

Puna-apilasäilörehun solunseinäkuitu on erilaista kuin timotei-nurminatasäilörehun

Kaisa Kuoppala¹⁾, Seppo Ahvenjärvi¹⁾, Marketta Rinne¹⁾ ja Aila Vanhatalo²⁾

¹⁾MTT Eläinravitseminen, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi, ²⁾Kotieläintieteen laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, aila.vanhatalo@helsinki.fi

Tiivistelmä

Puna-apila on tärkein nurmipalkokasvimme. Se poikkeaa nurmiheinäkasveista sekä kehitysrytmiltään että ruokinnallisilta ominaisuuksiltaan. Tässä tutkimuksessa verrattiin puna-apilasäilörehujen ja timotei-nurminatasäilörehujen solunseinäkuidun (neutraalidetergenttikuitu eli NDF) saantia, sulatusta ja virtauskinetiikkaa lypsylehmillä.

Tutkimuksen säilörehut tehtiin kesällä 2003 ensimmäisestä sadosta kahdella eri kasvuasteella timotei-nurminatakasvustosta ja puhtaasta puna-apilakasvustosta (Jokioinen-lajike). Rehut pyrittiin korjaamaan kasvuasteittain samassa sulavuudessa. 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 fysiologisessa kokeessa. Viidentenä ruokintana oli myöhäisen timotei-nurminatasäilörehun ja aikaisen puna-apilasäilörehun 1:1 seos. Väkirehua kaikki lehmät saivat 9 kg päivässä. Pötsistä alempaan ruoansulatuskanavaan virtaavasta ruokasulasta otettiin näytteet satakertanäytteenottolaitteella. Kuitufraktioiden virtauskinetiikan parametrit määritettiin pötsintyhjennystekniikalla. Sulamatonta kuitua määritettiin 12 vrk:n nailonpussi-inkubaatiolla. Säilörehujen orgaanisen aineen sulavuus ja D-arvo määritettiin päseillä sulavuuskokeessa.

Puna-apilasäilörehut sisälsivät vähemmän solunseinäkuitua kuin heinäkasvisäilörehut, mutta kuidun koostumus oli erilainen. Puna-apilassa oli enemmän sulamatonta kuitua (sulamatonta NDF eli INDF) ja vähemmän sulavaa kuitua (DNDF = NDF-INDF). Korjattaessa säilörehu myöhemmin kuitupitoisuus lisääntyi molemmilla kasvilajeilla, mutta puna-apilassa sulamattoman kuidun lisääntyminen oli nopeampaa. Lehmät söivät eniten puna-apilan ja heinäkasvisäilörehun seosta ja vähiten aikaista puna-apilasäilörehua. Puna-apilasäilörehun sulavan kuidun sulatusnopeus oli suurempi ja sen kokonaisulavuus oli parempi kuin heinäkasvisäilörehun. Kasvuston vanhetessa heinäkasvisäilörehun sulavan kuidun sulatusnopeus pieneni, mutta puna-apilasäilörehulla se lisääntyi. Puna-apilan solunseinän erilainen koostumus tai kuitufraktioiden virtauskinetiikan erot eivät selitä aikaisen puna-apilasäilörehun pienempää syöntiä tai kasvilajien seoksen suurempaa syöntiä heinäkasvisäilörehuihin verrattuna.

Puna-apila- ja timotei-nurminatasäilörehujen syönti, ravintoaineiden saanti ja virtauskinetiikka.

	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 yht.	21,2	20,1	18,8	20,2	21,5	0,59	o		o	*
NDF	8,16	8,41	6,56	7,23	8,35	0,537	*			
INDF	1,26	1,52	1,31	2,23	1,58	0,064	***	***	***	o
DNDF	6,90	6,88	5,26	5,00	6,76	0,505	**			
Pötsin poolikoko, kg										
Kuiva-aine	12,3	13,1	11,1	13,3	13,8	0,46		**		*
NDF	7,58	8,35	6,13	7,90	8,17	0,289	**	**		*
INDF	2,05	2,39	2,95	4,77	3,02	0,154	***	***	***	
DNDF	5,53	5,97	3,17	3,13	5,16	0,221	***			o
DNDF k_d , 1/h	0,0340	0,0302	0,0374	0,0427	0,0350	0,0017	***		*	
INDF k_p , 1/h	0,0221	0,0238	0,0163	0,0158	0,0197	0,0009	***			

