

## Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maissisäilörehulla lypsylehmien ruokinnassa

Tuomo Kokkonen<sup>1</sup>, Seija Jaakkola<sup>1</sup>, Anni Halmemies-Beauchet-Filleau<sup>1</sup>, Siru Salin<sup>1</sup>, Aino Pietikäinen<sup>1</sup>,  
Paula Rissanen<sup>1</sup>, Kaisa Kuoppala<sup>2</sup> ja Aila Vanhatalo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden osasto, 00014 Helsinki

<sup>2</sup> Luonnonvarakeskus, 31600 Jokioinen

e-mail: [tuomo.kokkonen@helsinki.fi](mailto:tuomo.kokkonen@helsinki.fi)

Suomessa karkearehujen tuotanto perustuu kasvuolosuhteiden vuoksi nurmikasveihin, joita käytetään lypsylehmien ruokinnassa lähinnä säilörehuna. Maissin viljely säilörehuksi on viime vuosina lisääntynyt, mutta viljelypinta-ala on vielä hyvin pieni nurmeen verrattuna. Maissin etuna nurmeen nähden on suuri kuiva-ainesato yhdellä korjuukerralla. Maissisäilörehu voi myös vähentää metaanin muodostumista lypsylehmien pötsikäymisessä. Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa Tulevaisuuden kestävätkarkearehuvallinnat –hankkeessa tehtiin kaksi koetta, joissa tutkittiin nurmisäilörehun korvaamista maissisäilörehulla käytettäessä osittaista seosrehuruokintaa. Ensimmäisessä kokeessa tutkittiin karkearehun vaikutusta rehun syöntiin, maitotuotokseen ja dieetin sulavuuteen. Kokeeseen otettiin 9 useamman kerran poikunutta ay-lehmää, joiden poikimisesta oli keskimäärin 69 päivää. Koemallina käytettiin toistettuja 3 × 3 latinalaisia neliöitä. Säilörehuina olivat 1. sadon timotei-nurminatarehu (kuiva-aine 316 g kg<sup>-1</sup>, D-arvo 652 g kg<sup>-1</sup> ka) ja seokset, joissa 25 % tai 50 % nurmisäilörehun kuiva-aineesta korvattiin maissisäilörehulla (kuiva-aine 359 g kg<sup>-1</sup>, D-arvo 679 g kg<sup>-1</sup> ka, tärkkelys 278 g kg<sup>-1</sup> ka). Toisessa kokeessa tutkittiin maidon ja metaanin tuotantoa lypsyrobottipihatossa. Jaksokokeen (4 vk/jakso) 10 lehmää (aika poikimisesta keskimäärin 107 päivää) siirtyivät ruokinnalta toiselle samassa järjestyksessä. Jaksoilla 1 ja 3 karkearehuna oli seos, jossa 1. sadon nurmisäilörehun kuiva-aineesta korvattiin 50 % maissisäilörehulla ja jaksolla 2 karkearehuna oli pelkkä nurmisäilörehu. Kokeessa käytetyt karkearehut olivat vastaavia kuin ensimmäisessä kokeessa. Molemmissa kokeissa seosrehun karkearehu-väkirehu-suhde oli 65:35 kuiva-aineessa. Seosrehun väkirehu sisälsi kauraa, ohraa, härkäpapua, hernettä ja melassileikettä. Seosrehun lisäksi lehmät saivat kaupallista täysrehua ensimmäisessä kokeessa 6.1 kg ka pv<sup>-1</sup> ja toisessa kokeessa keskimäärin 6,6 kg ka pv<sup>-1</sup>. Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maissisäilörehulla lisäsi kuiva-aineen syöntiä molemmissa kokeissa. Samalla tärkkelyksen saanti lisääntyi sekä raakavalkuaisen ja NDF:n saanti vähentyi. Ensimmäisessä kokeessa nurmisäilörehun korvaaminen maissisäilörehulla huononsi dieetin orgaanisen aineen, NDF:n ja raakavalkuaisen sulavuutta, mutta lisäsi maidon rasvapitoisuutta, rasvatuotosta ja energiakorjattua maitotuotosta. Toisessa kokeessa eroja maitotuotoksessa tai maidon koostumuksessa ei havaittu. Nurmisäilörehun korvaaminen maissisäilörehulla vähensi maidon ureapitoisuutta ja paransi typen hyväksikäyttöä. Maissisäilörehun lisäämisellä ruokintaan ei ollut vaikutusta metaanin tuotantoon (g pv<sup>-1</sup> tai g kg<sup>-1</sup> EKM). Tulosten perusteella sulavuudeltaan keskinkertaisen nurmisäilörehun osittainen korvaaminen runsaasti tärkkelystä sisältävällä maissisäilörehulla voi lisätä rehun syöntiä ja maitotuotosta, mutta heikentää dieetin sulavuutta. Maissisäilörehun pienen valkuaispitoisuuden ansiosta myös typen hyväksikäyttö tehostuu.

*Avainsanat:* nurmi, maissi, maito, metaani

### Johdanto

Lypsylehmien karkearehuruokinta on Suomessa viime vuosikymmenien aikana perustunut nurmisäilörehuun. Monissa muissa maissa yleisesti käytetyn maissin viljelyä ei meillä ole pidetty mahdollisena lyhyen kasvukauden ja riittämättömän lämpösumman takia. Maissin viljely säilörehuksi on kuitenkin viime vuosina lisääntynyt, uusien, aikaisten lajikkeiden, viljelymenetelmien kehityksen ja ilmastonmuutoksen myötä. Nurmikasveihin verrattuna rehumaisiin viljelypinta-ala on edelleen hyvin pieni. Maissin etuna nurmeen nähden on suuri kuiva-ainesato yhdellä korjuukerralla. Maissisäilörehu voi myös vähentää metaanin muodostumista lypsylehmien pötsikäymisessä.

