörehuihin verrattuna. Solunseinäkuidon sulatusta ja virtauskinetiikkaa koskevat tulokset on esitetty rinnakkaispaperissa (Kuoppala ym. 2006). Tutkimus tehtiin MMM:n rahoittaman Luomututkimusohjelman puitteissa.

Aineisto ja menetelmät

Koesäilörehut tehtiin Jokioisissa kesällä 2003 ensimmäisen vuoden puna-apilasta (lajike Jokioinen) ja timotei-nurminadasta (lajikkeet Tammisto II ja Antti, 54 ja 46 % siemenseoksessa). Heinäkasvinurmi oli lannoitettu Suomen salpietarilla, 91 kg N/ha, mutta puna-apilanurmea ei lannoitettu lainkaan. Kummankin kasvilajin säilörehut korjattiin nurmen ensikasvusta joko aikaisin tai myöhään tarkoituksena korjata kasvilajit kasvuasteittain samassa sulavuudessa. Tällöin timotei-nurminatasäilörehut korjattiin 17.6. (aikainen kasvuaste, Ha) ja 26.6. (myöhäinen kasvuaste, Hm) ja puna-apilasäilörehut 2.7. (aikainen, Aa) ja 16.7. (myöhäinen, Am). Nurmet niitettiin niittomurskaimella ja heinäkasvinurmi esikuivatettiin karholla n. 3 h ja puna-apila n. 7 h, jonka jälkeen rehu korjattiin tarkkuussilppurilla. Rehujen tavoitekuiva-ainepitoisuus oli n. 25 % ja ne säilöttiin laakasiiloihin tai aumoihin käyttäen AIV2 Plus –säilöntäainetta (timotei-nurminata 5 l/t ja apila 6 l/t).

Fysiologinen koe tehtiin viidellä pötsifistelöidyllä Ay-lehmällä MTT:n koe-eläintallilla Jokioisissa. Koe toteutettiin 5×5 latinalaisena neliönä, johon koekäsittelyt oli järjestetty 2 x 2 faktoriaalisesti siten, että tutkittavina tekijöinä olivat kasvilaji (apila vs. heinäkasvi) ja kasvuaste (aikainen vs. myöhäinen). Lisäksi viidentenä koekäsittelynä oli kasvilajien seos (Hm ja Aa, 1:1 kuiva-aineena). Säilörehua annettiin lehmille vapaasti ja väkirehua 9 kg/pv. Koejakson (3 viikkoa) viimeisen viikon aikana säilörehua annettiin 95 % edellisen viikon vapaasta syönnistä syöntimäärien vaihtelun pienentämiseksi. Säilörehu ja väkirehu jaettiin lehmille neljä kertaa päivässä klo 6, 9, 18 sekä 20. Väkihuseos sisälsi ohraa 40,5 %, kauraa 40 %, rypsipuristetta 16 % ja kivennäistä 3,5 %. Väkihurun koostumus ja määrä olivat luomusäännösten mukaisia. Koesäilörehujen valmistus ja väkihurun koostaminen on selostettu tarkemmin rinnakkaispaperissa (Kuoppala ym. 2005).

Lehmien rehunkulutus ja maidontuotanto mitattiin päivittäin. Rehuista otettiin jokaista koejaksoa vastaavat näytteet. Maidon koostumuksen määrittämiseksi otettiin maitonäytteet neljänä peräkkäisenä lypsykertana jokaisen jakson aikana. Pötsikäymisen mittaamista varten eläimiltä otettiin pötsinestenäytteet yhden päivän aikana 1,5 h:n välein klo 6-18. Ravintoaineiden virtaus pötsistä määritettiin kolmoismerkkiaine- ja satakertanäytteenottomenetelmää käyttäen (Ahvenjärvi ym. 2000). Ruokasulan nesteosan merkkiaineena käytettiin Cr-EDTA:a, pienten partikkeleiden Yb-asetaattia ja suurten partikkeleiden merkkiaineena sulamatonta kuitua. Mikrobitypen virtauksen merkkiaineena käytettiin ¹⁵N-rikastettua ammoniumsulfaattia. Ruokasulanäytteet kerättiin neljän päivän aikana siten, että jokaista puolen vuorokauden (12 h) tuntia kohden saatiin yksi näyte. Dieetin ravintoaineiden kokonaissulavuuden määrittämiseksi järjestettiin neljän vuorokauden pituinen sonnan kokonaiskeruu. Lisäksi jokaisen jakson viimeisenä päivänä lehmien häntä- ja maitosuonista otettiin verinäytteet klo 6, 9 ja 12 plasman aminohappojen ja energiaparametrien määrittämistä varten. Sulamaton kuitu määritettiin inkuboimalla näytteitä 12 vrk nailonpusseissa lypsylehmien pötsissä. Säilörehujen orgaanisen aineen sulavuus määritettiin pässeillä sonnan kokonaiskeruun menetelmää käyttäen.

