

Erkki Joki-Tokola

**Lietelannan levityssajan ja
-tavan sekä ilmaston
vaikutus säilörehusadon
määrään ja laatuun**

Erkki Joki-Tokola

Lietelannan levityssajan ja -tavan sekä ilmastuksen vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun

Maatalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-526-X

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus

Erkki Joki-Tokola

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 7502, telekopio (03) 418 8339

Painatus

Vammalan Kirjapaino Oy, 1998

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.

Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Joki-Tokola, E.¹⁾ 1998. Lietelannan levitysjän ja -tavan sekä ilmastuksen vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 44. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 20 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-526-X.

¹⁾ Maatalouden tutkimuskeskus, Alueellinen tutkimus, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, erkki.joki-tokola@mtt.fi

Tiivistelmä

Avainsanat: lietelanta, nurmisäilörehu, säilöntä, voihappotiöt

Maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa (64°41'N, 25°07'E) tehtiin vuosina 1992 ja 1993 säilörehunurmen lietelannoituskoe, jossa nurmelle levitettiin haja- ja letkulevitimellä ilmastettua ja tuoretta naudan lietelantaa. Liete- ja kontrollikäsitteilynä ollutta väkilantaa levitettiin nurmen ensimmäiselle ja toiselle sadolle. Lietelannan määrä oli 80 N kg ha⁻¹ molemmilla kerroilla. Liete-

lannoitus tuotti suuremman sadon, kun levitys tehtiin vasta toiselle sadolle. Säilörehunurmen lannoitustapa ei vaikuttanut merkittävästi nurmisadon määrään eikä kasvustoista pyöröpaaleihin korjatun säilörehun kemialliseen koostumukseen tai säilönälliseen laatuun. Lietelannoitus kuitenkin heikensi säilörehujen hygieenistä laatua kasvattamalla rehujen voihappotiöpitöisyyttä.

Joki-Tokola, E.¹⁾ 1998. The effects of spreading time and technique, and aeration of slurry on yield and quality of grass silage. Publications of Agricultural Research Centre of Finland. Serie A 44. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. 20 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-526-X

¹⁾ Agricultural Research Centre of Finland, Regional Research, North Ostrobothnia Research Station, Tutkimusasemantie 15, FIN-92400 Ruukki, Finland, erkki.joki-tokola@mtt.fi

Abstract

Keywords: Clostridium, ensilability, grassland, silage, slurry

Aerated or non-aerated cattle slurries were spread on grassland by broadcast or band spreading techniques at the North Ostrobothnia Research Station (64°41'N, 25°07'E) in 1992 and 1993. Slurries or a mineral fertiliser (NPK) as control were applied to give soluble N 80 kg ha⁻¹ to the first cut and second-cut forage. The fertiliser value of slurry was better when slurry was

spread before the second cut. There were no differences in dry matter yield. Differences in the fermentation quality between silages were small, with no effects on silage intake. The hygienic quality of silages harvested from slurry-dressed swards was poorer due to the increased number of *Clostridium* spores in the silage.

Sisällys

| | |
|--|----|
| Tiivistelmä | 3 |
| Abstract | 4 |
| 1 Johdanto | 6 |
| 2 Aineisto ja menetelmät | 6 |
| 2.1 Lannoitusmäärät ja -ajankohdat | 6 |
| 2.2 Lietelannan ilmastus | 7 |
| 2.3 Levityslaitteet | 7 |
| 2.4 Sadonkorjuu | 8 |
| 2.5 Ruokintakokeet | 8 |
| 2.6 Kasvustonäytteet | 8 |
| 2.7 Sadon määrä | 8 |
| 2.8 Säilörehun koostumus ja laatu | 9 |
| 2.9 Tilastolliset menetelmät | 9 |
| 3 Tulokset | 9 |
| 3.1 Ilmastetun ja tuoreen liotelannan koostumus | 9 |
| 3.2 Nurmen lannoitus | 10 |
| 3.3 Nurmen kuiva-ainesato ja lannoituksessa käytetyn typen näennäinen hyväksikäyttö | 12 |
| 3.4 Kasvuston ja sitä vastaavan säilörehun kemiallinen koostumus ja rehuarvo | 12 |
| 3.5 Säilörehun säilönnällinen ja hygieeninen laatu | 14 |
| 4 Tulosten tarkastelu | 14 |
| 4.1 Sadon määrä | 14 |
| 4.2 Rehusadon typen määrä | 16 |
| 4.3 Ilmastus | 16 |
| 4.4 Kolibakteerit | 17 |
| 4.5 Voihappotiöt | 17 |
| 4.6 Rehujen käyminen ja kemiallinen koostumus | 18 |
| Kirjallisuus | 19 |

1 Johdanto

Lietelantaa ei ole perinteisesti käytetty kasvavan nurmen lannoituksessa, koska liete- lanta sisältää mikrobeja, jotka voivat pilata säilörehun säilönnällisen ja hygieenisen laa- dun (Pedersen & Guttormsen 1975, O’Kie- ly et al. 1993, Rammer et al. 1994). Liete- lannan sisältämistä mikrobeista säilörehun käymisen kannalta ongelmallisia ovat ente- ro- ja voihappobakteerit. Ne kuluttavat re- hun sokereita, mutta lisäävät kuitenkin verrattain vähän rehun happamuutta. Li- säksi ne kykenevät hajottamaan myös re- hun aminohappoja. Aminohappojen hajoa- mistuotteet kohottavat rehun pH-arvoa ja vähentävät sen maittavuutta. Voihappo- bakteerit säilyvät elinvoimaisina muodosta- miensa itiöiden avulla myös happamassa säilörehussa.

Nurmi soveltuu pitkäikäisenä ja run- saasti ravinteita sitovana kasvina hyvin hi- dasvaikutteisen karjanlannan ravinteiden käyttäjäksi. Nurmisadon mukana voidaan korjata lähes sadon lannoituksessa käytet- tyä typpimäärää vastaava raakavalkuaissato (Mannetje 1994), eikä nurmisadon määrä vähene, vaikka väkilantatyyppi korvataan vastaavalla lietelannan typpimäärällä (Elsa- esser & Kunz 1988). Nurmen pinnalle levi- tetystä lietelannasta haihtuva ammoniakki voi kuitenkin aiheuttaa 24–80 % typpihä- vikin (Beauchamp et al. 1982, Stevens & Logan 1987, Gordon et al. 1988). Nurmen lietelannoituksen hyväksikäyttöaste riip- puukin ensisijaisesti ammoniakkihävikin määrästä (Frost et al. 1990). Lietelannan ty- pen hyväksikäyttöasteella on aiempaa rat- kaisevampi merkitys, koska lietelannan lan- noituksen yhteydessä hukkaantuvaa tyyppiä ei voi nykyisten ympäristötukiehtojen mu- kaan kompensoida väkilannoitusta lisää- mällä.