k_d = sulatusnopeus, k_p = virtausnopeus

Asiasanat: säilörehu, puna-apila, kuitu, virtauskinetiikka

Johdanto

Puna-apila on tärkein nurmipalkokasvimme. Se poikkeaa nurmiheinäkasveista sekä kehitysrytmiltään että ruokinnallisilta ominaisuuksiltaan. Puna-apilasäilörehussa on tavallisesti enemmän valkuaista ja tuhkaa sekä vähemmän kuitua kuin vastaavassa heinäkasvisäilörehussa. Lypsylehmillä tehdyissä kokeissa on todettu, että lehmät syövät puna-apilapitoista säilörehua runsaammin kuin heinäkasveista tehtyä säilörehua yksinään (Heikkilä ym. 1992, Heikkilä ym. 1996, Vanhatalo ym. 1995). Suuremmasta syönnistä ja energian saannista johtuen maitotuotoskin on ollut usein suurempi. Puna-apila yksinomaaisena säilörehukasvina on parantanut rehun kuiva-aineen hyväksikäyttöä niin, että puhdasta puna-apilasäilörehua lehmät ovat syöneet saman verran ja tuottaneet enemmän maitoa (Tuori ym. 2000, Tuori ym. 2002). Pursiaisen ym. (2006) kokeessa lehmät söivät 1. sadon puna-apilarehuja vähemmän kuin vastaavia heinäkasvisäilörehuja ja tuottivat enemmän.

Sulavuus on tärkeimpiä rehun syöntiin vaikuttavia tekijöitä. Solunsisällysaineet ovat märehäjällä lähes täydellisesti sulavia, joten solunseinäkuidun (NDF) määrä ja laatu ratkaisevat rehun kokonaissulavuuden. NDF ei ole yhtenäinen homogeeninen aine, vaan se koostuu täysin sulamattomasta osasta (INDF) ja sulavasta osasta (DNDF). Sulamaton NDF määritetään inkuboimalla näytettä niin pitkään pötsissä (12 vrk), että siitä on sulanut kaikki sulava materiaali. Sulava NDF on kokonais-NDF:n ja sulamattoman NDF:n erotus ja se kuvaa sitä osaa solunseinäkuidusta, jonka olisi mahdollista sulaa, jos sulatusaika ei rajoittaisi.

Sekä solunseinäkuidun määrä että sulavuus muuttuvat kasvien kehityksen aikana ja kasvilajien välillä on eroja. Syönti ja sulavuus riippuvat siitä, kuinka nopeasti NDF sulaa pötsissä, kuinka nopeasti rehupartikkelit pienenevät ja kuinka nopeasti se poistuu pötsistä. Rehun sulavuuden pieneminen on vaikuttanut selvästi pötsin toimintoihin: kuidun virtausnopeudet kasvoivat, pötsin kuiva-aineen, NDF:n ja INDF:n poolikoot kasvoivat, kun nurmiheinäkasvien kevätsadon sulavuus huononi (Rinne ym. 2002). Heinäkasveihin verrattuna palkokasveilla on todettu suurempi partikkelien hajoamisnopeus pötsissä ja nopeampi virtaus pötsistä eteenpäin. Huolimatta siitä, että palkokasvit sisältävät enemmän täysin sulamatonta ligniiniä, ne samanaikaisesti sulavat nopeammin verrattuna heinäkasveihin (Smith ym. 1972, Wilson ja Kennedy 1996).