Rehu- ja muut näytteet analysoitiin MTT:n Eläinravitsemuksen laboratoriossa. Käytetyt koetekniikat kemiallisine analyysineen on selostettu yksityiskohtaisesti muualla (Korhonen ym. 2002b). Tulosten tilastollinen käsittely tehtiin varianssianalyysillä SAS GLM tai MIXED -ohjelmistoja käyttäen. Ruokinnan vaikutus jaettiin ortogonaalisin kontrastein kasvilajin (puna-apila vs. heinäkasvi) ja kasvuasteen (aikainen vs. myöhäinen) vaikutuksiin, niiden yhdysvaikutukseen sekä seoksen ja sen komponenttien vertailuun.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Timotei-nurminatasäilörehujen kuiva-ainepitoisuus oli suurempi kuin apilarehujen, mutta kaikki säilörehut olivat siilossa rajoittuneesti käyneitä ja säilönnälliseltä laadultaan moitteettomia (taulukko 1). Valkuaisen hajoamista siilossa kuvaavien ammoniakki-N:n ja liukoisen typen osuudet kokonaistypestä olivat apilarehuissa pienempiä kuin heinäkasvirehuissa heijastaen puna-apilan sisältämän polyfenolioksidaasin valkuaisen hajoamista ehkäisevää vaikutusta (Jones 1995). Apilarehujen raakavalkuaispitoisuudet olivat tyypillisesti suurempia ja NDF-kuitupitoisuudet pienempiä kuin heinäkasvirehuissa. Tavoitteen mukaisesti aikaisin korjatut heinäkasvi- ja apilarehut saatiin korjattua lähes samassa orgaanisen aineen sulavuudessa (777 vs. 758 g/kg). Myöhään korjattujen heinäkasvi- ja apilarehujen sulavuuksissa oli kuitenkin eroa (729 vs. 672 g/kg).

Lehmät söivät apilarehuja keskimäärin hiukan vähemmän kuin heinäkasvirehuja (taulukko 2). Apilan ja heinäkasvin seosta lehmät söivät kuitenkin merkitsevästi ($P < 0.01$) enemmän kuin kumpaakaan seokseen kuuluvaa rehua yksinään. Sama ilmiö todettiin Tuorin ym. (2002) kokeessa, jossa nurminatasäilörehua korvattiin puhtaalla puna-apilasäilörehulla. Kasvuasteen edetessä heinäkasvirehun syönti odotetusti väheni (Rinne 2000), mutta apilarehun syönti sen sijaan lisääntyi ($P < 0.10$), mikä oli yllättävää, sillä molempien kasvilajien kohdalla myöhään korjattujen säilörehujen orgaanisen aineen ja NDF:n pötsi- ja kokonaissulavuudet olivat huonompia kuin aikaisin korjattujen rehujen. Ruokinnan orgaanisen aineen ja NDF:n kokonaissulavuuksissa ei ollut suuria kasvilajien välisiä eroja, joskin pötsisulatuksen osuus NDF:n kokonaissulatuksesta oli apilaruokinnolla pienempi kuin heinäkasviruokinnolla.

Taulukko 1. Rehujen kemiallinen koostumus ja säilörehujen käymislaatu.

