

Lietelannan vaikutus nurmen ja säilörehun laatuun sekä syöntiin

Terttu Heikkilä¹, Erkki Kemppainen¹, Arja Karppinen² ja Seppo Sivelä²

¹MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²Valio Oy, T&K, Kemia ja mikrobiologia, PL 30, 00039 Valio, etunimi.sukunimi@valio.fi

Johdanto

Maidontuotantoa laajentavat tilat keskittyvät nurmen viljelyyn ja hyödyntävät edullista rehuviljaa lisäämällä ostorehujen käyttöä (Niemi & Pietola 2001), mikä lisää tarvetta levittää lietelantaa myös nurmelle. Nurmen lietelannoitusta ei ole pidetty suotavana lannan sisältämien haitallisten ja/tai patogeenien mikrobien vuoksi. Ne voivat huonontaa nurmen ja säilörehun laatua ja syöntiä sekä muodostaa riskin maidon laadulle sekä eläimen ja ihmisen terveydelle maidon tuotantoketjussa pellolta pöytäan. Monet lannan mikrobeista tai niiden itiöistä esiintyvät maassa ja/tai ovat ruohon normaalia epifyyttimikrobistoa, mutta lannalla on merkittävä osuus mikrobien siirtymisessä lannasta->nurmeen->säilörehuun->eläimen ruoansulatuskanavan läpi->sontaan->eläintuotteisiin.

Lannassa esiintyviä haitallisia bakteereita ovat mm. voihappobakteerit (klostridit, Clostridium) ja niiden itiöt, Bacillus-bakteerit ja -itiöt sekä enterobakteerit (kolit, mm. Escherichia coli EHEC-kanta, Listeria, Salmonella, Yersinia) (Husu 1990, McDonald ym. 1991, Leinonen 1993, Östling 1993, Rammer 1996, Heinonen-Tanski ym. 1998a,b, Sivelä 2001). Voihappokäyminen tunnetaan hyvin säilörehun ja juuston laadun pilaajana. Itiöitä muodostavat bakteerit ovat ongelmallisia, sillä ne säilyvät hyvälaatuisessakin happamassa tai kuivassa rehussa, jos niitä on päässyt rehuun lannasta tai mullasta. Bakteerien lisääntyminen voi kuitenkin estyä matalassa pH:ssa tai hyvin kuivassa rehussa. Maidon pastörintikaan ei tuhoa itiöitä. Eniten maidon klostridi-itiöpitoisuuteen vaikuttaa sonnassa olevien itiöiden määrä (Bertilsson ym. 1996), mutta myös säilörehun ja maidon klostridi-itiömäärän välillä on selvä yhteys (Helminen & Keski-Vähälä 1985). Lietelannan ilmastuskaan ei klostridi-itiöihin vaikuta, vaikka se vähentääkin mm. Listerian, Yersinian ja kolifaagien määrää ja lannan hajua parantaen sen hygieenistä laatua (Leinonen 1993, Heinonen-Tanski ym. 1998a). Haitallisten mikrobien maitoon pääsyn ehkäisemisessä huolellisuus nurmen korjuussa ja säilönnässä sekä hyvä lypsy- ja maitohygienia ovat erittäin tärkeitä.

Tämän koesarjan tavoitteena oli tutkia lietelannan pinta- ja sijoitus- ja väkilannoituksen sekä sadetuksen vaikutusta ruohon maittavuuteen lampaille kahtena vuonna (2 koetta) sekä selvittää säilörehunurmen lietteen pinta- ja sijoitus- sekä väkilannoituksen vaikutusta säilörehun käymis- ja mikrobiologiseen laatuun sekä syöntiin lampaille kolmena vuotena (4 koetta).