Suuri osa ulkomaisesta nurmipalkokasvitutkimuksesta on tehty sinimailasella ja valkoapilalla, jotka Dewhurstin ym. (2003) mukaan poikkeavat puna-apilasta. Kotimaiset kokeet on tehty pääasiassa puna-apilapitoisella säilörehulla eli nurmiheinäkasvien kanssa seoksena viljellystä nurmesta, jossa puna-apilan osuus on vaihdellut 15-75%. Tämän tutkimuksen rehut tehtiin puhtaasta puna-apilakasvustosta kahdella eri kasvuasteella, jotta voitaisiin tutkia nimenomaan puna-apilaa. Puna-apilasäilörehuja verrattiin timotei-nurminatasäilörehuihin sekä puna-apilan ja timotei-nurminadan seokseen. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää puna-apilasäilörehun solunseinäkuidun saantia, sulatusta ja virtauskinetiikkaa lypsylehmillä.

Tutkimus kuuluu MMM:n rahoittaman Luomututkimusohjelman projektiin ”Puna-apila tehokkaasti luomumaidoksi”.

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 normaalisti Suomen salpietarilla (sisältää 26 % N) 350 kg/ha ensimmäiselle sadolle. Puna-apilanurmea ei lannoitettu lainkaan. Kummankin kasvilajin säilörehut korjattiin kahdella kasvuasteella eli aikaisin ja myöhään. Tarkoituksena oli korjata kasvilajit kasvuasteittain samassa sulavuudessa. 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 esikuivattiin karholla n. 3 h (timotei-nurminata) tai n. 7 h (puna-apila), jonka jälkeen rehu korjattiin tarkkuussilppurilla. Tavoitteena oli noin 25 % kuiva-ainepitoisuus. Säilöntäaineena käytettiin AIV2 Plus-liuosta timotei-nurminadalle 5 l/t ja apilalle 6 l/t. Rehut säilöttiin laakasiiloihin tai aumoihin. Säilörehujen korjuualoilta otettiin kasvustonäytteet 0.25 m² kehikolla, joista määritettiin kuiva-ainepitoisuus sekä botaaninen ja morfologinen koostumus.

Fysiologinen koe tehtiin pötsifistelöidyillä lypsylehmillä MTT:n koe-eläintallilla Jokioisissa sisäruokintakaudella 2003-2004. Kokeen alkaessa lehmien poikimisesta oli kulunut keskimäärin 80 päivää (keskihajonta 28,5 pv) ja niiden maitotuotos oli keskimäärin 31,2 kg (keskihajonta 7,70 kg) päivässä. Koemallina oli täydellinen 5×5 latinalainen neliö. Koe tehtiin 2×2 faktoriaalisena kokeena,

jossa tutkittavina tekijöinä olivat kasvilaji (apila vs. heinäkasvi) ja kasvuaste (aikainen vs. myöhäinen). Lisäksi yhtenä käsittelynä oli kasvilajien seos (Hm ja Aa, 1:1 kuiva-aineena). Säilörehua annettiin lehmille vapaasti ja väkirehua 9 kg/pv. Koejaksolla säilörehua annettiin 95 % edellisen viikon vapaasta syönnistä syöntimäärien vaihtelun pienentämiseksi. Säilörehu ja väkirehu jaettiin lehmille neljä kertaa päivässä klo 6, 9, 18 sekä 20 ja syöntiaika oli 24 tuntia vuorokaudessa. Väkihuseos sisälsi ohraa 40,5 %, kauraa 40 %, rypsipuristetta 16 % ja kivennäistä 3,5 %. Väkihuseos ja määrä olivat luomusäännösten mukaisia. Koska apilasäilörehussa oli kalsiumia runsaasti enemmän kuin timotei-nurminatasäilörehussa, väkihuseos sisälsi mahdollisimman vähän kalsiumia. Kivennäisten saantia tasattiin antamalla timotei-nurminatasäilörehua saaville lehmille runsaasti kalsiumia sisältävää kivennäistä (Onni, Melica Finland) 250 g/pv ja ruokintakalkkia 100 g/pv. Puna-apilasäilörehua syöville annettiin Viher-Hertta Mineraa (Suomen Rehu) 100 g ja säilörehujen seosta syöville 150 g päivässä.

Taulukko 1. Säilörehujen ja väkihuseon kemiallinen koostumus ja säilörehujen käymislaatu.