Lyhyen kasvukauden takia rehumaisi ei pohjoisissa oloissa usein ehdi riittävästi kehittyä (Mussadiq ym. 2012). Riittävän pitkä kasvukausi on edellytys sille, että tärkkelystä ehtii kertyä maissin tähkiin. Seleiman ym. (2017) havaitsivat Helsingissä, Viikin tutkimustilalla tehdyissä kokeissa, että rehumaisikasvuston tärkkelyspitoisuus kaksinkertaistui kasvukauden pidentyessä 120 päivästä 150 päivään. Kasvukauden pidentyessä rehumaisiin kuiva-ainepitoisuus yleensä lisääntyy, mikä kuvastaa maissin kasvuastetta. Kuiva-ainepitoisuuden muutos riippuu kuitenkin kasvupaikasta, kasvuolosuhteista ja lajikkeesta, eikä siten ole yksinään luotettava kasvuston valmistumisen indikaattori (Mussadiq ym. 2012, Seleiman ym. 2017).

Maissisäilörehua käytetään yleensä korvaamaan osittain nurmisäilörehua. Maissisäilörehun vaikutus lypsylehmien rehun syöntiin ja maitotuotokseen riippuu maissisäilörehun osuudesta ruokinnassa sekä sen ja korvattavan nurmisäilörehun koostumuksesta ja rehuarvosta. Keadyn ym. (2008) tutkimuksessa maissisäilörehun lisääminen ruokintaan paransi rehun syöntiä enemmän silloin, kun nurmisäilörehun sulavuus oli heikko. Khanin ym. (2015) meta-analyysin mukaan maissisäilörehun positiivinen vaikutus rehun syöntiin, maitotuotokseen ja maidon valkuaispitoisuuteen on suurimmillaan, kun maissisäilörehun kuiva-ainepitoisuus on 300–350 g/kg. Jos maissin tähkät eivät ehdi kehittyä riittävästi, maissisäilörehun tärkkelys/NDF-suhde jää alhaiseksi, mikä heikentää maissisäilörehun sulavuutta, rehun syöntiä ja maitotuotosvastetta (Khan ym. (2015).

Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maissisäilörehulla voi vähentää metaanin muodostumista lypsylehmien pötsikäymisessä ja siten maidontuotannon kasvihuonekaasupäästöjä (Dewhurst 2013). Maissisäilörehun lisääminen lisää ruokinnan tärkkelyspitoisuutta ja vähentää kuitupitoisuutta, mikä voi lisätä propionihapon osuutta pötsissä muodostuvista haihtuvista rasvahapoista.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää nurmisäilörehun osittaisen korvaamisen vaikutusta lypsylehmien rehun syöntiin, rehuannoksen sulavuuteen, maitotuotokseen ja maidon koostumukseen sekä metaanin tuotantoon.

## Materiaalit ja menetelmät

Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa Tulevaisuuden kestävä karkearehuvalinnat –hankkeessa tehtiin kaksi koetta, joissa tutkittiin nurmisäilörehun korvaamista maissisäilörehulla käytettäessä osittaista seosrehuruokintaa. Ensimmäisessä kokeessa tutkittiin karkearehun vaikutusta rehun syöntiin, maitotuotokseen ja dieetin sulavuuteen. Kokeeseen otettiin 9 useamman kerran poikinutta ay-lehmää, joiden poikimisesta oli keskimäärin 69 päivää. Lehmät olivat kokeen ajan parteen kytkettyinä. Koemallina käytettiin toistettuja 3 x 3 latinalaisia neliöitä. Kokeessa oli kolme jaksoa. Jakson pituus oli kolme viikkoa, joista kaksi ensimmäistä oli totutuskautta. Mittaukset tehtiin ja näytteet kerättiin kunkin jakson kolmannella viikolla. Tutkittavina säilörehuina olivat 1. sadon timotei-nurminatarehu ja seokset, joissa 25 % tai 50 % nurmisäilörehun kuiva-aineesta korvattiin maissisäilörehulla.

Toisessa kokeessa tutkittiin maidon ja metaanin tuotantoa lypsyrobottipihatossa. Kokeessa oli mukana 10 lehmää (aika poikimisesta keskimäärin 107 päivää). Lehmät siirtyivät kokeessa ruokinnalta toiselle samanaikaisesti. Jaksoilla 1 ja 3 karkearehuna oli seos, jossa 1. sadon nurmisäilörehun kuiva-aineesta korvattiin 50 % maissisäilörehulla ja jaksolla 2 karkearehuna oli pelkkä nurmisäilörehu. Kokeessa käytetyt karkearehut olivat vastaavia kuin ensimmäisessä kokeessa. Jakson pituus on neljä viikkoa. Mittaukset tehtiin ja näytteet kerättiin kunkin jakson viimeisellä viikolla.