Aineisto ja menetelmät

Naudan lietelantaa levitettiin kahtena vuotena ensimmäisen niiton jälkeen kesäkuussa savimaalla kasvavalle timotei-nurminatanurmelle 20, 40 tai 60 tn/ha nurmen pintaan hajalevityksenä ja sijoittaen noin 12 cm:n syvyyteen Teho-Lotina-multausvaunulla. Pintalevitystä varten vantaisten alle asennettiin hajotuslevy. Väkilantaa (NPK 20-4-8) annettiin verranneruuduille 200 tai 400 kg/ha. Puolet nurmi-lohkoista sadetettiin (30 mm) lannoitusta seuraavana yönä. Lannoituksen ja niiton välillä Jokioisissa satoi vettä 86 ja 68 mm. Nurmi niitettiin peräkkäisinä vuosina 40 ja 36 päivän päästä lannoituksesta Haldrup 1500-koeniittokoneella. Niitetyt ruohot yhdistettiin kultakin eri määrin lietteellä pinta- tai sijoituslannoitetuilta sekä väkilannoitetuilta koeruuduilta ja sekoitettiin hyvin, jotta saatiin riittävästi ruohoa eläinkokeeseen. Tällöin nurmen keskimääräinen lannoitus oli 40 tn/ha lietettä sisältäen liukoista tyypeä 80 kg/ha tai 60 kg tyypeä väkilannasta. Tuoreet ruohot pakastettiin (-20° C) ennen maittavuuskoetta. Ruohoa annettiin vapaasti kuudelle leikatulle suomenlammaspässille 6 x 6 latinalaisen neliön koekaavion mukaan. Koejakson pituus oli 7 päivää (Koe 1) tai 6 päivää (Koe 2).

Säilörehunurmet lannoitettiin kolmena vuotena täydentäen naudan lietelantaa väkilannalla:

Koe 1: lietettä 60 tn/ha+240 kg/ha kalkkisalpietaria(37 kg N) tai väkilantaa (NPK) 400 kg/ha (80 kg N)

Koe 2-3: lietettä 40 tn/ha + 260 kg/ha NPK (52 kg N) tai väkilantaa (NPK) 510 kg/ha (102 kg N)

Koe 4: lietettä 60 tn/ha + 300 kg/ha NPK (60 kg N) tai väkilantaa (NPK) 500 kg/ha (100 kg N).

Säilörehunurmien kasvilajikoostumus vaihteli eri kokeissa koiranheinävaltaisesta timoteita, nurminataa, raiheinää ja vähän apilaa sisältävästä nurmesta (Koe 1) nurminatavaltaiseen koiranheinä-timotei-puna-apilannurmeen (Koe 2 ja 3) tai koiranheinä-timoteinurmeen (Koe 4).

Säilörehunurmet korjattiin kolmena peräkkäisenä vuotena 36, 40 ja 36 päivän päästä lannoituksesta jona aikana satoi vettä 68, 140 ja 54 mm. Nurmet korjattiin kelasilppurilla ja säilöttiin lasikuituisiin

tornisiiloihin (1000 kg) käyttäen ensimmäisenä ja kolmantena vuonna säilöntäaineena AIV 2:ta (80 % muurahais- ja 2 % ortofosforihappoa), 5 l/tn (kokeet 1 ja 4). Toisena vuonna nurmi säilöttiin ilman säilöntäainetta (Koe 2) tai Farmiliuoksella (25 % muurahais-, 15.5 % etikka- ja 9.5 % suolahappoa sekä 50 % Finfermexiä = sulfiittiteollisuuden sivutuote, lignosulfonaattiliuos), 6 l/tn (Koe 3). Siilot avattiin 133, 71, 104 ja 84 päivän päästä kokeissa 1-4. Säilörehuja annettiin vapaasti kuudelle leikatulle pääsille 3 x 3 latinalaisen neliön koekaavion mukaan. Eläimet olivat samoja kaikissa neljässä kokeessa. Koejakson pituus oli 14 päivää (Kokeet 1, 3, 4) tai 7 päivää (Koe 2). Säilörehujen sulavuus määritettiin maittavuuskauden jälkeen (Koe 1). Kemialliset määritykset tehtiin MTT:n Eläinravitsemuksen laboratoriossa ja mikrobiologiset määritykset Valio Oy:n tutkimuskeskuksen kemian ja mikrobiologian laboratoriossa. Kokeet analysoitiin tilastollisesti varianssianalyysillä (SAS GLM). Mallissa oli eläimen, jakson ja käsittelyn vaikutus. Lannoitekäsittelyn vaikutus testattiin kontrastein.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Lietelannan sijoitus nurmeen nosti ruohon raakaproteiinipitoisuutta tehokkaammin kuin pintalevitys (Taulukko 1 ja 3) johtuen todennäköisesti ammoniakkin haihtumisesta pintalannoituksessa ja siten huonommasta typen hyväksikäytöstä (Kempainen 1989, Joki-Tokola ym. 1998, 2002, Mattila ym. 2003, Mattila & Joki-Tokola 2003). Muutoin ruohon koostumuserot eri lannoituskäsittelyillä olivat pieniä, vaikkakin tilastollisesti osin merkitseviä. Nitraattityppeä oli lietteellä pinta- ja sijoituslannoitussa ruohossa hieman vähemmän kuin väkilannoitetussa ruohossa 0.09, 0.15 vs. 0.32 g/kg ka (Koe 1).