	Ha	Hm	Aa	Am	Väki- rehu
Korjuupäivä v. 2003	17.6.	26.6.	2.7.	16.7.	
Raaka-aineen kuiva-aine, g/kg	240	239	159	167	
Lehdet, g/kg ka	401	259	404	274	
Varret, g/kg ka	548	603	596	713	
Tähkät/kukat, g/kg ka	51	138	0	13	
Kuiva-aine, g/kg	249	257	214	212	890
Kuiva-aineessa, g/kg ka:					
Tuhka	86	75	102	93	54
Raakavalkuainen	134	111	212	181	167
NDF	500	570	375	463	205
INDF	57	84	70	138	70
Ligniini	22	29	33	58	
Solunsisällysaineet ¹⁾	414	355	523	444	741
Muurahaishappo	12,1	13,5	16,9	17,8	
Etikkahappo	22,9	19,8	17,7	16,2	
Propionihappo	0,13	0,11	0,15	0,12	
Voihappo	0,34	0,14	0,34	0,49	
Maitohappo	61,7	55,9	50,1	38,2	
Sokerit	61,3	30,7	16,5	19,9	
g/kg kokonais-N					
Ammonium-N	44	44	25	32	
Liukoinen N	561	536	277	288	
pH	4,04	3,97	4,15	4,10	
Solunseinän koostumus, g/kg					
INDF / NDF	114	147	187	298	
Ligniini / NDF	44	51	88	125	
Ligniini / INDF	386	345	471	420	
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⁾ Solunsisällysaineet = Orgaaninen aine - NDF; ²⁾ määritetty *in vivo* päseillä

Ravintoaineiden virtaus pötsistä määritettiin kolmoismerkkiaimenemenetelmällä. Merkkiaineina olivat Cr-EDTA (nesteosa), Yb (pienet partikkelit) ja INDF (suuret partikkelit). Ruokasulanäytteet otettiin satakerrasta satakertanäytteenottolaitteella (Ahvenjärvi ym. 2000). Virtauskinetiikan parametrit määritettiin pötsintyhjennystekniikalla (Robinson ym. 1987). Pötsintyhjennys tehtiin joka jaksolla

kahtena päivänä, toisena ennen aamuruokintaa ja toisena 6 tuntia aamuruokinnan jälkeen. Molempien tyhjennysten keskiarvoa käytettiin kuvaamaan pötsin keskimääräistä poolikokoa. Dieetin ravintoaineiden kokonaissulavuus määritettiin 4 vuorokauden sonnan kokonaiskeruulla. Sulamatonta kuitua (INDF) määritettiin inkuboimalla näytteitä 12 vuorokautta nailonpusseissa (huokoskoko 17 µm) karkearehuvaltaisella ruokinnalla olevilla lypsylehmillä (Ahvenjärvi ym. 2001). DNDF laskettiin erotuksena NDF-INDF.

Rehu- ym. näytteet analysoitiin MTT Eläinravitsemuksen laboratoriossa standardimenetelmin. Säilörehujen orgaanisen aineen sulavuus määritettiin päseillä sonnan kokonaiskeruumenetelmällä sulavuuskokeessa. Tulokset analysoitiin tilastollisesti SAS MIXED proseduurilla. Mallissa olivat mukana eläin, jakso ja ruokinta. Ruokinnan vaikutus jaettiin ortogonaalisin kontrastein kasvilajin (H vs. A) sekä kasvuasteen (a vs. m) vaikutuksiin, näiden yhdysvaikutukseen (yhd.) sekä seoksen ja sen komponenttien eroihin (Hm,Aa vs. seos).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kaikki säilörehut olivat säilönnälliseltä laadultaan hyviä (keskimääräinen pH 4,07 ja ammoniumtypen osuus kokonaistypestä 36 g/kg) (taulukko 1). Puna-apilasäilörehut olivat säilöittäessä märempiä kuin heinäkasvisäilörehut ja puristenestettä erittyi runsaasti. Säilörehujen kuiva-ainepitoisuuksien ero oli siten pienempi kuin raaka-aineiden. Puna-apilasäilörehut sisälsivät enemmän raakavalkuaista kuin heinäkasvisäilörehut (keskimäärin 197 vs. 123 g/kg ka) samoin kuin solunsisällysaineita (483 vs. 385 g/kg ka). Ammoniumtypen ja liukoisen typen osuus säilörehun kokonaistypestä oli puna-apilasäilörehuissa pienempi kuin heinäkasvisäilörehuissa. Säilörehujen korjuutavoite (sama sulavuus samalla korjuuasteella) toteutui melko hyvin: aikaisen puna-apilasäilörehun orgaanisen aineen sulavuus oli vain 19 g/kg pienempi kuin aikaisen heinäkasvisäilörehun. Myöhäisellä kasvuasteella korjatuissa rehuissa ero kasvilajien välillä oli suurempi.