Kokeissa käytetyt säilörehut korjattiin Viikin tutkimustilan pelloilta. Nurmisäilörehu korjattiin 11.-12.6.2019. Kokeen aikana käytettiin sekä laakasiiloon säilöttyä ja noukinvaunulla korjattua, että pyöräpaaleihin säilöttyä nurmisäilörehua. Säilöntäaineena (5 l/tonni rehua) oli AIV2 Plus Na (Taminco Finland Oy, Eastman Chemical Company, Oulu, Suomi). Maissi (lajike Pioneer P7326) kylvettiin 9.5.2019 kalvon alle. Sato korjattiin säilörehuksi 7.10.2019 Claas Jaguar 950 ajosilppurilla (Claas KGaA GmbH, Harsewinkel, Saksa). Maissin kasvuaika oli 151 päivää. Maissisäilörehu säilöttiin laakasiiloon, käyttäen säilöntäaineena (4 l/tonni rehua) Kofasil Ultra K:ta (Addcon GmbH, Bitterfeldg-Wolfen, Saksa). Rehujen koostumus on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Seosrehun syönti oli vapaa molemmissa kokeissa. Seosrehun syönti mitattiin automaattisella rehunkulutuksen seurantajärjestelmällä (RIC, Roughage Intake Control, Insentec, Marknesse, Alankomaat). Seosrehua jaettiin kolme kertaa päivässä.

Molemmissa kokeissa seosrehun karkearehu-väkirehu -suhde oli 65:35 kuiva-aineessa. Seosrehun väkirehu sisälsi ohraa (51 % väkirehuseoksen kuiva-aineesta), kauraa (15 %), härkäpapua (20 %), hernettä (5 %), melassileikettä (5 %), kivennäistä (3 %) ja propyleeniglykolia (1 %). Seosrehun lisäksi lehmät saivat kaupallista täydennysrehua (Hankkija Oy, Hyvinkää, Suomi) ensimmäisessä kokeessa 6.1 kg ka/pv ja toisessa kokeessa keskimäärin 6.6 kg ka/pv. Täydennysrehu jaettiin ensimmäisessä kokeessa kolme kertaa päivässä. Toisessa kokeessa lehmät saivat täydennysrehun lypsyt yhteydessä.

Lehmät lypsettiin ensimmäisessä kokeessa kaksi kertaa päivässä putkilypsykoneella (Delaval, Tumba, Ruotsi) alkaen klo 6 ja klo 17. Maitotuotos mitattiin jokaiselta lypsykerralta Tru-Test -maitomittarilla (WB Auto Sampler, Tru-Test, Auckland, Uusi-Seelanti). Maitonäytteitä kerättiin jokaisen jakson viimeisellä viikolla neljältä peräkkäiseltä lypsykerralta.

Taulukko 1. Rehujen kemiallinen koostumus kokeessa 1

	Nurmisäilörehu	Maissisäilörehu	Tilaseos	Täydennysväkirehu
Kuiva-aine, g kg <sup>-1</sup>	316	359	864	873
Kuiva-aineessa, g kg <sup>-1</sup>				
Raakavalkuainen	131	78.9	173	222
Tärkkelys	1.7	278	411	210
Tuhkaton NDF <sup>1</sup>	586	400	159	224
SSHH <sup>2</sup>	179	464	588	436
Kokonaisrasva	21.5	18.0	24.6	44.1
Tuhka	83.1	39.5	56.4	73.4
pH	4.43	4.37		
Sokeri	61.4	74.7		
Maitohappo	41.1	30.0		
Etikkahappo	10.7	13.1		
Propionihappo	1.64	0.61		
Voihappo	0.38	0.00		
Etanoli	2.39	3.38		
Ammoniumtyppi, g kg <sup>-1</sup> N	77.9	86.8		
D-arvo <sup>3</sup> , g kg <sup>-1</sup> ka	652	679		
ME <sup>4</sup> , MJ kg <sup>-1</sup> ka	10.4	10.5	12.6	12.6 <sup>5</sup>
OIV <sup>6</sup> , g kg <sup>-1</sup> ka	77.3	77.2	97.9	1245
PVT <sup>7</sup> , g kg <sup>-1</sup> ka	14.8	-37.7	11.9	53.05

<sup>1</sup> NDF = neutraalidetergenttikuitu; <sup>2</sup> SSHH = solunsisällyshiihihydraatit; <sup>3</sup> D-arvo = Sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa; <sup>4</sup> ME = Muuntokelpoinen energia; <sup>5</sup> valmistajan ilmoittama (Hankkija Oy); <sup>6</sup> OIV = Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen; <sup>7</sup> PVT = Pötsin valkuaistase

Taulukko 2. Rehujen kemiallinen koostumus kokeessa 2

	Nurmisäilörehu	Maissisäilörehu	Tilaseos	Täydennysväkirehu
Kuiva-aine, g kg <sup>-1</sup>	361	351	868	867
Kuiva-aineessa, g kg <sup>-1</sup>				
Raakavalkuainen	126	79.1	174	223
Tärkkelys	4.1	254	415	205
Tuhkaton NDF <sup>1</sup>	590	390	149	221
SSHH <sup>2</sup>	185	475	578	439
Kokonaisrasva	19.7	15.9	26.2	44.1
Tuhka	79.3	40.0	74.0	72.9
pH	4.39	4.40		
Sokeri	109	108		
Maitohappo	25.1	27.8		
Etikkahappo	6.10	13.8		
Propionihappo	0.97	0.70		
Voihappo	0.00	0.00		
Etanoli	2.34	1.74		
Ammoniumtyppi, g kg <sup>-1</sup> N	49.9	90.0		
D-arvo <sup>3</sup> , g kg <sup>-1</sup> ka	657	676		
ME <sup>4</sup> , MJ kg <sup>-1</sup> ka	10.5	10.5	12.6	12.6 <sup>5</sup>
OIV <sup>6</sup> , g kg <sup>-1</sup> ka	77.4	77.2	97.9	1245
PVT <sup>7</sup> , g kg <sup>-1</sup> ka	10.4	-37.5	11.9	53.05

<sup>1</sup> NDF = neutraalidetergenttikuitu; <sup>2</sup> SSHH = solunsisällyshiihihydraatit; <sup>3</sup> D-arvo = Sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa; <sup>4</sup> ME = Muuntokelpoinen energia; <sup>5</sup> valmistajan ilmoittama (Hankkija Oy); <sup>6</sup> OIV = Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen; <sup>7</sup> PVT = Pötsin valkuaistase

Toisessa kokeessa lehmät lypsettiin automaattisella lypsyjärjestelmällä (Lely Astronaut A3, Lely International, Maassluis, Alankomaat). Maitonäytteet kerättiin kunkin jakson viimeisellä viikolla Lely Shuttle-näytteenottolaitteella (Lely International, Maassluis, Alankomaat) jokaiselta lypsykerralta kahden päivän ajan.