	Ha	Hm	Aa	Am	Väkirehu
Korjuupäivä v. 2003	17.6.	26.6.	2.7.	16.7.	
Kuiva-aine (ka), g/kg	249	257	214	212	890
pH	4,04	3,97	4,15	4,10	
Kuiva-aineessa, g/kg					
Tuhka	86	75	102	93	54
Raakavalkuainen	134	111	212	181	167
NDF	500	570	375	463	205
Solunsisällyksaineet ¹⁾	414	355	523	444	741
Sokeri	61,3	30,7	16,5	19,9	
Maitohappo	61,7	55,9	50,1	38,2	
Käymishapot yhteensä	97,3	81,6	85,3	72,9	
g/kg kokonais-N					
Ammonium-N	44	44	25	32	
Liukoinen N	561	536	277	288	
Orgaanisen aineen sulavuus, g/kg ²⁾	777	729	758	672	
D-arvo, g/kg ka ²⁾	714	673	678	610	
ME, MJ/kg ka	11,4	10,8	10,8	9,8	12,2
OIV, g/kg ka	86	81	93	84	106
PVT, g/kg ka	-12	-26	53	37	-7,2
Syönti-indeksi	102	96	104	95	

¹⁾ Solunsisällyksaineet = Orgaaninen aine - NDF; ²⁾ määritetty *in vivo* päseillä

Pötsin ammoniakkipitoisuus oli heinäkasviruokkinnoilla paljon pienempi ($P < 0.001$) kuin apilaruokkinnoilla (taulukko 2) heijastaen vastaavaa eroa säilörehujen raakavalkuaispitoisuuksissa. Aikaisemmassa kokeessa pötsin ammoniakkipitoisuuksissa ei ollut eroja kun apila- ja heinäkasviruokintojen raakavalkuaispitoisuus oli sama (Vanhatalo ym. 1995). Pötsin haihtuvien rasvahappojen (VFA) pitoisuus oli apilaruokkinnoilla suurempi ($P < 0.001$) kuin heinäkasviruokkinnoilla samoin kuin aikaisemmissa kokeissa (Vanhatalo ym. 1995, Dewhurst ym. 2003, Bertilsson ja Murphy 2003). Heinäkasviruokintoihin verrattuna apilaruokintojen etikkahapon osuus pötsikäymisen lopputuotteista lisääntyi selvästi propioni- ja voihiapon osuuksien kustannuksella. Muissa kokeissa pötsikäymisen lopputuotteiden mooliosuuksissa ei ole ollut näin suuria kasvilajien välisiä eroja riippumatta siitä onko apila annettu yksinomaan rehuna tai seoksena (Vanhatalo ym. 1995, Dewhurst ym. 2003, Bertilsson ja Murphy 2003). Heinäkasvisäilörehut sisälsivät tässä kokeessa hieman enemmän maitohappoa ja sokeria kuin apilarehut, mutta kasvilajien väliset erot säilönnällisessä laadussa olivat aika pieniä selittääkseen todettua eroa pötsikäymisessä. Syy eroihin pötsikäymisessä saattaa liittyä kasvilajien erilaiseen solunseinäaineiden koostumukseen (Kuoppala ym. 2005). Kasvuasteen edetessä muutokset vertailtavien ruokintojen pötsikäymisessä olivat melko pieniä ja samansuuntaisia kasvilajista riippumatta.

Samoin kuin aikaisemmissa kokeissa (Vanhatalo ym. 1995, Dewhurst ym. 2003) pötsistä virtasi enemmän NAN:ä, ja mikrobisynteesi oli tehokkaampaa apila- kuin heinäkasviruokkinnoilla (taulukko 3). Apilaruokintojen runsaampi NAN-virtaus johtui suuremmasta ei-mikrobitypen virtauksesta pikemminkin kuin suuremmasta mikrobitypen virtauksesta. Apilaruokintojen rehuperäisen valkuaisen pötsihajovuus *in vivo* oli näin ollen myös tässä kokeessa heinäkasviruokintoja pienempi (Vanhatalo ym. 1995, Dewhurst ym. 2003). Syynä tähän on ilmeisesti puna-apilan sisältämän polyfenolioksidaasin proteolyysistä ehkäisevä vaikutus (Jones 1995).