Puna-apilasäilörehut sisälsivät huomattavasti vähemmän solunseinäkuitua kuin heinäkasvisäilörehut, mutta sen koostumus oli erilainen. Puna-apilassa oli enemmän sulamatonta kuitua ja siten vähemmän sulavaa kuitua. Tulokset vastaavat hyvin aikaisempien kokeiden tuloksia (mm. Kelly ja Sinclair 1989, Bertilsson ja Murphy 2003). INDF:n osuus NDF:stä oli tässä aineistossa puna-apiloilla ja heinäkasveilla keskimäärin 243 ja 131 g/kg. Oltin ym. (2005) palkokasviaineistossa vastaava luku oli 328 g/kg, Pursiaisen ym. (2006) puna-apilakokeen säilörehuissa 466 g/kg ja Nousiaisen ym. (2004) heinäkasvisäilörehujen aineistossa 157 g/kg. Myös ligniinin osuus NDF:stä oli puna-apilassa suurempi kuin heinäkasveissa (107 vs 48 g/kg). INDF sisältää ligniinin, mutta se soveltuu huomattavasti paremmin kuvaamaan rehun sulavuutta märehitjällä kuin ligniinimääritys (Nousiainen ym. 2003). Korjattaessa säilörehu myöhemmin NDF- ja INDF-pitoisuudet lisääntyivät molemmilla kasvilajeilla, mutta puna-apilassa NDF-pitoisuus lisääntyi päivässä hieman hitaammin (6,3 vs. 7,7 g/pv) ja INDF-pitoisuus nopeammin (4,9 vs. 3,0 g/pv) kuin heinäkasveissa.

Taulukko 2. Rehujen syönti, ravintoaineiden saanti ja pötsifermentaatio.

	Ha	Hm	Aa	Am	HmAa	SEM ¹⁾	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	*
Raakavalkuaisten	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	*			
INDF	1,26	1,52	1,31	2,23	1,58	0,064	***	***	***	o
DNDF	6,90	6,88	5,26	5,00	6,76	0,505	**			
ME, MJ/pv	244	224	212	216	241	6,7	*			*
OIV, kg/pv	1,95	1,79	1,83	1,86	2,00	0,054				*
Pötsifermentaatio										
pH	6,40	6,45	6,25	6,51	6,32	0,074		o		
NH ₃ , mmol/l	3,92	2,82	7,52	7,45	5,31	0,455	***			
Kokonais-VFA, mmol/l	108	102	120	115	117	2,5	***	*		o

¹⁾Ruokinnalta HmAa puuttuu yksi havainto, joten sen SEM saadaan kertomalla SEM luvulla 1.19.

Lehmät söivät eniten puna-apila-heinäkasvisäilörehujen seosta ja vähiten aikaista puna-apilasäilörehua (Taulukko 2). Puna-apilasäilörehujen syönti näytti olevan pienempää kuin heinäkasvisäilörehujen, mutta erot kasvilajien välillä olivat kuitenkin suuresta hajonnasta johtuen vain suuntaa antavia ($P < 0,10$). Seoksen ja puhtaiden kasvilajien välinen ero oli merkitsevä ($P < 0,01$). Tulos vastaa hyvin aikaisempien kokeiden tuloksia, joissa lehmät ovat syöneet puna-apilapitoista (säilörehu tehty seoksena kasvaneesta nurmesta) säilörehua runsaammin kuin heinäkasveista tehtyä säilörehua yksinään (Heikkilä ym. 1992, Heikkilä ym. 1996, Vanhatalo ym. 1995). Puhdasta puna-apilasäilörehua lehmät ovat syöneet kokeissa vähemmän (Pursiainen ym. 2006) tai saman verran (Tuori ym. 2000, Tuori ym. 2002) kuin heinäkasvisäilörehua. Dewhurstin ym. (2003) kokeessa lehmät söivät enemmän puhdasta puna-apilasäilörehua kuin paremmin sulavaa heinäkasvisäilörehua tai kasvilajien seosta.