Molemmissa kokeissa kerättiin jakson viimeisen viikon aikana näytteitä koerehuista ja lehmillä kerättiin sonta-näytteitä dieetin sulavuuden määrittämiseksi. Sulavuuskokeissa käytettiin merkkiaineena happoon liukenemätonta tuhkaa (AIA). Lehmien metaanituotanto määritettiin toisessa kokeessa lypsyrobotin yhteyteen asennetulla GreenFeed-laitteistolla (C-Lock Inc, Rapid City, Yhdysvallat).

Tulosten tilastollinen analyysi suoritettiin varianssianalyysillä, käyttäen SAS-ohjelmiston (versio 9.4, SAS Institute Inc. Cary, Yhdysvallat) Mixed-proseduuria. Ensimmäisen kokeen tilastollisessa analyysissä mallissa kiinteinä tekijöinä olivat ruokinta, neliö ja jakso sekä satunnaisena tekijänä eläin. Ruokinnan lineaarisesta ja toisen asteen vaikutusta tutkittiin käyttäen kontrasteja. Toisen kokeen analyysissä mallissa oli kiinteänä tekijänä jakso ja satunnaisena tekijänä eläin.

## Tulokset

### Koe 1

Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maissisäilörehulla lisäsi lineaarisesti lehmien kuiva-aineensyöntiä ja tärkkelyksen saantia ( $p < 0.001$ ) (Taulukko 3). Vastaavasti NDF:n ja raakavalkuaisen saanti väheni lineaarisesti ( $p < 0.01$ ). Maissisäilörehun osuuden kasvaessa kuiva-aineen, orgaanisen aineen, NDF:n ja raakavalkuaisen sulavuus heikentyi lineaarisesti ( $p < 0.01$ ). Maissisäilörehun lisääminen ruokintaan lisäsi muuntokelpoisen energian (ME) saantia ( $p < 0.001$ ), mutta ei vaikuttanut ME-taseeseen tai rehuhyötysuhteeseen. Nurmisäilörehun korvaaminen maissisäilörehulla pienensi pötsin valkuaistasetta (PVT) ja paransi typen hyväksikäyttöä lineaarisesti ( $p < 0.01$ ).

Nurmisäilörehun korvaaminen maissisäilörehulla lisäsi lineaarisesti lehmien energiakorjattua maitotuotosta ja rasvatuotosta ( $p = 0.01$ ) (Taulukko 4). Maissisäilörehun lisäämisellä oli suuntaa antava käyräviivainen vaikutus ( $p = 0.07$ ) maidon rasvapitoisuuden siten, että rasvapitoisuus oli suurin, kun säilörehusta 50 % oli maissisäilörehua.

Taulukko 3. Syönti ja ravintoaineiden saanti, näennäinen sulavuus sekä energian ja typen hyväksikäyttö korvattaessa nurmisäilörehua lypsylehmien ruokinnassa osittain maissisäilörehulla (koe 1)

	Koeruokinnat <sup>1</sup>			SEM	Tilastollinen merkitsevyys <sup>2</sup>	
	Nurmi	Maissi25	Maissi50		LIN	2. aste
Syönti ja ravintoaineiden saanti						
Kuiva-aine, kg pv <sup>-1</sup>	24.4	25.3	26.0	0.65	< 0.001	0.44
Orgaaninen aine, kg ka pv <sup>-1</sup>	22.6	23.6	24.4	0.60	< 0.001	0.44
NDF <sup>3</sup> , kg ka pv <sup>-1</sup>	9.37	9.17	8.86	0.258	< 0.001	0.44
Raakavalkuainen, kg ka pv <sup>-1</sup>	4.01	3.97	3.89	0.094	0.008	0.65
Tärkkelys, kg ka pv <sup>-1</sup>	3.87	4.96	5.98	0.130	< 0.001	0.58
Näennäinen sulavuus, g kg <sup>-1</sup>						
Kuiva-aine	688	682	663	6.2	0.007	0.30
Orgaaninen aine	704	698	679	6.3	0.007	0.31
NDF	505	462	377	14.7	< 0.001	0.17
Raakavalkuainen	660	635	608	5.5	< 0.001	0.86
Energian ja typen hyväksikäyttö						
Rehuhyötysuhde <sup>4</sup>	1.36	1.33	1.36	0.035	1.0	0.16
ME-saanti <sup>5</sup> , MJ pv <sup>-1</sup>	256	264	270	6.0	< 0.001	0.42
ME-tase, MJ pv <sup>-1</sup>	16.7	23.0	20.0	3.57	0.30	0.11
PVT <sup>6</sup> , g pv <sup>-1</sup>	662	491	325	17.4	< 0.001	0.89
Typen hyväksikäyttö	0.29	0.29	0.31	0.008	0.02	0.48