Apilaruokkinnoilla pötsistä satakertaan virtasi aminotyyppiä merkitsevästi enemmän ($P < 0.01$) kuin heinäkasviruokkinnoilla (taulukko 4). Tämä johtui apilaruokintojen sekä välttämättömien että ei-välttämättömien aminohappojen suuresta virtauksesta. Metioniinia lukuun ottamatta kaikkien yksittäisten välttämättömien aminohappojen, kuten histidiinin, virtaus oli suurempi apilaruokkinnoilla. Heinäkasviruokkinnoilla histidiiniä virtasi pötsistä määrällisesti selvästi vähemmän kuin metioniinia kuten myös aikaisemmissa kokeissa (Korhonen ym. 2002b, Korhonen ym. julkaisematon); sen sijaan apilaruokkinnoilla histidiiniä ja metioniinia virtasi pötsistä yhtä paljon (histidiini/metioniini 0,85, 0,84, 0,97, 0,98, 0,94 ruokkinnoilla Ha, Hm, Aa, Am, HmAa, vastaavasti). Korhosen ym. (2002a) kokeessa, jossa perusrehuna oli apilaa sisältävä säilörehu, histidiiniä virtasi jopa enemmän kuin metioniinia. Kirjallisuudessa ei ole julkaistu yksittäisten aminohappojen virtauksia palkokasviruokkinnoilla. Kotimaisten kokeiden perusteella näyttää siltä, että puna-apilan sisällyttäminen ruokintaan lisää lehmien aminohappojen, mm. histidiinin saantia. Histidiini on todettu tuotantoa eniten rajoittavaksi aminohapoksi viljaan ja heinäkasvisäilörehuun perustuvalla ruokinnalla (Vanhatalo ym. 1999). Kasvuasteen vaikutus aminohappojen virtaukseen ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kasvuasteen edetessä aminohappojen virtaus kuitenkin pieneni numeerisesti heinäkasviruokkinnoilla, mutta ei muuttunut apilaruokkinnoilla. Tämä saattoi heijastaa mikrobitypen virtauksessa todettua eroa: kun mikrobitypen tuotanto heinäkasviruokkinnoilla pieneni kasvuasteen edetessä, se apilaruokinnalla lisääntyi ($P < 0.05$).

Runsaampi aminohappojen virtaus ohutsuoleen näkyi apilaruokkinnoilla heinäkasviruokintoihin verrattuna suurempina haaraketjuisten ja välttämättömien aminohappojen pitoisuuksina plasmassa (taulukko 5). Tällöin kuitenkin myös apilaruokintojen plasman ureapitoisuudet nousivat ($P < 0.001$) merkittävästi (7,0 vs. 2,9 mmol/l). Kokeessa käytetty väkirehu sisälsi rypsiä, mistä johtuen plasman histidiinipitoisuus oli suhteellisen korkea kaikilla koeruokkinnoilla. Tässä kokeessa histidiini ei luultavasti ollut tuotantoa rajoittava aminohappo. Plasman pienistä metioniinipitoisuuksista päätellen tuotantoa rajoittavaksi aminohapoksi saattoi muodostua metioniini. Tähän viittaa myös se, että maitorauhasen aminohappojen ekstraktioista metioniinin ekstraktiot olivat suurimpia sekä heinäkasvi- että apilaruokkinnoilla (tuloksia ei esitetty). Leusiinin ekstraktiot olivat merkitsevästi ($P < 0.05$) suurempia heinäkasvi- kuin apilaruokkinnoilla viitaten siihen, että myös leusiinin saannista saattoi olla puutetta heinäkasviruokkinnoilla.

Maitotuotoksissa ei ollut kasvilajista tai säilörehujen kasvuasteesta johtuvia tilastollisesti merkitseviä eroja (taulukko 6). Vähäisemmästä säilörehun syönnistä huolimatta apilaa syöneiden lehmien EKM- ja maitotuotokset olivat yhtä suuria kuin heinäkasvirehujä syöneiden lehmien

tuotokset. Myöskään valkuais- tai rasvatuotoksissa ei ollut eroja. Toisaalta vaikka lehmät söivät apilan ja heinäkasvin seosta selvästi enemmän kuin kumpaakaan rehua yksinään maitotuotos ei silti lisääntynyt.