Taulukko 1. Väkilannoitetun ja liotelannalla pintaan ja sijoittaen lannoitetun ruohon koostumus

Kemiallinen koostumus	Väki-lannoitus	Koe 1		Väki-lannoitus	Koe 2	
		Lietelannoitus pintaan	Lietelannoitus sijoittaen		Lietelannoitus pintaan	Lietelannoitus sijoittaen
Kuiva-aine, g/kg	283	299	289	243	260	250
Tuhka, g/kg ka	111	116	109	109	113	108
Raakaproteiini, g/kg ka	131	115	138	131	113	141
Raakakuitu, g/kg ka	279	275	269	237	231	231
Sokeri, g/kg ka	105	113	108	96	123	99
Liukoinen N g/kg N	288	273	290	256	265	240

Lietelannan pintalevitys huononsi ruohon maittavuutta lampailla merkitsevästi molemmissa kokeissa vähentäen kuiva-aineen syöntiä keskimäärin 25 % (Koe 1) ja 32 % (Koe 2) verrattuna lietteen sijoitukseen ja väkilannoitukseen (Taulukko 2). Sadetuksen vaikutus vaihteli, eikä se vaikuttanut merkitsevästi syöntiin. Englannissa tehdyssä kokeessa laiduntavat lehmät söivät noin 30 % vähemmän lietteellä pintaan kuin sijoittaen tai ammoniumnitraatilla lannoitettua ruohoa (Pain & Broom 1978).

Taulukko 2. Väkilannoituksen ja lietteen pinta- tai sijoituslannoituksen vaikutus joko ilman sadetusta (-) tai sadettaen (+) ruohon syöntiin (ka g/pv) lampailla kahdessa kokeessa

Koe	Väkilannoitus		Lietelannoitus				SEM	Merkitsevyys (kontrastit)		
	-	+	pintaan		sijoittaen			väkil. / pintaan	väkil. / sijoittaen	pintaan / sijoittaen
			-	+	-	+				
Koe 1	1492	1335	1059	1118	1512	1466	83-120 ¹⁾	**	**	
Koe 2	1641	1590	1066	1138	1568	1647	60-68 ¹⁾	***	***	

¹⁾ Suuremmat SEM-arvot käsittelyille, joissa on kaksi puuttuvaa havaintoa (Koe 1) ja yksi puuttuva (Koe 2)
Merkitsevyys: ** P<0.01, *** P<0.001

Säilöntäkokeissa kaikkien säilörehujen käymislaatu oli hyvä eikä lannoitekäsittelyjen välillä ollut merkittäviä eroja (Taulukko 3). Muurahaihaporehut olivat tyypillisesti vähiten käyneitä, niiden sokeripitoisuus oli korkein ja maito- ja etikkahappopitoisuudet pienimmät verrattuna muihin rehuihin. Ilman säilöntäainetta tehdyn painorehun käyminen oli hyvin maitohappovaltaista, mitä osoitti happoa muodostavien bakteerien suuri määrä, keskimäärin 7.6-7.8 log pesäkkeitä muodostavaa yksikköä (pmy)/g tuoretta säilörehua. Niiden määrä oli muissa säilörehuissa 4.7-5.3 log pmy/g. Voihappoa esiintyi hyvin vähän pintaan liotelannoitetuista nurmista tehdyissä säilörehuissa kolmessa kokeessa ja kerran ilman säilöntäainetta väkilannoitetusta nurmesta tehdyssä rehussa. Matalasta voihihappopitoisuudesta huolimatta voihihappobakteeri-itiöiden määrä oli korkea, >1000 MPN/g kaikissa liotelannalla pintaan lannoitetuista nurmista tehdyissä säilörehunäytteissä kokeissa 1 ja 2. Korkeimmat itiömäärät olivat >11000 (Koe 1) ja 4500 MPN/g (Koe 2), vaikka raaka-aineessa klostridi-itiöitä oli pintakäsit-