<sup>1</sup> Säilörehuna ruokinnassa timotei-nurminatasäilörehu (Nurmi) tai karkearehuseokset, joissa 25 % tai 50 % nurmisäilörehun kuiva-aineesta korvattu maissisäilörehulla (Maissi25 ja Maissi50); <sup>2</sup> Ruokinnan lineaarinen ja toisen asteen vaikutus; <sup>3</sup> NDF = Neutraalidetergenttikuitu; <sup>4</sup> kg EKM/kuiva-aineen syönti, kg; <sup>5</sup> ME = Muuntokelpoinen energia; <sup>6</sup> Pötsin valkuaistase

Taulukko 4. Maitotuotos ja maidon koostumus korvattaessa nurmisäilörehua maissisäilörehulla lypsylehmien ruokinnassa (koe 1)

	Koeruokinnat <sup>1</sup>			SEM	Tilastollinen merkitsevyys <sup>2</sup>	
	Nurmi	Maissi25	Maissi50		LIN	2. aste
Tuotos, kg pv <sup>-1</sup>						
Maito	32.8	33.3	34.0	1.44	0.09	0.83
EKM <sup>3</sup>	33.2	33.6	35.3	1.43	0.01	0.31
Pitoisuus, g kg <sup>-1</sup>						
Laktoosi	45.0	45.2	45.1	0.53	0.50	0.21
Rasva	40.9	40.7	43.2	0.85	0.01	0.07
Valkuainen	35.2	35.0	35.1	0.65	0.77	0.41
Urea, mg dl <sup>-1</sup>	22.3	19.5	17.4	0.83	< 0.001	0.55
Tuotos, g pv <sup>-1</sup>						
Rasva	1339	1354	1463	62.4	0.005	0.14
Valkuainen	1146	1157	1191	47.9	0.13	0.64
Laktoosi	1478	1507	1535	69.6	0.08	0.97
Solut 1000 kpl ml <sup>-1</sup>	57.2	54.1	57.0	14.26	0.98	0.62

<sup>1</sup> Säilörehuna ruokinnassa timotei-nurminatasäilörehu (Nurmi) tai karkearehuseokset, joissa 25 % tai 50 % nurmisäilörehun kuiva-aineesta korvattu maissisäilörehulla (Maissi25 ja Maissi50); <sup>2</sup> Ruokinnan lineaarinen ja toisen asteen vaikutus; <sup>3</sup> EKM = Energiakorjattu maitotuotos

## Koe 2

Lehmien kuiva-aineen ja orgaanisen aineen syönti sekä tärkkelysten saanti oli suurempi niillä jaksoilla, joilla 50 % nurmisäilörehusta oli korvattu maissisäilörehulla kuin jaksolla 2, jolloin lehmät saivat karkearehuna vain nurmisäilörehua (toisen asteen vaikutus  $p < 0.05$ ). Vastaavasti NDF:n ja raakavalkuaisen saanti oli suurempi jaksolla, jolla karkearehuna oli pelkästään nurmisäilörehu (toisen asteen vaikutus  $p < 0.001$ ). Dieetin kuiva-aineen, orgaanisen aineen, NDF:n ja raakavalkuaisen sulavuus heikkeni korvattaessa osa nurmisäilörehusta maissisäilörehulla (toisen asteen vaikutus  $p < 0.001$ ). Maissisäilörehun lisääminen ruokintaan lisäsi suuntaa antavasti ME-saantia (toisen asteen vaikutus  $p = 0.08$ ) sekä vähensi pötsin valkuaiastetta ja paransi typen hyväksikäyttöä (toisen asteen vaikutus  $p < 0.05$ ).

Taulukko 5. Syönti ja ravintoaineiden saanti, näennäinen sulavuus sekä energian ja typen hyväksikäyttö korvattaessa nurmisäilörehua maissisäilörehulla lypsylehmien ruokinnassa (n=10, paitsi jaksolla 3 n=9) (koe 2)

	Koeruokinnat <sup>1</sup>			SEM	Tilastollinen merkitsevyys <sup>2</sup>	
	Jakso 1	Jakso 2	Jakso 3		LIN	2. aste
	Maissi50	Nurmi	Maissi50			
Syönti ja ravintoaineiden saanti						
Kuiva-aine, kg pv <sup>-1</sup>	26.8	25.7	26.4	0.65	0.39	0.04
Orgaaninen aine, kg ka pv <sup>-1</sup>	24.9	23.7	24.7	0.60	0.72	0.009
NDF <sup>3</sup> , kg ka/pv	8.80	9.70	8.87	0.230	0.67	< 0.001
Raakavalkuainen, kg ka pv <sup>-1</sup>	4.13	4.23	3.88	0.101	0.002	0.001
Täkkelys, kg ka pv <sup>-1</sup>	6.01	4.11	6.03	0.135	0.86	< 0.001
Näennäinen sulavuus, g kg <sup>-1</sup>						
Kuiva-aine	647	678	625	7.2	0.01	< 0.001
Orgaaninen aine	661	695	642	6.9	0.03	< 0.001
NDF	353	498	319	10.0	0.002	< 0.001
Raakavalkuainen	633	669	569	9.0	< 0.001	< 0.001
Energian ja typen hyväksikäyttö						
Rehuhyötysuhde <sup>4</sup>	1.47	1.45	1.34	0.051	0.007	0.22
ME-saanti <sup>5</sup> , MJ pv <sup>-1</sup>	286	275	279	6.5	0.17	0.08
ME-tase, MJ pv <sup>-1</sup>	10.3	10.6	23.0	5.7	0.05	0.25
PVT <sup>6</sup> , g pv <sup>-1</sup>	277	584	210	13.6	< 0.001	< 0.001
Typen hyväksikäyttö	0.33	0.31	0.33	0.012	0.74	0.01