Maidon rasva- ja valkuaispitoisuudet olivat merkitsevästi ($P \leq 0.01$) pienempiä, ja maidon ureapitoisuudet suurempia ($P < 0.001$) apila- kuin heinäkasviruokinnolla. Rasvapitoisuuden pieneminen oli yhteydessä apilaruokintojen pienempään voihapsuuteen pötsin VFA:sta. Heinäkasvirehujen pienistä raakavaluaitoiteuksista johtuen rehuvaluaitaisen hyväksikäyttö (maidon N/ ruokinnan N) oli merkitsevästi ($P < 0.001$) suurempi heinäkasvi- kuin apilaruokinnolla. Tuotosvasteet olivat samansuuntaisia kuin Tuorin ym. (2002) kokeessa, jossa heinäkasvisäilörehua korvattiin puhtaalla puna-apilalla. Hyvää maitotuotosta apilaruokinnolla tässä kokeessa selitti osaltaan myös se, että plasman vapaiden rasvahappojen pitoisuudet olivat jonkin verran suuremmat ($P < 0.05$) apila- kuin heinäkasviruokinnolla (0,144 vs. 0,106 mmol/l) viitaten runsaampaan kudosvarastojen käyttöön apilaruokinnolla.

Taulukko 2. Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti sekä pötsifermentaatio

	Ha	Hm	Aa	Am	HmAa	SEM	H vs. A	a vs. m	yhd.	Hm, Aa vs. seos
Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti, kg/pv										
Säilörehun ka	13,2	12,0	11,3	12,1	14,0	0,49	o		o	**
Rehujen ka yhteensä	21,2	20,1	18,8	20,2	21,5	0,59	o		o	*
Orgaaninen aine	19,3	18,4	17,2	18,5	19,8	0,54	o		o	*
Raakavaluaitainen	3,05	2,62	3,63	3,52	3,49	0,089	***	*		*
NDF	8,16	8,41	6,56	7,23	8,35	0,537	*			
Pötsifermentaatio, mmol/l tai mmol/mol										
pH	6,40	6,45	6,25	6,51	6,32	0,074		o		
NH ₃	3,92	2,82	7,52	7,45	5,31	0,455	***			
Kokonais-VFA	108	102	120	115	117	2,5	***	*		o
Etikkahappo	634	647	687	687	669	3,6	***	**		
Propionihappo	180	182	159	161	167	3,7	***			
Voihappo	144	134	126	116	127	3,0	***	**		
Pötsisulavuus, g/g										
Orgaaninen aine	0,609	0,591	0,612	0,563	0,590	0,0151		*		
NDF	0,578	0,545	0,567	0,484	0,570	0,0268			o	
Kokonaisulavuus, g/g										
Orgaaninen aine	0,750	0,719	0,762	0,723	0,738	0,0605		***		
NDF	0,621	0,580	0,632	0,547	0,616	0,0239		*		
Pötsisul./kok.sulatus	0,930	0,940	0,895	0,884	0,924	0,0146	*			

Ruokinnalta HmAa puuttuu yksi havainto, ja sen SEM saadaan kertomalla SEM luvulla 1.19.

Taulukko 3. Typen saanti, virtaus satakertaan, sulavuus, sekä mikrobisynteesin tehokkuus

	Ha	Hm	Aa	Am	HmAa	SEM	H vs. A	a vs. m	yhd.	Hm, Aa vs. seos
Typen saanti, g/pv										
	488	419	581	563	559	14,2	***	*		*
Typen virtaus satakertaan, g/pv										
NAN	476	409	531	532	555	28,3	**			o
Mikrobi-N (MN)	335	282	318	345	358	18,1			*	*
Ei-mikrobi-N	145	130	219	191	202	12,0	***			
Typen erityys, g/pv										
Sonta	156	139	156	167	174	6,1	*		*	**
Typen sulavuus, g/g										
Pötsi, näennäinen	0,014	0,017	0,093	0,044	0,006	0,0411				
Pötsi, todellinen	0,705	0,688	0,627	0,658	0,641	0,0190	*			
Koko rs-kanava#	0,681	0,668	0,732	0,703	0,689	0,0058	***	**		
Mikrobisynteesin tehokkuus										
g MN/kg OMTDR	21,8	20,4	22,9	24,2	23,1	0,99	*			

Ruokinnalta HmAa puuttuu yksi havainto, ja sen SEM saadaan kertomalla SEM luvulla 1.19.