telynäytteessä vain 28 MPN/g ja muissa alle määrittäysrajan (<3 MPN/g). Kolibakteereja oli raaka-aineessa lietteen sijoitus-, pinta- ja väkilantakäsittelyillä 5.4, 7.1 ja 9.3 log pmy/g (Koe 1), mutta säilörehussa niitä oli alle määrittäysrajan (<10 pmy/g) kaikissa muissa säilörehunäytteissä paitsi yhdessä lietteellä pintaan lannoitetusta (1400 pmy/g) ja väkilannoitetusta (30 pmy/g) nurmesta tehdyssä säilörehunäytteessä kokeessa 2. Kolibakteerien määrä yleensä vähenee nopeasti pH:n laskiessa alle 4.

Hiivoja oli runsaasti kaikissa ilman säilöntäainetta tehdyissä rehuissa. Homeiden määrä oli matala muissa paitsi lietteellä pintaan lannoitetusta nurmesta tehdyssä säilörehussa kokeessa 3.

Taulukko 3. Nurmen väkilannoituksen sekä väkilannalla täydennetyn lietteen pinta- ja sijoituslannoituksen vaikutus säilörehun koostumukseen ja laatuun eri säilöntäaineita käytettäessä (suluissa)

Kemiallinen koostumus ja laatu	Koe 1 (AIV 2)			Koe 2 (- painorehu)			Koe 3 (Farmi-liuos)			Koe 4 (AIV 2)		
	Väki-lann.	Liete		Väki-lann.	Liete		Väki-lann.	Liete		Väki-lann.	Liete	
		pin-taan	sijoi-taen		pin-taan	sijoi-taen		pin-taan	sijoi-taen		pin-taan	sijoi-taen
Kuiva-aine g/ kg	216	232	223	173	175	168	173	179	164	237	222	221
Tuhka, g/kg ka	115	125	122	84	93	89	87	91	95	91	99	108
Raakaproteiini ”	132	130	147	140	142	164	141	128	160	149	155	160
Raakakuivu ”	289	282	263	302	291	293	288	288	282	281	282	282
pH	3.98	3.92	3.89	3.94	3.85	4.06	3.88	3.79	3.83	3.81	3.76	3.75
Sokeri, g/kg ka	70	74	79	7	13	11	27	36	17	61	46	56
Maitohappo ”	56	51	49	111	106	109	83	81	85	68	64	53
Etikkahappo ”	11	9	10	20	19	24	19	20	20	11	10	9
Voihappo ”	0	0.1	0	0.6	0.6	0	0	0.5	0	0	0	0
Etanoli ”	6	5	3	8	9	7	4	7	5	4	5	3
NH ₄ -N g/kg N	56	52	45	49	52	53	56	53	49	35	42	35
Liukoinen N ”	492	482	473	560	547	560	514	549	515	503	528	487
Klostridi-itiöt												
log MPN/g	1.5	>3.5	<1.3	2.1	3.3	2.7	<0.5	0.9	<0.5	<0.6	<0.9	<1.1
Hiivat, log pmy/g	<2.0	<1.7	<1.7	6.6	6.8	7.2	4.9	4.4	3.2	<3.0	3.9	3.7
Homeet ”	<2.0	<1.7	<1.7	<2	<2	<2	<2.5	4.2	2.6	<1	<1	<1.1

Propionihappoa oli vain painorehussa (Koe 2): 0.6, 1.0 ja 0.2 g/ kg ka väki-, pinta- ja sijoituslannoituksella

Säilörehun orgaanisen aineen sulavuus (Koe 1) oli lietteen pinta-, sijoitus- ja väkilannoituskäsittelyllä 0.695, 0.703 ja 0.709, merkitsevästi huonompi ($P<0.016$) lietteen pinta- kuin väkilannoituksella, mutta lietekäsittelyjen välillä ei ollut eroa ($P=0.11$). Vastaavasti raakavalkuaisen sulavuus oli alempi ($P<0.001$) levitettäessä lietettä nurmen pintaan verrattuna muihin käsittelyihin (0.651, 0.689 ja 0.675). Säilörehun typen pidättymis-% (typpitase prosenttia rehun tyyppistä) oli myös pienempi ($P<0.012$) lietteen pinta- kuin sijoituslannoitus- (3.6 vs. 9.4 vs. 7.1 %) tai väkilannoituskäsittelyllä ($P<0.09$).