<sup>1</sup> Jakso 1 ja 3 = Maissi-nurmisäilörehuseos (kuiva-aineesta 50 % maissi- ja 50 % nurmisäilörehua, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 65:35 kuiva-aineessa) ja täysväkirehu robotilta. Jakso 2 = Nurmisäilörehuseos (karkearehun ja väkirehun välinen suhde 65:35 kuiva-aineessa) ja täysväkirehu robotilta; <sup>2</sup> Ruokinnan lineaarinen ja toisen asteen vaikutus; <sup>3</sup> NDF = Neutraalidetergenttikuitu; <sup>4</sup> kg EKM/kuiva-aineen syönti, kg; <sup>5</sup> ME = Muuntokelpoinen energia; <sup>6</sup> Pötsin valkuaiastase

Maitotuotos laski kokeen aikana lineaarisesti kokeessa olleiden lehmien poikimisesta kuluneen ajan kasvaessa. Ruokinnalla ei ollut ollut vaikutusta maitotuotokseen tai maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksiin. Maidon ureapitoisuus oli huomattavasti suurempi jaksolla 2, jolla lehmät saivat karkearehuna pelkästään nurmisäilörehua ( $p < 0.001$ ) kuin muilla jaksolla.

Taulukko 6. Maitotuotos korvattaessa nurmisäilörehua maissisäilörehulla lypsylehmien ruokinnassa (n=10, paitsi jaksolla 3 n=9) (koe 2)

	Koeruokinnat <sup>1</sup>			SEM	Tilastollinen merkitsevyys <sup>2</sup>	
	Jakso 1 Maissi50	Jakso 2 Nurmi	Jakso 3 Maissi50		LIN	2. aste
Tuotos, kg pv <sup>-1</sup>						
Maito	40.1	37.3	34.6	1.57	< 0.001	0.95
EKM <sup>3</sup>	39.5	37.4	35.4	1.82	0.004	0.94
Pitoisuus, g kg <sup>-1</sup>						
Rasva	39.1	39.8	40.7	1.34	0.21	0.99
Valkuainen	34.2	35.4	36.8	0.99	< 0.001	0.65
Laktoosi	45.1	44.8	44.8	0.47	0.20	0.30
Urea, mg dl <sup>-1</sup>	19.9	28.4	23.5	0.90	0.003	< 0.001
Solut <sup>4</sup> 1000 kpl ml <sup>-1</sup>	28.7	42.2	56.8	11.7	0.01	0.64

<sup>1</sup> Jakso 1 ja 3 = Maissi-nurmisäilörehuseos (kuiva-aineesta 50 % maissi- ja 50 % nurmisäilörehua, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 65:35 kuiva-aineessa) ja täysväkirehu robotilta. Jakso 2 = Nurmisäilörehuseos (karkearehun ja väkirehun välinen suhde 65:35 kuiva-aineessa) ja täysväkirehu robotilta; <sup>2</sup> Ruokinnan lineaarinen ja toisen asteen vaikutus; <sup>3</sup> EKM = Energiakorjattu maitotuotos; <sup>4</sup> Tilastollinen testaus logaritimuunnetuista arvoista

Maissisäilörehun lisäämisellä ruokintaan oli lähes suuntaa antava vaikutus lehmien metaanintuotantoon siten, että käytettäessä maissisäilörehua ruokinnassa metaanin tuotanto väheni (toisen asteen vaikutus  $p = 0.11$ ) (Taulukko 7). Energiakorjattuun maidontuotantoon suhteutettuna metaanin tuotannossa ei kuitenkaan ollut eroa jaksosten välillä. Metaanin tuotannon tulosten laskennassa käytettyjen lehmien maitotuotoksessa ei ollut eroa ruokintojen välillä, koska toisen asteen vaikutusta ei havaittu.

Taulukko 7. Metaanin tuotanto korvattaessa nurmisäilörehua maissisäilörehulla lypsylehmien ruokinnassa (jaksolla 1: n=9, jaksolla 2: n=8, jaksolla 3: n=7) (koe 2)

	Koeruokinnat <sup>1</sup>			SEM	Tilastollinen merkitsevyys <sup>2</sup>	
	Jakso 1	Jakso 2	Jakso 3		LIN	2. aste
Metaani, g pv <sup>-1</sup>	460	483	464	15.8	0.71	0.11
Metaani, g kg <sup>-1</sup> EKM <sup>3</sup>	11.5	12.2	12.8	0.81	0.12	0.98
EKM, kg pv <sup>-1</sup>	40.8	40.7	37.7	2.21	0.10	0.32
Maito, kg pv <sup>-1</sup>	43.0	40.9	37.6	2.12	< 0.001	0.55

<sup>1</sup> Jakso 1 ja 3 = Maissi-nurmisäilörehuseos (kuiva-aineesta 50 % maissi- ja 50 % nurmisäilörehua, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 65:35 kuiva-aineessa) ja täysväkirehu robotilta. Jakso 2 = Nurmisäilörehuseos (karkearehun ja väkirehun välinen suhde 65:35 kuiva-aineessa) ja täysväkirehu robotilta; <sup>2</sup> Ruokinnan lineaarinen ja toisen asteen vaikutus; <sup>3</sup> EKM = Energiakorjattu maitotuotos