NAN=ei-ammoniakkityppi; OMTDR= pötsissä todellisesti sulanut orgaaninen aine: # näennäinen sulavuus

Taulukko 4. Aminohappojen virtaus satakertaan, g/pv

	Ha	Hm	Aa	Am	HmAa	SEM	H vs. A	a vs. m	yhd.	Hm, Aa vs. seos
Arginiini	114	98	141	130	130	8,0	**			
Fenyylialaniini	123	104	154	150	153	8,0	***			o
Histidiini	51	43	61	59	61	3,2	**			o
Isoleusiini	118	98	139	138	142	7,4	**			*
Leusiini	189	158	233	224	227	11,9	***			o
Lysiini	143	123	167	165	164	10,0	**			
Metioniini	60	51	64	60	65	3,9				
Treoniini	119	103	145	137	140	8,3	**			
Valiini	119	96	135	138	144	6,5	***		o	**
Haaraketjuiset AH	427	352	507	500	512	25,3	***			*
Välttämättömät AH	1037	875	1240	1201	1225	65,3	**			o
Ei-välttämättömät AH	1243	1049	1448	1407	1430	76,9	**			
AH, yhteensä	2286	1930	2693	2615	2662	142,0	**			o
AH, g/g kok.RV	0,762	0,749	0,802	0,781	0,761	0,0122	**			

Ruokinnalta HmAa puuttuu yksi havainto, ja sen SEM saadaan kertomalla SEM luvulla 1.19.

AH=aminohapot; RV=raakavalkuainen;

Taulukko 5. Plasman aminohapot, µmol/l

	Ha	Hm	Aa	Am	HmAa	SEM	H vs. A	a vs. m	yhd.	Hm, Aa vs. seos
Arginiini	71	64	88	88	79	9,2	o			
Fenyylialaniini	37	41	59	54	47	3,3	***			
Histidiini	42	46	54	47	52	4,6				
Isoleusiini	109	115	193	159	144	16,6	**			
Leusiini	104	99	228	181	169	14,1	***			
Lysiini	74	76	111	92	91	7,0	**			
Metioniini	17	18	18	15	18	1,1				
Treoniini	98	100	119	126	125	8,1	*			
Tryptofaani	28	18	27	21	27	7,3				
Valiini	204	216	374	287	270	26,9	*			
Haaraketjuiset AH	417	430	795	626	582	52,9	***			
Välttämättömät AH	783	793	1270	1068	1021	71,9	***			
Ei-välttämättömät AH	1083	1019	1087	1069	1131	57,4				
AH, yhteensä	1866	1811	2357	2137	2151	120,5	**			

Ruokinnalta HmAa puuttuu yksi havainto, ja sen SEM saadaan kertomalla SEM luvulla 1.19; AH=aminohapot.

Taulukko 6. Maitotuotos ja maidon koostumus

	Ha	Hm	Aa	Am	HmAa	SEM	H vs. A	a vs. m	yhd.	Hm, Aa vs. seos
Tuotos, kg/pv										
Maito	27,1	25,6	27,7	27,4	27,8	0,94				
EKM#	26,8	25,4	25,5	26,2	26,6	0,79				
Rasva	1093	1034	997	1054	1058	30,5			o	
Valkuainen	874	824	815	828	865	29,0				
Laktoosi	1248	1191	1307	1284	1307	47,4				
Maidon koostumus, g/kg										
Rasva	40,9	41,2	37,4	39,4	38,6	0,76	**			
Valkuainen	32,6	32,6	30,4	30,8	31,5	0,38	***			
Laktoosi	46,1	46,6	47,0	46,7	46,9	0,21	*			
Urea, mg/100 ml	14,3	14,0	36,9	35,7	24,9	1,12	***			
Valk.tuot/RV-saanti	0,285	0,315	0,223	0,237	0,248	0,0077	***	*		o
EKM/kg ka	1,26	1,27	1,34	1,30	1,24	0,026	*			o
EKM/MJ ME	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,002	**			

#Energiakorjattu maitotuotos

Johtopäätökset

Kokeen tulokset viittaavat siihen, että nurmen kasvuasteen vaikutus säilörehun syöntiin ja ravintoaineiden saantiin apilalla ja heinäkasveilla ei ole samanlainen. Apilan kasvuasteen vaikutuksista lehmien tuotosvasteisiin tarvitaan lisätutkimuksia.