Nurmen lietelannoituksen aiheuttamaa säilörehun laaturiskiä voidaan teoriassa vä- hentää useilla eri menetelmillä. Lietelannan ilmastus tuhoaa osan lannan sisältämistä haitallisista mikrobeista jo lietevarastossa (Heinonen-Tanski et al. 1993). Lietteen let-

kulevyys voi hajalevitykseen verrattuna pa- rantaa lietelannoitetusta kasvustossa korja- tun säilörehun laatua, koska letkulevyitys peittää vain osan nurmen pinnasta lietteel- lä. Letkulevyitys voi lisäksi vähentää lietelan- noituksen typpihävikkiä ja parantaa lannan ravinteiden levitystasaisuutta (Morken 1992).

Säilörehunurmen lietelannoitus onnis- tuu teknisesti paremmin vasta ensimmäisen niiton jälkeen kesällä, koska pellot kantavat keväällä usein heikosti raskasta levityska- lustoa. Kevätlevitys voi lisäksi heikentää kesälevitystä enemmän säilörehun laatua (Malmqvist & Spörndly 1993).

Tässä tutkimuksessa selvitettiin säilöre- hunurmen lietelannoituksen ajankohdan, lietteen levitystavan ja lietelannan ilmas- tuksen vaikutusta lietelannoitetun nurmi- kasvuston sadon määrään ja koostumuk- seen sekä kasvustosta korjatun säilörehun koostumukseen ja laatuun.

2 Aineisto ja menetelmät

Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa (64°41' N, 25°07' E) tehtiin vuosi- na 1992 ja 1993 nurmen lietelannoitustut- kimus, jossa käytettiin ilmastettua ja tuo- retta lietelantaa. Molemmat lietteet levitet- tiin nurmen pinnalle haja- ja letkulevitti- mellä. Lietelannoitetusta nurmikasvustosta korjatun säilörehusadon määrää, koostu- musta ja laatua verrattiin väkilannoitetusta (N:P:K 17:5:10) kasvustosta korjattuun re- huun.

2.1 Lannoitusmäärät ja -ajankohdat

Liete- ja väkilannan käyttömäärä oli 80 kg N/ha. Lietelannan levitysmäärä laskettiin lannan liukoisen typpipitoisuuden perus- teella. Lietelannoitettuihin kasvustoihin li- sätettiin väkilantaa vain jälkimmäisen vuo- den kevatlannoituksen yhteydessä, jolloin

lietelannoitettujen kasvustojen tyypestä 40 % oli peräisin aiemmin mainitusta NPK-lannoitteesta.

Koenuurmi lannoitettiin vuosittain keväällä ja uudelleen ensimmäisen niiton jälkeen kesällä. Kokeeseen otettiin mukaan jo keväällä lannoitettujen ruutujen lisäksi kesällä uusi koalue, joka lannoitettiin lietteellä vasta nurmen ensimmäisen niiton jälkeen. Uuden koalueen avulla selvitettiin, vaikuttiko kasvukauden aikana toistettu säilörehunurmen lietelannoitus vain kerran tehdystä levityksestä poikkeavasti säilörehusadon määrään tai laatuun.

Jälkimmäisen vuoden koetulokset eivät sisällä ensimmäisen koevuoden koekäsitteilyistä mahdollisesti aiheutuneita jälkivaikutuksia, koska lannoituskokeen paikkaa vaihdettiin ensimmäisen koevuoden jälkeen. Kokeet sijaitsivat molempina vuosina peltolohkolla, joiden maalajina oli saraturve (Taulukko 1).

2.2 Lietelannan ilmastus

Lietelanta ilmastettiin pyöreässä, kattamattomassa betonialtaassa, jonka halkaisija oli 14,50 m ja syvyys 3,0 m. Ilmastus toistettiin vuosittain kaksi kertaa. Ilmastettu lantamäärä oli keskimäärin 300 m³ ilmastuskerroittain. Ilmastin oli potkuri-ilmastin, jonka sähkömoottorin teho oli 7,5 kW. Ilmastin sijoitettiin lietealtaan pohjan tuntumaan ja pumpun turbiini suunnattiin vinoasti altaan keskustaa kohti, jolloin liete saatiin pyörivään liikkeeseen. Liete ilmastettiin

Taulukko 1. Koalueen ravinnetila ja maalaji.

| Vuosi | 1992 | 1993 |
|--------------------------|------|------|
| Maalaji | Ct | Ct |
| pH | 5,30 | 5,31 |
| Ravinnepitoisuus mg/l | | |
| Kalsium | 1899 | 1836 |
| Kalium | 107 | 52 |
| Fosfori | 13,2 | 10,9 |
| Magnesium | 238 | 295 |

molempina koevuosina erikseen molempien niittojen lannoitusta varten. Ensimmäinen ilmastus aloitettiin huhtikuussa ja jälkimmäisen kesäkuun alussa. Ilmastin pyöri keskeytyksettä ilmastuksen ajan. Ilmastuksen tavoitteena oli kohottaa lietteen lämpötila 30 °C:een. Lietteen lämpötila mitattiin koko ilmastuksen ajan päivittäin.

Ilmastetusta lietteestä otettiin ensimmäinen lantanäyte ennen ilmastuksen aloittamista. Seuraavat lantanäytteet otettiin sekä ilmastetusta että tuoreesta lietteestä juuri ennen levitystä. Näytteet jaettiin välittömästi kahteen osaan, joista toinen pakastettiin näytteen myöhemmin tapahtunutta analysointia varten. Toisesta näytteestä määritettiin välittömästi Agros-pikamäärityslaitteella lietteen ammoniumtypipitoisuus. Lietteen levitysmäärä perustui pikamäärityslaitteella analysoituun lietteen liukoisen typen pitoisuuteen.

Lietenäytteiden kokonaistyyppi analysoitiin Khjeldal-polttomenetelmällä ja ammoniumtyyppi määritettiin 2 M KCl-uutoksesta. Analyysit tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksessa Ekologisen tuotannon tutkimusasemalla Partalassa.

Tuore liete varastoitettiin katetussa altaassa. Toiselle nurmisadolle levitetty lietteet sekoitettiin keskenään ennen ilmastuksen aloittamista. Keväällä se ei ollut mahdollista, koska altaat olivat liian täynnä.