Heinäkasviruokkinnoilla lehmät ovat syöneet aikaisella kasvuasteella korjattua säilörehua enemmän kuin myöhemmin korjattua (mm. Rinne 2000), mikä havaittiin myös tässä kokeessa heinäkasviruokkinnoilla. Puna-apilasäilörehuruokkinnoilla kävi kuitenkin päinvastoin: myöhäistä puna-apilasäilörehua lehmät söivät enemmän kuin aikaista ($P < 0,010$). Samoin kävi myös 2. sadon puna-apilasäilörehuja syötettäessä lypsylehmien tuotantokokeessa (Pursiainen ym. 2006). Hyvin sulavan, nuorella kasvuasteella korjatun puna-apilasäilörehun syöntiä ei rajoittanut ainakaan säilörehun käymislaatu, sillä syönti-indeksi oli tällä rehulla korkein.

Lehmät saivat raakavalkuaista apilasäilörehuista enemmän kuin heinäkasvisäilörehuista. Apilaruokinnalla olleet lehmät saivat NDF:a vähemmän ($P < 0,05$), mutta INDF:a enemmän ($P < 0,001$) kuin heinäkasviruokkinnoilla. Lehmät saivat muuntokelpoista energiaa (ME) apilaruokkinnoilla vähemmän kuin heinäkasviruokkinnoilla ja kasvilajien seoksesta enemmän kuin kummastakaan rehusta yksinään ($P < 0,05$). Puna-apilaruokkinnoilla oli pötsin ammoniakkin ja haihtuvien rasvahappojen kokonaispitoisuus suurempi kuin heinäkasviruokkinnoilla ($P < 0,001$). Lehmien maitotuotoksissa ei ollut merkitsevää eroa kasvilajien välillä (Vanhatalo ym. 2006).

Taulukko 3. Pötsin poolikoko ja kuidun sulatus- ja virtausnopeus.

	Ha	Hm	Aa	Am	HmAa	SEM	H vs. A	a vs. m	yhd.	Hm, Aa vs. seos
Pötsin poolikoko, kg										
Kuiva-aine	12,3	13,1	11,1	13,3	13,8	0,46		**		*
Orgaaninen aine	11,1	11,9	10,0	12,0	12,6	0,43		**		*
Raakavalkuainen	2,20	2,10	2,80	2,70	2,80	0,097	***			*
NDF	7,58	8,35	6,13	7,90	8,17	0,289	**	**		*
INDF	2,05	2,39	2,95	4,77	3,02	0,154	***	***	***	
DNDF	5,53	5,97	3,17	3,13	5,16	0,221	***			o
DNDF k_d , 1/h	0,0340	0,0302	0,0374	0,0427	0,0350	0,0017	***		*	
INDF k_p , 1/h	0,0221	0,0238	0,0163	0,0158	0,0197	0,0009	***			

k_d = sulatusnopeus; k_p = virtausnopeus

Puna-apilasäilörehua saaneiden lehmien pötsissä oli keskimäärin vähemmän NDF:a ($P < 0,05$) ja DNDF:a ($P < 0,001$) ja enemmän INDF:a ($P < 0,001$) kuin heinäkasviruokkinnoilla (Taulukko 3). Kuiva-aineen ja orgaanisen aineen poolikoossa ei ollut kasvilajien välillä merkitsevää eroa, sen sijaan raakavalkuaista oli apilaruokkinnoilla merkitsevästi enemmän ($P < 0,001$). Myöhemmällä kasvuasteella korjattuja rehuja syöneiden lehmien kuiva-aineen, orgaanisen aineen, NDF:n ja INDF:n poolikoot olivat suurempia verrattuna aikaiseen kasvuasteeseen molemmilla kasvilajeilla. NDF:n poolikoon perusteella voidaan todeta, että aikaisen puna-apilasäilörehun syöntiä ei rajoittanut ainakaan pötsin täyteisyys, sillä NDF:n poolikoko oli pienin aikaista puna-apilasäilörehua syöneillä lehmillä (2.2 kg pienempi kuin myöhäisellä heinäkasvisäilörehulla) eikä INDF-poolikaan ollut suurin.