Puna-apilan käyttö ruokinnassa lisää lypsylehmien aminohappojen saantia heinäkasvirehuihin verrattuna. Puhdasta puna-apilaa käytettäessä rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus voi kuitenkin nousta tarpeettoman suureksi, jolloin rehuvalkuaisen hyväksikäyttö väistämättä huononee.

Kirjallisuus

- Ahvenjärvi, S., Vanhatalo, A., Huhtanen, P. and Varvikko, T.** 2000. Determination of reticulo-rumen and whole-stomach digestion in lactating cows by omasal canal or duodenal sampling. *Br. J. Nutr.* 83:67-77.
- 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.
- Dewhurst, R. J., Evans, R. T., Scollan, N. D., Moorby, J. M., Merry, R. J. and Wilkins R. J.** 2003. Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 2. In Vivo and In Sacco Evaluations of Rumen Function. *J. Dairy Sci.* 86: 2612-2621.
- Heikkilä, T., Toivonen, V., Mela, T.** 1992. Comparison of red clover-grass silage with grass silage for milk production. In: Proceedings of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation, Lahti, Finland, June 8-11, 1992. p. 388-391.
- Jones, B. A.** 1995. Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *Journal of Science of Food and Agriculture* 67:329-333.
- Korhonen, M., Ahvenjärvi, S., Vanhatalo, A., Huhtanen, P.** 2002a. Supplementing barley or rapeseed meal to dairy cows fed grass-red clover silage. 2. Amino acid profile of microbial fractions. *Journal of Animal Science* 80:2188-2196.
- Korhonen, M., Vanhatalo, A., Huhtanen, P.** 2002b. Effect of protein source on amino acid supply, milk production, and metabolism of plasma nutrients in dairy cows fed grass silage. *Journal of Dairy Science* 85:3336-3351.
- Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S., Rinne, M., Vanhatalo, A.** 2006. Puna-apilasäilörehun solunseinäkuitu on erilaista kuin timotei-nurminatasäilörehun. *Maataloustieteen päivät 2006.*
- Rinne, M.** 2000. Influence of the timing of the harvest of primary grass growth on herbage quality and subsequent digestion and performance in the ruminant animal. *Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisuja* 54: 42 p. + 5 encl. Diss.: Helsinki: Helsingin yliopisto, 2000. (Väitöskirja). <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/rinne/>.
- Thomas, C., Aston, K. & Daley, S.R.** 1985. Milk production from silage 3. A comparison of red clover with grass silage. *Animal Production* 41:23-31.
- Tuori, M. ja Syrjälä-Qvist, L.** 2001. Nurmipalkokasvisäilörehut lypsylehmien ruokinnassa. Nurmipalkokasvien tuotanto ja käyttömahdollisuudet. Professori Liisa Syrjälä-Qvistin juhlaseminaari 1.11.2001. p. 38-47.
- Tuori, M., Syrjälä-Qvist, L. & Jansson, S.** 2002. Puna-apila- ja nurminatasäilörehu eri suhteissa lypsylehmien ruokinnassa. In: Rinne, M. (toim.). *Maataloustieteen Päivät 2002. Kotieläintiede. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 977.* p. 143-146.
- Vanhatalo, A., Heikkilä, T., Gäddnäs, T.** 1995. Puna-apilapitoinen säilörehu lypsylehmien ruokinnassa: vaikutus valkuaisyynteesiin, pötsifermentaatioon ja maidontuotantoon heinäsäilörehuun verrattuna. In: Jokela, M. (toim.). *Kotieläintieteen Päivät 1995. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 888.* p. 190-193.
- Vanhatalo, A., Huhtanen, P., Toivonen, V. & Varvikko, T.** 1999. Response of dairy cows fed grass silage diets to abomasal infusions of histidine alone or in combinations with methionine and lysine. *Journal of Dairy Science* 82: 2674-2685.