2.3 Levityslaitteet

Koeruuduille levitetty lietemäärät punnittiin ruuduittain. Lietteen levitys aloitettiin ilmastetun lietteen levityksellä. Haja- ja letkulevitys tehtiin samalla levitysvaunulla, jolloin levityksen tasaisuus riippui ainoastaan lietteen hajottimen eikä vaunun tyhjennyspumpun toiminnasta. Hajalevitin oli vaunun taakse, noin metrin korkeudelle sijoitettu vastinlevy, jota vasten vaunusta pumpattu liete iskeytyi ja levisi viuhkamaisena kuviona vaunun molemmille puolille. Hajalevityksen työvevyys oli runsaat yhdeksän metriä, eli koeruudun (18 m x 40 m) lannoitus vaati kaksi rinnakkaista ajokertaa.

Letkulevitin koostui vaunun perään asennetusta puomista ja puomiin kiinnitetystä 20 muoviletkusta, jotka laahasivat vapaasti vaunun perässä ja hakeutuivat vaunulla kasvustossa ajettaessa luontaisesti kylvörievien väliin. Letkujen välinen etäisyys oli kasvustossa ajettaessa 300 mm, jolloin letkulevityksen työleveys oli kuusi metriä. Vaunun pumpun ja letkujen välissä oli moottorikäyttöinen jakolaite, joka annosteli lietteen jakolaitteen ulkokehältä lähteviin letkuihin. Jakajan pyörimisnopeus oli 400 r/min. Jakajan terät leikkasivat lietteen mukana mahdollisesti olleet epäpuhtaudet niin, että letkujen lähtöaukot pysyivät avoimina, jolloin liete levisi tasaisesti nurmen pinnalle. Koeruudun lannoitus letkulevityksellä vaati kolme rinnakkaista ajokertaa.

2.4 Sadonkorjuu

Nurmirehu korjattiin säilörehuasteella niitomurskauksen jälkeen pyöröpaaleihin. Korjuu aloitettiin väkilannoitetun ruudun niitolla, jonka jälkeen seuraavaksi niitettiin ilmastetulla lietteellä lannoitetut kasvustot ja viimeiseksi niitettiin tuoreella lietteellä lannoitetut rehut. Rehut korjattiin välittömästi niiton jälkeen pyöröpaaleihin. Paalauksen yhteydessä rehuun lisättiin säilöntäaine (AIV 2 -liuos, 5 l/t). Rehut paalattiin niittoa vastaavassa järjestyksessä. Ne kerättiin välittömästi paalauksen jälkeen ja kiedottiin käärintälaitteella kuuden muovikelmukerroksen sisään. Rehupaalit varastoitiin ulos pellolle.

2.5 Ruokintakokeet

Paaleista otettiin seuraavan vuoden helmikuussa edustavat rehunäytteet, jonka jälkeen rehut syötettiin 32 ayrshire-sonnille. Sonnit järjestettiin aluksi elopainon perusteella viiteen ryhmään. Ensimmäisenä koevuonna säilöttyjä rehuja syötettiin 18 ruokintapäivää sonneille, joiden keskimääräinen

elopaino oli 126 kg. Jälkimmäisen koevuoden rehuja syötettiin 27 ruokintapäivää sonneille, joiden elopaino oli keskimäärin 367 kg. Sonnit saivat kokeen ajan vapaasti säilörehua ja rajoitetusti ohraa. Ohramäärä oli keskimäärin 30 % sonnien päivittäisestä kokonaiskuiva-aineen syönnistä. Ruokintakokeessa selvitettiin säilörehujen mahdolliset maittavuuserot.

2.6 Kasvustonäytteet

Kasvustoista otettiin ruuduittain juuri ennen niittoa viisi näytettä, jotka yhdistettiin yhdeksi kokonaisnäytteeksi. Osanäytteet otettiin käsin leikkaamalla. Näytteestä määritettiin kasvuston voihappoitiöpitoisuus ja kolibakteeripitoisuus. Voihappoitiömääritys tehtiin RCM-agarikasvualustalla niin, että näytteiden vesilaimennoksia pidettiin 7 vrk +37 °C:ssa. Määrityksen alaraja oli 10 kpl/g. Näytteiden klostridipitoisuus pääteltiin kaasunmuodostuksen perusteella. Klostridimäärä ilmoitettiin muodossa CFU (colon forming unit) kpl/g tuoretta rehua. Kasvustonäytteistä määritetyn *E. coli* -bakteerin somaattisen kolifaagin ATCC 13706 määrä kuvaa näytteen ulosteperäisten enterobakteereiden määrää. Kolibakteerimääritys tehtiin Jääskeläisen (1993) mukaan Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksella.

2.7 Sadon määrä

Nurmisadon määrä mitattiin kolmen, koevuotujen lannoitussuuntaan nähden kohtisuoraan leikatun osanäytteen (1,5 m x 18 m) keskiarvona. Satonäytteet leikattiin Haldrup-niittolaitteella. Satonäytteistä määritettiin nurmisadon määrän lisäksi myös kasvustojen kuiva-aine-, tuhka-, raakavalkuais- ja raakakuitupitoisuus. Määritykset tehtiin standardimenetelmän Maatalouden tutkimuskeskuksessa Lapin tutkimusasemalla Rovaniemen maalaiskunnassa.

2.8 Säilörehun koostumus ja laatu

Rehupaaleista otetuista näytteistä (2 kpl/paali) määritettiin säilörehun kemiallinen koostumus NIR -menetelmällä ja säilönnällinen laatu titraamalla. Analyysit tehtiin Valion Pohjois-Suomen aluelaboratoriossa Haapavedellä. Säilörehujen rehuarvot estimoitiin rehujen kemiallisen koostumuksen perusteella. Toisesta rehunäyttestä analysoitiin säilörehujen kolibakteeri- ja voihappoitiöpitoisuudet. Koliryhmän bakteerit määritettiin VRB –agarkasvualustalla pitämällä näytemaljoja 24 tuntia 30 °C:ssa. Määrityksen alaraja oli 10 kpl/g. Jos näytteiden mikrobipitoisuus alitti määrittäysrajan, näytteen mikrobipitoisuutena käytettiin määrityksen alarajan ja nollan keskiarvoa. Vuoden 1992 rehujen analyysit tehtiin Valion tutkimus- ja tuotekehittelylaboratoriossa Helsingissä. Jälkimmäisen vuoden rehut analysoitiin Raahan seudun Kansanterveystyön Kuntayhtymän elintarvikelaboratoriossa Raahessa.