Puna-apilasäilörehujen DNDF:n sulatusnopeus (k_d) oli suurempi kuin heinäkasvisäilörehujen ($P < 0,001$). Myös Rinteen ja Nykäsen (2000) kokeessa puna-apilan *in vitro* kaasuntuotantomenetelmällä saatu sulatusnopeus oli suurempi kuin timotein ja varsien sulatusnopeudessa ero kasvilajien välillä oli suurempi kuin lehtien. Kasvuston vanhetessa heinäkasvisäilörehun DNDF:n sulatusnopeus hidastui, mutta puna-apilasäilörehun DNDF:n sulatusnopeus lisääntyi ($P < 0,05$). Rinteen ja

Nykäsen (2000) kokeessa timotein sulatusnopeus hidastui kasvuasteen vanhetessa ja puna-apilan pysyi samana. Puna-apilaruokintojen suurempi sulatusnopeus on johtanut myös suurempaan DNDF:n kokonaissulavuuteen ($P < 0,05$, Taulukko 4). NDF:n kokonaissulavuudessa ei ollut kasvilajien välillä merkitsevää eroa, vaikka lukuarvot olivat korkeampia heinäkasviruokinnolla. Myöhemmällä kasvuasteella kummallakin kasvilajilla NDF:n kokonaissulavuus oli huonompi ($P < 0,01$) kuin aikaisella.

Taulukko 4. Koko dieetin ravintoaineiden kokonaissulavuudet.

	Ha	Hm	Aa	Am	HmAa	SEM	H vs. A	a vs. m	yhd. Hm, Aa vs. seos
Orgaaninen aine	750	719	762	723	738	6,05		***	
Raakavalkuainen	681	668	732	703	689	5,75	***	**	
NDF	621	580	602	547	609	14,4		**	
DNDF	705	680	740	728	726	15,3	*		
Solunsisällysaineet	844	835	843	835	827	4,35		o	o

Johtopäätökset

Puna-apilan solunseinäkuitu oli erilaista kuin timotei-nurminadan ja kasvilajien väliset erot vaikuttivat selvästi kuidun sulatukseen ja virtauskinetiikkaan. Puna-apila sisälsi vähemmän solunseinäkuitua, mutta kuidun koostumus oli erilainen. Siinä oli enemmän sulamatonta kuitua ja siten vähemmän sulavaa kuitua. Sulavan kuidun sulatusnopeus ja kokonaissulavuus olivat kuitenkin puna-apilasäilörehuilla suuremmat kuin heinäkasvisäilörehuilla. Tästä ja solunsisällysaineiden suuremmasta määrästä johtuen dieettien NDF:n ja orgaanisen aineen kokonaissulavuuksissa ei ollut kasvilajien välillä eroa.

Korjattaessa säilörehu myöhemmin NDF:n ja orgaanisen aineen sulavuudet huononivat molemmilla kasvilajeilla. Puna-apilassa INDF:n lisääntyminen vaikutti eniten NDF:n sulavuuden pieneneeseen kasvuasteen vanhetessa, mikä korostaa INDF:n määrittämisen keskeistä merkitystä solunseinä-aineen sulavuuden kuvaajana.

Puna-apilan solunseinän erilainen koostumus tai kuitufraktioiden virtauskinetiikan erot eivät selitä aikaisen puna-apilasäilörehun pienempää syöntiä, kasvuasteen erilaista vaikutusta puna-apilaruokinnolla tai kasvilajien seoksen suurempaa syöntiä puhtaisiin kasvilajeihin verrattuna. Myöskään säilörehujen käymislaatu ei selitä syönnissä havaittuja eroja. Mahdollisesti apilan runsas pötsikäyminen ja nopea ravintoaineiden vapautuminen vaikuttivat säilörehujen syöntiin.