## Tulosten tarkastelu

Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maissisäilörehulla lisäsi molemmissa kokeissa lehmien rehun kuiva-aineen syöntiä, mikä vastaa monissa aiemmissa ulkomaisissa tutkimuksissa havaittua. Suurempi kuiva-aineen syönti on mahdollisesti seurausta maissisäilörehun nopeammasta pötsisulatuksesta ja -käymisestä (Dewhurst 2013). Keskimääräinen syönnin lisäys, kun nurmisäilörehusta korvattiin 50 %, oli ensimmäisessä kokeessa 1.6 kg ka pv<sup>-1</sup>, mikä on lähes sama kuin Khanin ym. (2015) katsausartikkelissaan raportoima keskimääräinen lisäys 1.55 kg ka pv<sup>-1</sup>. Toisessa kokeessa syönnin lisäys oli jonkin verran pienempi, 0.9 kg ka pv<sup>-1</sup>. Sairasen ja Kajavan (2020) tutkimuksessa nurmisäilörehun korvaaminen maissisäilörehulla vähensi kuiva-aineen syöntiä, vaikka siinä oli Pohjois-Savon korkeudella kasvaneeksi maissirehuksi poikkeuksellisen paljon tärkkelystä (268 g kg<sup>-1</sup> ka). Korvattava nurmisäilörehu oli aikaisin korjattua ja sulavuudeltaan erittäin hyvää.

Maissisäilörehun tähkien kehitysaste vaikuttaa rehun syöntiin. Khanin ym. (2015) tutkimuksen mukaan varhaisessa vaiheessa korjatuissa maissisäilörehuissa, joiden kuiva-ainepitoisuus on alle 250 g kg<sup>-1</sup>, on pienempi tärkkelyspitoisuus sekä tärkkelys/NDF-suhde kuin myöhemmin korjatuissa, minkä seurauksena syönnin lisäys nurmisäilörehuun verrattuna jää vähäisemmäksi. Suomessa kasvukausi on maissin tuleentumisen kannalta usein liian lyhyt. Tässä tutkimuksessa maissisäilörehu pyrittiin korjaamaan mahdollisimman myöhään ja kokeissa käytetyn maissisäilörehun kuiva-ainepitoisuus oli Khanin ym. (2015) tutkimuksessa havaitun optimialueen 300–350 g kg<sup>-1</sup> ylärajalla. Myöhäisessä korjuussa saavutetusta suuresta kuiva-ainepitoisuudesta huolimatta maissisäilörehun tärkkelyspitoisuus jäi ulkomaisiin tutkimuksiin (Khan ym. 2015) verrattuna korkeintaan keskinkertaiseksi. Suomen olosuhteissa maissisäilörehun kuiva-aine- ja tärkkelyspitoisuudet jäävät usein pienemmiksi kuin tässä tutkimuksessa havaitut (Seleiman ym. 2017, Sairanen ja Kajava 2020).

Maissisäilörehun lisääminen ruokintaan heikensi orgaanisen aineen sulavuutta ja erityisesti NDF:n sulavuutta. Rehumaissin kasvuaika ja kasvuston kehitysaste vaikuttavat maissisäilörehun sulavuuteen ja ruokinta-arvoon. Tärkkelyksen kertyminen tähkään parantaa maissisäilörehun sulavuutta, koska tärkkelys sulaa ruoansulatuskanavassa lähes täydellisesti (Khan ym. 2015). Toisaalta varren NDF-pitoisuuden lisääntyminen ja NDF:n sulavuuden heikentyminen kasvukauden edetessä huonontaa maissisäilörehun sulavuutta. Maissisäilörehun tärkkelys- ja NDF-pitoisuuksien välillä on vahva negatiivinen riippuvuus. Koko kasvustossa tärkkelyspitoisuuden lisääntyessä NDF-pitoisuus vähenee, mikä kompensoi maissisäilörehun NDF:n heikkoa sulavuutta (Khan ym. 2015).

Ensimmäisessä kokeessa maissisäilörehun 50 % lisäystasolla havaittu maitotuotosvaste 1.2 kg pv<sup>-1</sup> oli hiukan pienempi kuin Khanin ym. (2015) meta-analysissä havaittu keskimääräinen vaste 1.9 kg pv<sup>-1</sup>. Toisessa kokeessa maitotuotosvastetta ei saatu, pienestä syönnin lisäyksestä huolimatta. Maissisäilörehun lisäämisellä ruokintaan saavutettava maitotuotosvaste riippuu huomattavasti siitä, millaista nurmisäilörehua maissisäilörehulla korvataan. Sairasen ja Kajavan (2020) tutkimuksessa huomattavasti tämän kokeen nurmirehujä paremmin sulavan nurmisäilörehun osittainen korvaaminen pienehköllä maissisäilörehun osuudella (26 % kuiva-aineesta) ei vaikuttanut maitotuotokseen.

Maissisäilörehun selkein vaikutus maidon pitoisuuksiin oli maidon ureapitoisuuden pienentyminen, mikä on seurausta maissisäilörehun nurmisäilörehua huomattavasti pienemmästä raakavalkuaispitoisuudesta. Sen myötä maissisäilörehua saaneiden lehmien raakavalkuaisen saanti, ruokinnan raakavalkuaispitoisuus ja pötsin valkuaispitoisuus (PVT) olivat pienempiä kuin nurmisäilörehua saaneiden. PVT:n perusteella arvioituna pötsimikrobien tyypin saanti oli kuitenkin riittävä (Luke 2022). Kun valkuaispitoisuudessa ei ollut eroa, niin nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maissisäilörehulla paransi tyypin hyväksikäyttöä maidontuotantoon, yhtäpitävästi aiempien tutkimusten kanssa (Hart ym. 2015, van Gastelen ym. 2015). Maissisäilörehu ei tässä tutkimuksessa lisännyt maidon valkuaispitoisuutta, vaikka aiempien tutkimusten perusteella maissisäilörehu voi tehostuneen pötsikäymisen ja lisääntyneen mikrobivalkuaisen synteesin kautta lisätä maidon valkuaispitoisuutta (Khan ym. 2015). Maidon rasvapitoisuuden lisääntyminen 50 % maissisäilörehua sisältävällä ruokinnalla poikkeaa Khanin ym. (2015) meta-analysin tuloksesta, jonka mukaan maissisäilörehun lisäämisellä ei keskimäärin ole vaikutusta maidon rasvapitoisuuteen.