Lietteen levitys nurmen pintaan verrattuna lietteen sijoitukseen vaikutti vähemmän siitä tehdyn säilörehun kuin ruohon syöntiin eikä niin johdonmukaisesti vaan vaihteli kokeesta toiseen. Ainoastaan yhdessä kokeessa (Koe 1) nurmen pinta- lannoitus lietteellä vähensi merkitsevästi (20 %, $P=0.013$) siitä tehdyn säilörehun maittavuutta lietteen sijoitukseen verrattuna (Taulukko 4). Kokeessa 2 lannoituskäsittelyjen välillä ei ollut merkitsevää eroa syönnissä. Kokeessa 3 säilörehun syönti taas oli parempi lietteen pinta- kuin sijoituskäsittelyllä. Samansuuntainen tulos oli kokeessa 4, jossa paras säilörehun syönti oli väkilannoituskäsittelyllä. Sää on saattanut vaikuttaa tuloksiin kokeissa 2 ja 3, sillä lannoituksen ja niiton välillä oli vain kuusi täysin sateetonta päivää ja koko sademäärä oli yli kaksinkertainen verrattuna kokeiden 1 ja 4 vastaavaan määrään.

Taulukko 4. Väkilannoituksen sekä väkilannoituksella täydennetyn lietteen pinta- tai sijoituslannoituksen vaikutus säilörehun syöntiin lampailla neljässä kokeessa

Koe	Säilöntäaine	Väki-lannoitus g ka/pv	Lietelannoitus		SEM	Merkitsevyys (kontrastit)		
			pintaan g ka/pv	sijoittaen g ka/pv		väkilann./ pintaan/	väkilann./ sijoittaen	pintaan/ sijoittaen
Koe 1	AIV 2	1168	1026	1291	59			*
Koe 2	- (painorehu)	914	1010	1002	42-49 ¹⁾			
Koe 3	Farmi-liuos	1069	1175	1047	36	o		*
Koe 4	AIV 2	1753	1686	1597	32		**	o

¹⁾ Merkitsevyys: o<0.10, * $P<0.05$, ** $P<0.01$. ¹⁾ Suuremmat SEM-arvot lietteen pinta- lannoituskäsittelylle, jossa yksi puuttuva havainto

Säilörehun syönti-indeksi, joka lasketaan sulavuuden ja käymislaadun perusteella (Huhtanen ym. 2002) ei aina kuvaa lietelannoitetusta nurmesta tehdyn säilörehun maittavuutta. Kokeessa 1, jossa määritettiin myös sulavuus olivat syönti-indeksit lietteen sijoitus-, pinta- ja väkilannoituskäsittelyillä 90, 88 ja 90, kun vastaavat mitatun syönnin suhdeluvut olivat 100, 79 ja 90.

Säilörehunurmen eri lannoitustavat (lietelannan haja-, sijoitus- ja letkulevitys tai väkilannoitus) tai lietteen esikäsitely (ilmastus tai separointi) ei vaikuttanut pyöröpaalisäilörehun maittavuuteen liha-karjalla Ruukissa lietteellä, jonka kuiva-aine oli 3-6.7 %. Säilörehujen käymislaadussa ei ollut merkittäviä eroja, mutta klostridi-itiöiden määrä vaihteli vuosittain hajonnan ollessa suuri. Itiöitä oli keskimäärin vähiten väkilannoitetuissa ja eniten lietteellä pintaan hajalevitettyissä koejäsenissä (Joki-Tokola 1998, Joki-Tokola ym. 1998). Myöskin Ruotsissa lietelanta nurmen pintaan vaikutti vain vähän rehun käymislaatuun, mutta kiinteän lannan levitys nurmelle tuotti usein huonoa säilörehua. Muurahaishappo tai esikuivatus paransi rehun käymislaatua, mutta ei vaikuttanut itiöihin (Östling 1993, Rammer 1996).

Johtopäätökset

Lietelannan hajalevitystä nurmen pintaan ei voi varauksetta suositella huonomman ruohon syönnin ja tyyden hyväksikäytön vuoksi verrattuna lietelannan sijoitukseen tai väkilannoitukseen. Lietelannalla pintaan lannoitetusta nurmesta tehdyn säilörehun hyvästä käymislaadusta huolimatta säilörehu voi sisältää runsaasti voihappobakteeri-itiöitä, vähentää säilörehun maittavuutta ja aiheuttaa hygieenisen riskin. Tulokset voivat kuitenkin vaihdella johtuen mm. sääolosuhteista. Kemiallinen koostumus tai käymislaatu ei aina paljasta lietelannalla lannoitetun ruohon tai siitä tehdyn säilörehun syöntieroja.