2.9 Tilastolliset menetelmät

Kokeen tulokset laskettiin SAS-ohjelman GLM-proseduurilla. Koemalli oli lohkoittain satunnaistettu koe, jossa oli kolme kerrannetta. Kokeessa testattiin sadon niittoajankohdan ja nurmen lannoitustavan vaikutusta säilörehunurmen sadon määrään ja laatuun. Malliin ei otettu mukaan koevuotta (Kaava 1). Keskiarvojen erojen merkitsevyys ($p < 0,05$) testattiin Tukey'n testillä. Testin tulokset näkyvät keskiarvojen yläviitteeksi sijoitettuina kirjaintunnuksina. Jos keskiarvojen tunnukset poikkeavat toisistaan, keskiarvojen välinen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p > 0,05$). Ruokintakoe-tulosten testauksessa mallista jätettiin pois niittoajankohta.

Kaava 1.

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + T_j + R_k + e_{ijkl}, \text{ missä}$$

C = niitto

T = lannoitustapa

R = kerranne

3 Tulokset

3.1 Ilmastetun ja tuoreen lietelannan koostumus

Lietteen lämpötila kohosi molempien ilmastusten aikana lähes lineaarisesti. Lämpötilan kohoamista kuvaavat regressioyhtälöt laskettiin erikseen huhtikuussa (Kaava 2) ja kesäkuussa (Kaava 3) aloitettua ilmastusta varten. Kaavan 2 heikompi selitysaste johtui siitä, että liete oli keväällä jäässä vain jälkimmäisenä koevuonna, koska ensimmäisenä koevuonna lietettä ilmastettiin jaksoittain koko talven ajan. Kymmenen minuutin ilmastus kahden tunnin välein esti lietteen jäätyä ja lietteen lämpötila oli huhtikuussa jatkuvan ilmastuksen käynnistyessä jo 12 °C. Jälkimmäisenä keväänä vastaava lämpötila oli jääkuoren peittämässä lietteessä vain 1,6 °C.

Kaava 2.

$$Y = 0,60x + 5,13 \quad (r^2 = 0,45)$$

Kaava 3.

$$Y = 0,80x + 11,64 \quad (r^2 = 0,91)$$

Keväällä ilmastetun lietteen lämpötila jäi kesällä ilmastetun lietteen lämpötilaa matalammaksi. Ero johtui keväällä ilmastettujen lietteiden matalammasta alkulämpötilasta ja hitaammasta lämpenemisestä. Koska keväällä ilmastukseen ei ollut käytettävissä riittävästi aikaa, lietteen lämpötila saavutti ilmastuksen yhteydessä tavoitellun 30 °C:ta vain kesällä tehdyn ilmastuksen aikana.

Ilmastuspumpun teho ja ilmastetun liettemäärän suhde (30 W/m³) oli potkuri-ilmastimille todetulla optimaalueella 30–50 W/m³ (Oechsner 1991). Karhusen (1990) mukaan vastaava suhde voi olla tosin puolet pienempikin (15 W/m³). Ilmastimelta vaadittavaan tehoon vaikuttaa mm. lietteen kuiva-ainepitoisuus niin, että ilmastuskelpoisen lietteen kuiva-ainepitoisuuden ylärajana pidetään 8–10 %:a (Skjelhaugen & Gjervan 1988). Lietteiden kuiva-ainepitoisuus oli kokeissamme pieni (3–6 %).

Taulukko 2. Ilmastuksen vaikutus lietelannan kokonaistypen ja liukoisen typen pitoisuuteen ja lannan hygieeniseen laatuun ensimmäisenä koevuonna 1992.

| | Ilmastuskerta | |
|--|---------------|------|
| | 1. | 2. |
| Lämpötila ilmastuksen jälkeen, °C | 22,3 | 31,8 |
| Kokonaistyyppi, kg t ⁻¹ | | |
| Ennen ilmastusta | 2,55 | 3,86 |
| Ilmastuksen jälkeen | 1,68 | 2,46 |
| Liukoinen typpi kg t ⁻¹ | | |
| Ennen ilmastusta | 1,11 | 1,59 |
| Ilmastuksen jälkeen | 0,99 | 1,70 |
| ¹⁾ Kolifaagi 13706, log pfu g ⁻¹ | | |
| Ennen ilmastusta | 2,0 | 3,3 |
| Ilmastuksen jälkeen | ei todettu | 1,6 |
| ²⁾ Voihappotiöt, log cfu g ⁻¹ | | |
| Ennen ilmastusta | 3,3 | 4,4 |
| Ilmastuksen jälkeen | 3,5 | 4,1 |

¹⁾pfu=plaque-forming unit

²⁾cfu=colon-forming unit

Lietteen kokonaistyyppipitoisuus väheni ilmastusten aikana keskimäärin 35 %:a. Samanaikaisesti lietteen liukoisen typen pitoisuus väheni keskimäärin vain kaksi prosenttia (Taulukko 2). Ilmeisesti lietteen orgaanisesta aineksesta vapautuneet typpiyhdisteet korvasivat lähes täysin lietteestä haihtuneen ammoniakkin. Vaikka lietteen lämpötila kohosi jälkimmäisen ilmastuksen yhteydessä selvästi korkeammalle, se ei kuitenkaan lisännyt merkittävästi lietteestä haihtuneen ammoniakkin määrää.

Lietelannan sisältämien suolistoperäisten mikrobien määrä vähenee luontaisesti lietteen varastoinnin aikana. Niiden tuhoutumista voidaan edelleen nopeuttaa lietteen lämpötilaa kohottamalla. Ilmastus vähensi selvästi molemmilla ilmastuskerroilla lietteen kolifaagien määrää, mutta se ei vaikuttanut lainkaan voihappotiöiden määrään (Taulukko 2).

Pääravinteiden pitoisuus ilmastetussa ja tuoreessa lietteessä poikkesivat selvästi toi-

sistaan (Taulukko 3). Ilmastus vähensi lietteen kokonaistypen pitoisuutta ja nosti lietteen pH-lukua. Lietteiden koostumusta voi verrata vain jälkimmäisille niitoille levitettyjen lietteiden kesken, koska lietteet sekoitettiin keskenään ennen ilmastuksen aloittamista toisessa altaassa. Keväällä ilmaste-
tun lietteen ravinnepitoisuutta laimensi sen sisäruokintakauden aikainen varastointi kattamattomassa lietealtaassa.