Maissisäilörehulla ei tässä tutkimuksessa ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta lehmien metaanin tuotantoon, vaikka maissisäilörehun nurmisäilörehua pienempi kuitupitoisuus ja sen sisältämä tärkkelys saattavat muuttaa pötsikäymistä vähemmän metaania tuottavaksi (Dewhurst 2013). Myöskään Hartin ym. (2015) ja Chagasin ym. (2020) tutkimuksissa nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maissisäilörehulla ei vaikuttanut metaanin tuotantoon (g/pv). Hart ym. (2015) ja van Gastelen ym. (2015) havaitsivat kuitenkin, että maissisäilörehun osuuden lisääminen ruokinnassa vähensi metaanin tuotantoa syötyä kuiva-ainekiloa kohti.

## Johtopäätökset

Nurmisäilörehun korvaaminen maissisäilörehulla lisäsi rehun syöntiä ja maitotuotosta, kun vertailukohtana oli sulavuudeltaan heikohko nurmisäilörehu. Kokeissa käytetyn maissisäilörehun kuiva-aine- ja tärkkelyspitoisuudet olivat pohjoisissa olosuhteissa suuria. Maissisäilörehun kuidun sulavuus oli nurmisäilörehuun verrattuna heikko, mikä korostaa kasvuston kehitysasteen merkitystä maissisäilörehun rehuarvoa määrittävänä tekijänä. Maissisäilörehulla ei ollut vaikutusta lypsylehmien metaanin tuotantoon. Ruokintakokeiden tulosten perusteella nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maissisäilörehulla on käyttökelpoinen vaihtoehto lypsylehmien ruokinnassa myös pohjoisissa oloissa.



## Kiitokset

Kiitokset Viikin tutkimustilan ja kotieläinten ravitsemustieteen laboratorion henkilökunnalle sekä tutkimuksen toteutukseen osallistuneille maataloustieteiden opiskelijoille. Tutkimusta ovat rahoittaneet Maa- ja metsätalousministeriö, Valio Oy, Berner Oy, Naturcom Oy ja Taminco bvba.

## Kirjallisuusviitteet

Chagas, J.C.C., Ramin, M. & Krizsan, S. 2020. Methane emissions from dairy cows fed maize- or grass silage-based diets with or without rapeseed oil supplementation. In: Meeting the future demands for grassland production: Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation (eds. P. Virkajärvi, K. Hakala, M. Hakojärvi, J. Helin, I. Herzon, V. Jokela, S. Peltonen, M. Rinne, M. Seppänen & J. Uusi-Kämpä). *Grassland Science in Europe* 25: 227–230.

Dewhurst, R.J. 2013. Milk production from silage: Comparison of grass, legume and maize silages and their mixtures. *Agricultural and Food Science* 22: 57–69. <https://doi.org/10.23986/afsci.6673>

Hart, K.J., Huntington, J.A., Wilkinson, R.G., Bartram, C.G. & Sinclair, L.A. 2015. The influence of grass silage-to-maize silage ratio and concentrate composition on methane emissions, performance and milk composition of dairy cows. *Animal* 9: 983–991. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000208>

Keady, T.W.J., Kilpatrick, D.J., Mayne, C.S. & Gordon, F.J. 2008. Effects of replacing grass silage with maize silages, differing in maturity, on performance and potential concentrate sparing effect of dairy cows offered two feed value grass silages. *Livestock Science* 119: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.02.006>

Khan, N.A., Yu, P., Ali, M., Cone, J.W. & Hendriks, W.H. 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95: 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>

Luke 2022. Lypsylehmien valkuaisen ruokintasuositukset. Luonnonvarakeskus. Viitattu 31.3.2022. <https://maatalousinfo.luke.fi/cms/rehu/marehtijat/marehtijoiden-ruokintasuositukset/lypsylehmien-alkuainen/>.

Mussadiq, Z., Hetta, M., Swensson, C. & Gustavsson, A.-M. 2012. Plant development, agronomic performance and nutritive value of forage maize depending on hybrid and marginal site conditions at high latitudes. *Acta Agriculturae Scandinavica. B-Plant and Soil Science* 62: 420–430. <https://doi.org/10.1080/09064710.2011.639795>

Sairanen, A. & Kajava, S. 2020. Maize silage as dairy cow feed in Northern latitudes. In: Meeting the future demands for grassland production: Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation (eds. P. Virkajärvi, K. Hakala, M. Hakojärvi, J. Helin, I. Herzon, V. Jokela, S. Peltonen, M. Rinne, M. Seppänen & J. Uusi-Kämpä). *Grassland Science in Europe* 25: 345–347.

Seleiman, M.F., Selim, S., Jaakkola, S. & Mäkelä, P. S. 2017. Chemical composition and in vitro digestibility of whole-crop maize fertilized with synthetic fertilizer or digestate and harvested at two maturity stages in boreal growing conditions. *Agricultural and Food Science* 26: 47–55. <https://doi.org/10.23986/afsci.60068>

van Gastelen, S., Antunes-Fernandes, E.C., Hetinga, K.A., Klop, G., Alferink, S.J.J., Hendriks, W.H. & Dijkstra, J. 2015. Enteric methane production, rumen volatile fatty acid concentrations, and milk fatty acid composition in lactating Holstein-Friesian cows fed grass silage- or corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science* 98: 1915–1927. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8552>