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.
- Ahvenjärvi, S., Skiba, B., Huhtanen, P.** 2001. Effect of heterogeneous digesta chemical composition on the accuracy of measurements of fiber flow in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 79: 1611-1620.
- 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.
- Huhtanen, P., Kaustell, K. and Jaakkola, S.** 1994. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:211-227.
- Huhtanen, P., Ahvenjärvi, S., Weisbjerg, M.R. and Nørgaard, P.** 2004. Digestion and passage of cell wall carbohydrates. The X International Symposium on Ruminant Physiology, 30.8.- 4.9.2004 Copenhagen, Denmark. in press.
- Heikkilä, T., Toivonen, V., Mela, T.** 1996. Effects of red clover-grass, grass and annual ryegrass silages with two concentrate protein levels on milk production. In: Edited by G. Parente, J. Frame and S. Orsi. *Grassland and Land Use Systems. Proceedings of the 16th General Meeting of the European Grassland Federation, Grado (Gorizia), Italy, September 15-19, 1996.* Gorizia: Organizing Committee of the 16th General Meeting of the Euro-

pean Grassland Federation. ERSA, Ente Regionale per la Promozione e lo Sviluppo dell'Agricoltura Via Montesanto. p. 447-450.

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.

Nousiainen, J., Rinne, M., Hellämäki, M., Huhtanen, P. 2003. Prediction of the digestibility of primary growth and regrowth grass silages from chemical composition, pepsin-cellulase solubility and indigestible cell wall content. *Animal Feed Science and Technology* 110, 1-4: 61-74.

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 Feed Science and Technology* 115, 3-4: 295-311.

Olt, A., Rinne, M., Nousiainen, J., Tuori, M., Paul, C., Fraser, M.D., Huhtanen, P. 2005. Estimation of legume silage digestibility with various laboratory methods. In: edited by: R.S. Park, M.D. Stronge. Silage production and utilisation : proceedings of the XIVth international silage conference, a satellite workshop of the XXth international grassland congress, July 2005, Belfast, Northern Ireland. Wageningen: Wageningen Academic Publishers . p. 267.

Pursiainen, P., Tuori, M., Kuoppala, K., Rinne, M., Huhtanen, P. ja Vanhatalo, A. 2006. Puna-apilasäilörehun korjuuajan vaikutus maidontuotantoon. Maataloustieteen päivät 2006.

Rinne, M., Nykänen, A. 2000. Timing of primary growth harvest affects the yield and nutritive value of timothy-red clover mixtures. *Agricultural and Food Science in Finland* 9, 2: 121-134.

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 julkaisu- ja 54: 42 p. + 5 encl. Diss.: Helsinki: Helsingin yliopisto, 2000. (Väitöskirja). <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/rinne/>.

Robinson, P.H., Tamminga, S. and Vuuren, A.M. Van 1987. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on milk production and whole tract digestibility in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 17: 19-35.

Tuori, M., Villikka, U., Huuskonen, A. & Syrjälä-Qvist, L. 2000. Puna-apila- ja vuohenhernesäilörehut puhtaana sekä nurmisäilörehun kanssa seoksena lypsylehmien ruokinnassa. In: Rinne, M. (toim.). Maataloustieteen Päivät 2000. Kotieläintiede. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 952. p. 134-137.

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. Microbial protein synthesis in dairy cows fed grass silage or red clover-grass silage. In: VII Symposium on Protein Metabolism and Nutrition : Abstracts, 24-27 May 1995, Estacao Zootechnica Nacional, Portugal. p. 88.

Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. ja Rinne, M. 2006 Kasvuasteen vaikutus lypsylehmien ravinto-aineiden saantiin puna-apila- ja heinäkasvisäilörehuja ruokittaessa. Maataloustieteen Päivät 2006.

Wilson, J.R. ja Kennedy, P.M. 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Aust. J. Agric. Res.* 47:199-225.