3.2 Nurmen lannoitus

Nurmen kevätlannoitus tehtiin toukokuun lopussa heti, kun pellonpinnan kantavuus sen salli. Toinen sato lannoitettiin heinäkuun alussa (Taulukko 4.). Kevätlannoituksen ja niiton väli oli keskimäärin runsaat neljä viikkoa. Ensimmäisen koevuoden kevät-
sadan kasvukausi oli lämmin ja kuiva. Kuivuus ilmeisesti jopa rajoitti hiukan nurmen kasvua. Ensimmäinen sade tuli vasta

Taulukko 3. Tuoreen ja ilmastetun lietteen happamuus ja liukoisten pääravinteiden pitoisuus lietteessä. Analyysitulokset koevuosittain, levityskerroittain ja lantatyypeittäin.

| | Tuore liete | | | | Keski- arvo | Ilmastettu liete | | | | Keski- arvo |
|--------------------------------|-------------|------|------|------|----------------|------------------|------|------|------|----------------|
| | 1992 | | 1993 | | | 1992 | | 1993 | | |
| Ilmastuskerta | 1. | 2. | 1. | 2. | | 1. | 2. | 1. | 2. | |
| pH | 7,58 | 7,51 | 7,68 | 7,73 | 7,63 | 7,96 | 7,60 | 8,18 | 7,91 | 7,91 |
| Lietteessä, kg t ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| Liukoinen N | 2,34 | 2,19 | 2,30 | 2,10 | 2,24 | 0,99 | 1,7 | 1,23 | 2,03 | 1,49 |
| Liukoinen P | 0,30 | 0,40 | 0,38 | 0,31 | 0,35 | 0,11 | 0,45 | 0,27 | 0,26 | 0,27 |
| Liukoinen K | 4,13 | 3,78 | 2,86 | 2,90 | 3,42 | 2,68 | 3,74 | 3,19 | 3,20 | 3,20 |

Taulukko 4. Nurmen lannoitus- ja niittopäivämäärät sekä rehusadon kasvuajana kertynyt lämpö- ja sademäärä.

| Niitto Vuosi | 1. | | 2. | |
|---|-------|-------|------|------|
| | 1992 | 1993 | 1992 | 1993 |
| Lannoitus, pvm | 28.5. | 26.5. | 1.7. | 7.7 |
| Niitto, pvm | 25.6. | 30.6. | 26.8 | 20.8 |
| Kasvu aika, vrk | 28 | 35 | 56 | 44 |
| Lämpösumma, °C | 266 | 157 | 439 | 454 |
| Sademäärä, mm | 18 | 46 | 184 | 106 |
| Ensimmäinen sade vrk:ia levityksestä | 17 | 2 | 1 | 1 |

lähes kolme viikkoa lannoituksen jälkeen. Jälkimmäisen koevuoden kevätsadon kasvua rajoitti veden puutteen sijasta sään viileys. Ensimmäinen sade tuli pian lannoituksen jälkeen.

Toisen sadon kasvunopeutta rajoitti molempina koevuosina lämpö. Ensimmäiset sateet tulivat molempina koevuosina heti lannoituksen jälkeen.

Kokeen typpilannoitusmäärä (80 N kg ha⁻¹) oli nurmen kevätsadolle suositeltua typpimäärä (110 N kg ha⁻¹) pienempi, mutta vastasi säilörehunurmen toiselle niitolle suositeltua typpilannoitusta. Kokeessa toteutunut lannoitusmäärä ylitti kuitenkin tavoitellun määrän (Taulukko 5). Ylitys johtui siitä, että pikamäärityslaitteella mitattu lietteen typpipitoisuus jäi pienem-

mäksi kuin rinnakkaisnäytteistä myöhemmin kemiallisella standardimenetelmällä määritetty typpipitoisuus. Pikamäärityksen ja kemiallisen analyysin typpipitoisuuden ero riippui lannasta niin, että ilmastetusta lietteestä mitatut lukemat vastasivat paremmin kemiallisen analyysin tuloksia.

Lietteen letkulevitys lisäsi hiukan levitettyä liettemäärää, vaikka lietteiden levitysmäärä säädettiin ennen lannoitusta molemmilla levitystavoilla yhtä suuriksi. Kokeessa havaittu ero saattoi johtua siitä, että letkulevitetystä lietteestä valui suurempi osa koeruutujen välissä olevalle käytävälle. Hävikkiä syntyi aina koeruudun yli ajon jälkeen, kun levityskalusto käännettiin seuraavaa ajokertaa varten. Koska letkulevitys vaati kolme ajokertaa hajalevityksen kah-

Taulukko 5. Nurmen ensimmäiselle ja toiselle niitolle levitetyn liukoisen typen, fosforin ja kaliumin keskimääräinen levitysmäärä. Niittojen ja lannoitustapojen keskiarvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p>0,05$), jos keskiarvot on merkitty eri yläindekseihin.

| | Niitto | | | Ilmastettu lietelanta | | Tuore lietelanta | | NPK | SE ¹ |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 2 ² | 2 ³ | Haja-levitys | Letku-levitys | Haja-levitys | Letku-levitys | | |
| Liete, t ha ⁻¹ | 51,5 ^a | 43,1 ^b | 42,6 ^b | 50,1 ^a | 50,3 ^a | 39,8 ^b | 43,0 ^b | 0 | 1,90 |
| Liukoisia ravinteita, kg ha ⁻¹ | | | | | | | | | |
| Typpi | 93 ^a | 85 ^b | 85 ^b | 82 ^a | 84 ^a | 93 ^b | 100 ^b | 80 ^a | 3,64 |
| Fosfori | 19 | 17 | 17 | 16 ^a | 16 ^a | 16 ^a | 17 ^a | 24 ^b | 1,97 |
| Kalium | 149 ^a | 126 ^b | 124 ^b | 167 ^a | 165 ^a | 141 ^b | 151 ^{ab} | 40 ^c | 9,62 |

¹Keskiarvon keskivirhe

²Lietelanta molemmille niitoille

³Lietelanta vain jälkimmäiselle niitolle

den sijasta, letkulevityksessä hävikki oli myös hiukan suurempi.

Nurmen typpilannoitustarpeen mukainen lietalannoitus johti lietalannan ravinnesuhteiden takia siihen, että lietalannoitus tyydytti samalla myös nurmen fosforitarpeen ja täytti moninkertaisesti nurmen kaliumtarpeen. Nurmen kasvua rajoitti säätekijöiden ohella todennäköisimmin typpilannoitus.

3.3 Nurmen kuiva-ainesato ja lannoituksessa käytetyn typen näennäinen hyväksikäyttö

Kevätsato oli kaikilla lannoitustavoilla toista satoa pienempi (Taulukko 6). Se johtui todennäköisesti siitä, että nurmi voitiin lannoittaa keväällä suhteellisen myöhään. Lietelannoituksen osittainen korvaaminen väkilannalla jälkimmäisen koevuoden kevätlannoituksessa puolestaan lisäsi selvästi satoa. Lietelannan käyttö kevätlannoituksessa vähensi vielä toisenkin niiton satoa.