Kirjallisuus

- Bertilsson, J., Lingvall, P. & Gyllenswärd, M.** 1996. Factors affecting the contamination of bulk milk with clostridia spores. Proc. IDF Symposium on Bacteriological quality of raw milk, Wolfpassing, Austria, p. 33-35.
- Heinonen-Tanski, H., Leinonen, P., Niskanen, E.M., Mielonen, M.M., Räsänen, H., Valta, T., Rinne, K. & Joki-Tokola, E.** 1998a. Aeration improves the hygiene of cattle slurry and the quality of grass forage and silage. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science 48: 212-221.
- Heinonen-Tanski, H., Joki-Tokola, E. & Martikainen, E.** 1998b. Lietelannoituksen vaikutus säilörehun hygieniaan. (MMM:n karjanlanta-tutkimusohjelman 1995-97 loppuraportti). MTTL, Julkaisuja 87: 67-77.
- Helminen, J. & Keski-Vähälä, I.** 1985. Säilörehu ja navettahygienia ratkaisevia maidon laadulle ja jatkojalostukselle. Karjalous 61, 10: 54-56.
- Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J.I., Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T. & Nousiainen, J.** 2002. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. Livest. Prod. Sci. 73: 111-130.
- Husu, J.** 1990. Epidemiological and experimental studies of Listeria infection with special reference to fecal excretion in ruminants, contamination of raw milk, presence in silage, and growth at low temperatures. Diss. National Veterinary Institute and Collage of Veterinary Medicine, Helsinki. ISBN 952-90-1702-2.
- Joki-Tokola, E.** 1998. Lietelannan levitysjän ja -tavan sekä ilmaston vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 44: 20 p. <http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja44.pdf>
- Joki-Tokola, E., Mattila, P., Elonen, P. & Tanni, R.** 1998. Naudan lietelannan prosessoinnin ja levitystekniikan vaikutus säilörehunurmen satoon, rehun laatuun ja ammoniakkin haihtumiseen. (MMM:n karjanlanta-tutkimus-ohjelman 1995-97 loppuraportti). Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Julkaisuja 87: 34-56.
- Joki-Tokola, E., Mattila, P., Isolahti, M., Esala, M. & Kokkonen, A.** 2002. Nurmen pintaan levitetyn väkilannoitteen ja lietelannan tyyden hyväksikäyttö ja nurmisadon laatu. Suomen nurmihdistyksen julkaisu 17: 67-86.
- Kemppainen E.** 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. Annales Agriculturae Fenniae 28: 163-284.
- Leinonen, P.** 1993. Lietelannan ilmastus ja käyttö nurmen lannoitteena. Vesi- ja ympäristöhall. monistesarja 472
- Mattila, P.K. & Joki-Tokola, E.** 2003. Effect of treatment and application technique of cattle slurry on its utilization by ley: I. Slurry properties and ammonia volatilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems 65: 221-230
- Mattila, P.K., Joki-Tokola, E. & Tanni, R.** 2003. II. Recovery of nitrogen and composition of herbage yield. Nutrient Cycling in Agroecosystems 65: 231-242.
- McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E.** 1991. The Biochemistry of silage, 2nd editon. p. 81-151.
- Niemi, J.K. & Pietola, K.** 2001. Land use response to agricultural policy and market movements on Finnish dairy farms. Agricultural and food science in Finland 10: 285-294.
- Pain B.F. & Broom D.M.** 1978. The effects of injected and surface-spread slurry on the intake and grazing behaviour of dairy cows. Animal Production 26: 75-83.
- Rammer, C.** 1996. Manure in grass silage production. Effects on silage fermentation and its hygienic quality. Doctoral thesis. Swedish Univ. Agric. Sci., Uppsala 1996. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria 2.
- Sivälä, S.** 2001. Effect of silage on the health of animals and humans. Suomen nurmihd. julkaisu 15: 31-37.
- Östling, C.** 1993. The role of manure and enterobacteria in silage fermentation. Sveriges lantbruksuniversitet, Dissertation. Institutionen för mikrobiologi. Uppsala Genetikcentrum. Rapport nro 56.