Kuiva-ainesadon mukana pellolta palautui lähes poikkeuksetta lannoituksessa käytettyä määrää suurempi typpimäärä. Poikkeuksen muodostivat ensimmäisen niiton lietalannoitetut koejäsenet. Tuolloin

lietalannoitettujen rehusatojen mukana palasi näennäisesti keskimäärin 85 % lietteen mukana levitetystä typpimäärästä. Väkilannoitetun rehun vastaava luku oli 110 %.

3.4 Kasvuston ja sitä vastaavan säilörehun kemiallinen koostumus ja rehuarvo

Lietelannoitus lisäsi rehujen tuhkapitoisuutta. Koska kasvustonäytteistä ei kuitenkaan määritetty kivennäispitoisuuksia, ei ole tiedossa, lisäksi lietalannoitus tasaisesti kaikkien kivennäisainesten määrää kasvissa.

Letkulevittimellä lannoitettujen kasvustojen raakavalkuaispitoisuus oli korkeampi kuin hajalevittimellä lannoitettujen (Taulukko 7). Mainittu ero oli tilastollisesti merkitsevä kuitenkin vain ilmastetun lietteen hajalevityksen ja tuoreen lietteen letkulevityksen välillä. Ilmastetulla tai tuoreella lietteellä lannoitettujen kasvustojen raakavalkuaispitoisuusero syntyi ainakin osittain siksi, että ilmastetulla lietteellä lannoitetut kasvustot saivat vähemmän typpeä.

Säilörehujen raakavalkuaispitoisuus oli vastaavan kasvuston raakavalkuaispitoi-

Taulukko 6. Nurmen kuiva-ainesato ja sadon mukana korjatun typen määrä niitoittain ja lannoitustavoittain. Niittojen ja lannoitustapojen keskiarvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p>0,05$), jos keskiarvot on merkitty eri yläindekseihin.

| | Niitto | | | Ilmastettu lietelanta | | Tuore lietelanta | | NPK | SE ¹ |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------|------------------|---------------|------|-----------------|
| | 1 | 2 ² | 3 ³ | Haja-levitys | Letku-levitys | Haja-levitys | Letku-levitys | | |
| Nurmisato kg ka ha ⁻¹ | 4073 ^a | 4438 ^b | 4700 ^b | 4432 | 4498 | 4257 | 4328 | 4503 | 240 |
| Lannoitetyypistä rehusadossa, % | 91 ^a | 135 ^b | 127 ^b | 119 | 127 | 107 | 107 | 128 | 10,38 |

¹Keskiarvon keskivirhe

²Lietelanta molemmille niitoille

³Lietelanta vain jälkimmäiselle niitolle

Taulukko 7. Kasvuston ja sitä vastaavan säilörehun kemiallinen koostumus ja sen perusteella laskettu rehuarvo. Niittojen ja lannoitustapojen keskiarvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p>0,05$), jos keskiarvot on merkitty eri yläindekseihin.

| | Niitto | | | Ilmastettu lietelanta | | Tuore lietelanta | | NPK | SE ¹ |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| | 1 | 2 ² | 3 ³ | Haja-levitys | Letku-levitys | Haja-levitys | Letku-levitys | | |
| Kasvusto | | | | | | | | | |
| Kuiva-aine, g kg ⁻¹ | 196 ^a | 143 ^b | 153 ^b | 166 | 165 | 164 | 157 | 168 | 0,52 |
| Kuiva-aineessa, g kg | | | | | | | | | |
| Tuhka | 74 ^a | 82 ^b | 83 ^b | 83 ^a | 81 ^a | 82 ^a | 81 ^a | 73 ^b | 3,95 |
| Raakavalkuainen | 128 ^a | 160 ^b | 142 ^c | 135 ^a | 144 ^{ab} | 143 ^{ab} | 153 ^b | 142 ^{ab} | 6,64 |
| Raakakuitu | 304 ^a | 278 ^b | 313 ^a | 298 | 296 | 302 | 294 | 302 | 7,34 |
| Säilörehu | | | | | | | | | |
| Kuiva-aine, g kg ⁻¹ | 221 ^a | 195 ^b | 185 ^b | 197 | 198 | 199 | 201 | 206 | 7,30 |
| Kuiva-aineessa, g kg ⁻¹ | | | | | | | | | |
| Raakavalkuainen | 133 ^a | 177 ^b | 166 ^c | 156 | 161 | 155 | 162 | 155 | 5,96 |
| Raakakuitu | 325 ^a | 282 ^b | 299 ^c | 302 | 300 | 307 | 298 | 302 | 4,79 |
| Säilörehun rehuarvo | | | | | | | | | |
| ry-arvo, ry kg ka ⁻¹ | 0,87 ^a | 0,96 ^b | 0,94 ^c | 0,92 | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,91 | 0,01 |
| OIV, g kg ka ⁻¹ | 78 ^a | 86 ^b | 84 ^c | 82 | 83 | 82 | 84 | 82 | 0,99 |

¹Keskiarvon keskivirhe

²lietelantakäsittelyt molemmilla niitoilla

³Lietelantakäsittelyt vain toiselle niitolle

suutta korkeampi. Ero johtui ehkä siitä, että raaka-ainenäytteiden raakavalkuaispitoisuus määritettiin perinteisellä kemiallisella analyysillä, mutta säilörehujen raakavalkuaispitoisuus määritettiin NIR -analytiikalla.

Säilörehujen keskinäiset koostumuserot jäivät molemmilla analyysitavoilla vähäisiksi, minkä takia myös säilörehujen rehuarvojen erot olivat mitättömän pieniä.

3.5 Säilörehun säilönnällinen ja hygieeninen laatu

Säilörehujen keskimäärin matala pH-arvo osoitti rehujen säilyneen melko hyvin. Kaikkien lietelannoitettujen rehujen pH-arvot olivat korkeampia kuin väkilannoitetun rehun. Lietelannoitettujen rehujen pH-arvoa nosti rehujen pidemmälle edennyt rehuvalkuaisen hajoaminen. Lietelannoitettujen rehujen suurempi maitohappopitoisuus säilytti kuitenkin niiden happamuuden riittävän matalana, vaikka muuttaman yksittäisen rehun pH-arvo oli jo arveluttavan korkea.

Lietelannoitettujen säilörehujen suurempi ammoniakkipitoisuus saattoi johtua niiden väkilannoitettua rehua voimakkaammasta voihappokäymisestä. Säilörehun proteolyttiset voihappobakteerit kykenevät hajottamaan rehuvalkuaisen aina ammoniakiksi saakka. Rehujen voihappokäymisen voimakkuudesta ei kuitenkaan ole suoranaista näyttöä, koska säilörehuista ei voitu määrittää titraustekniikalla erikseen kaikkien kolmen haihtuvan rasvahapon pitoisuutta. Rehuissa etikkahapon ohella mahdollisesti esiintyneet propioni- ja voihappo sisältyvät rehun etikkahappopitoisuutena esitettyyn lukuarvoon. Lietelannoitus lisäsi säilörehujen etikkahappopitoisuutta ($p > 0,03$).

Hyvälaatuisen säilörehun kolibakteeripitoisuuden tulee olla alle 100 kpl/g. Kaikkien koerehujen keskimääräinen kolibakteeripitoisuus ylitti mainitun raja-arvon. Rehunäytteiden kolipitoisuuden hajonta oli kuitenkin hyvin suuri.

Nurmikasvustoista käsin otetut näytteet eivät sisältäneet voihappoitiitä. Voihappoitiitä löytyi kuitenkin kaikista säilörehuista (Taulukko 8). Lietelannoitettujen säilörehujen voihappoitiöt saattoivat olla peräisin joko lietelannasta tai peltomaasta. Ilmeisesti hajalevitys lisäsi lantajäämien kulkeutumista pellolta rehuun, koska letkulevittimellä lietelannoitetut säilörehut sisälsivät keskimäärin hajalevittimellä lannoitettujen rehuja vähemmän voihappoitiitä ($p > 0,01$).

Koerehujen maittavuuserot jäivät ruokintakokeessa hyvin vähäisiksi (Taulukko 9.). Lietelannoitetuista säilörehuista löytyneet voihappoitiöt olivat ilmeisesti pysyneet rehujen riittävän happamuuden turvin lisääntymiskyvyttömässä itiömuodossa. Niiden muuttuminen rehuissa lisääntymiskykyisiksi voihappobakteereiksi olisi johtanut helposti rehun maittavuuden vähentymiseen.

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Sadon määrä

Säilörehunurmen keväsato oli käytännön nurmiviljelystä poiketen syysatota pienempi. Kevätsadon määrää vähensi nurmen tavanomaista myöhäisempi lannoitusajankohta ja kevätsadon tavanomaista pienempi lannoitusmäärä.

Lietteen letkulevitys ja ilmastus lisäsivät hiukan satoa. Letkulevityksellä saatu sadonlisäys saattoi johtua lietelannan tehokkaammasta typen hyväksikäytöstä. Letkulevitys ainakin kohotti hiukan sekä ilmastetulla että tuoreella lietteellä lannoitetun kasvuston raakavaluonaispitoisuutta. Lietteen letkulevitys vähensi Frostin et al. (1990) tutkimuksessa hajalevitykseen verrattuna jopa 40 %:lla ammoniakkin haihtumishävikkiiä.

Letkulevityksellä saatu hieman suurempi sato saattoi johtua myös lietelannan ravinteiden tasaisemmasta levityksestä. Thyelius (1986) totesi, että nurmelle letkulevitetyt lietelannan typen hyväksikäyttö on yleensä tehokkaampaa kuin hajalevitetyt. Letkulevittimen letkujen välisen etäisyyden tulee kuitenkin olla alle 50 cm. Ravinteiden epätasaisesta levityksestä mahdollisesti aiheutunut satotappio oli kokeessa varmaankin keskimääräistä pienempi. Käytännön lannoituksissa hajalevittimellä ei päästä vastaavaan lietteen levitystasaisuuteen kuin mekoalojen lannoituksissa pääsimme.

Lietteen letkulevitys ei kuitenkaan li-

Taulukko 8. Säilörehun säilönnällinen ja hygieeninen laatu. Niittojen ja lannoitustapojen keskiarvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p>0,05$), jos keskiarvot on merkitty eri yläindekseihin.

| | Niitto | | | Ilmastettu lietelanta | | Tuore lietelanta | | NPK | SE ¹ |
|------------------------------------|--------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | 1 | 2 ² | 2 ³ | Haja-levitys | Letku-levitys | Haja-levitys | Letku-levitys | | |
| pH | 4,03 | 4,00 | 4,05 | 4,03 | 3,99 | 4,13 | 4,05 | 3,92 | 0,09 |
| Kuiva-aineessa, g kg ⁻¹ | | | | | | | | | |
| Sokerit | 49 | 59 | 60 | 57 | 51 | 45 | 59 | 67 | 9,50 |
| Maitohappo | 40 | 57 | 40 | 46 | 51 | 42 | 47 | 43 | 6,23 |
| Etikkahappo | 13 | 9 | 10 | 12 | 12 | 11 | 12 | 7 | 3,36 |
| Ammoniakki | | | | | | | | | |
| %:a kokonais N:stä | 10 | 12 | 10 | 11 | 12 | 11 | 11 | 8 | 2,83 |
| Säilörehun hygieeninen laatu | | | | | | | | | |
| Kolibakteerit | 3,36 | 4,63 | 2,02 | 3,65 | 4,74 | 2,36 | 2,83 | 4,23 | 4,64 |
| Voihappotiöt | 1,69 | 1,08 | 1,30 | 1,70 ^{ab} | 1,12 ^b | 1,87 ^a | 0,54 ^b | 0,17 ^b | 1,33 |

¹Keskiarvon keskivirhe

²Myös ensimmäinen niitto lannoitettiin lietteellä

³Vain toinen niitto lannoitettiin lietteellä

Taulukko 9. Sonnien ruokintakokeessa rajoitetusti tarjotun väkirehun ja vapaasti annettujen koe-säilörehujen päivittäiset syöntimäärät. Taulukossa esitetään säilörehuille niiden käymislaadun perusteella ennustettu suhteellinen maittavuus.

| | Ilmastettu lietelanta | | Tuore lietelanta | | NPK |
|-------------------------------|-----------------------|---------------|------------------|---------------|------|
| | Haja-levitys | Letku-levitys | Haja-levitys | Letku-levitys | |
| Syönti, kg ka d ⁻¹ | | | | | |
| Ohra | 1,70 | 1,68 | 1,72 | 1,71 | 1,70 |
| Säilörehu | 3,82 | 3,74 | 3,88 | 3,60 | 3,74 |
| Yhteensä | 5,50 | 5,42 | 5,60 | 5,31 | 5,44 |

sännyt kokeessa nurmisatoa tilastollisesti merkitsevästi. Samaan tulokseen on päädytty myös muissa tutkimuksissa (Rodhe et al. 1988, Elmqvist et al. 1996).

Ilmastetun lietteen antama suurempi sato saattoi johtua siitä, että ilmastus nopeutti lietteen orgaanisten ravinteiden hajoamisnopeutta pellolla (Tveitnes & Håland 1989). Lietteen ilmastus ei kuitenkaan lisännyt nurmisadon määrään tilastollisesti

merkitsevästi. Samaan tulokseen päätyivät myös Vetter et al. (1987), kun he tekivät yhteenvedon 34 nurmen lietelannoituskokeesta, joissa vertailtiin ilmastettua ja tuoretta lietelantaa. Ilmastettu liete lisäsi nurmisadon määrää 14:ssä ja tuore liete 20:ssä kokeessa. Erot eivät kuitenkaan olleet yleensä tilastollisesti merkitseviä.

4.2 Rehusadon typpimäärä

Nurmisadon mukana korjatun ja lannoiteteissa pellolle levitetyn typpimäärän suhde oli näennäinen (Taulukko 6). Rehusadossa korjattu typpimäärä sisälsi lannoitetyypin ohella myös peltomaasta mineralisoitunutta typpeä. Mineralisoituneen typen osuus rehusadossa estimoitiin lannoittamattomien koerutujen ensimmäisenä koevuonna kasvustojen mukana korjatun typpisadon avulla. Kun rehusadon typpimäärästä vähennettiin maasta mineralisoituneen typen osuus ja lietteiden typpimäärä laskettiin niiden kokonaistyppipitoisuuden perusteella, väkilannoitetussa sadossa oli 89 % nurmelle levitetystä typpimäärästä. Lietelannoitetuissa sadoissa vastaava osuus oli keskimäärin 41 %. Lietelannoitusmenetelmät eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi edellä mainittuun suhteeseen.

Osa liotelannoitusten tyypestä saattoi palautua vasta seuraavien nurmisatojen mukana. Nurmen liotelannoituskokeissa lannoituksen jälkivaikutus on yleensä jäänyt hyvin vähäiseksi (Meer et al. 1987) varsinkin, jos liete on levitetty nurmen pinnalle (Kemppainen 1989).

4.3 Ilmastus

Lietteen lämpötilan kohottaminen 30 °C:een vaati keväällä tehdyssä ilmastuksessa 42 vrk ja kesällä tehdyssä ilmastuksessa 23 vrk (Kaavat 2 ja 3). Kevätilmastuksen kesto lisäsi lietteen matala alkulämpötila ja lämpötilan hitaampi kohoaminen, mikä johtui siitä, että osa energiasta kului jään sulatukseen. Lietteen lämpötila kohosi ilmastuksissamme ilmeisesti keskimäärin hitaammin. Esimerkiksi Skeljhaugenin ja Gjervanin (1988) norjalaisilla maataloilla tekemässä tutkimuksessa liete lämpeni huomattavasti nopeammin, eli 1,5 °C d⁻¹.

Lietteen lämpötilan kohoamisnopeus vaikutti ratkaisevasti ilmastuksen aiheuttamiin kustannuksiin. Ilmastusten sähkönkulutus oli kokeissamme ilmastinpumpun nimellistehon perusteella laskien ilmastusker-

roittain 25 kWh/m³ ja 14 kWh/m³. Kun sähkön hinta oli 0,30 mk/kWh, vastaava sähkökustannus oli puolestaan 7,50 mk/m³ ja 4,10 mk/m³. Kun kustannuksiin lisättiin myös lietteen ilmastuksen kiinteät kustannukset, ilmastuskustannus kohosi runsaaseen 10 mk/m³. Kustannusta on pidettävä suurena, sillä lietelannan ravinteiden arvo pellolle levitettyinä on vain runsaat 20 mk/m³.

Ilmastus vähensi selvästi lietteen typpipitoisuutta. Tavanomaisesti varastoidun naudnan lietelannan typpihävikki jää pieneksi, koska lietteen pinnalle luontaisesti muodostuva kuorikerros estää ammoniakkin haihtumisen (Svensson 1991). Lisäksi lietteen vähäinen kuiva-ainepitoisuus estää lannan orgaanisen aineksen aerobisen hajoamisen, jolloin lietteen pH ja lämpötila eivät kohoa varastoinnin aikana. Pääosa tavanomaisesti varastoidun naudnan lietelannan ammoniakkihävikistä syntyykin vasta siinä vaiheessa, kun liete sekoitetaan ennen levitystä (Svensson 1991). Lietteen ilmastus puolestaan kohottaa sekä lietteen lämpötilaa että pH-arvoa, mikä nopeuttaa lieteeseen vapautuneen ammoniumtypen muuttumista haihtumiselle alttiiksi ammoniakiksi (Srinath & Loehr 1974). Lietteen jatkuva sekoitus ja altaan pohjalta pintaan kupliva ilma kuljettavat ammoniakkin lietaltaan pinnalle, josta haihtuminen tapahtuu. Ilmastuksen yhteydessä lietteen pinnalle muodostuva vaahtokerros ilmeisesti osaltaan vähentää ammoniakkin haihtumishävikkiä. Ammoniakkin haihtumishävikki pysyy kohtuullisena, jos lietteen lämpötila ei kohoa yli 30 °C:een eikä sen pH arvo ylitä arvoa 7,9 (Besson et al. 1986). Ilmastustemme lämpötila ei ylittänyt ohjearvoa, mutta lietteen pH-arvo ylitti.

Ilmastuksen aiheuttama lietelannan kokonaistyppipitoisuuden muutos oli suurempi kuin Jääskeläisen (1993) suomalaisilla maataloilla tekemässä tutkimuksessa, jossa lietteen ilmastus vähensi keskimäärin 19 % lietteen typpipitoisuutta. Samanlaisen tuloksen päätyivät myös Vetter et al. (1987) 63 ilmastusta käsitäneessä koeksassa, jossa sian ja naudnan lietteen ilmas-

tus vähensi keskimäärin 20 % lietelannan typpipitoisuutta.

Ilmastuksen aiheuttamaa lietteen kokonaistyyppipitoisuuden muutosta ei voida tulkita suoraan typpihävikiksi. Typpihävikin tarkka mittaaminen olisi edellyttänyt, että ilmastettu lietemäärä olisi mitattu ennen ilmastusta ja uudelleen sen jälkeen, koska altaasta haihtui ilmastuksen yhteydessä ammoniakkin ohella myös mm. ravinteita ja vettä. Ilmastettavan lietemäärän tarkka mittaaminen oli lietteen vaahtoamisen takia niin vaikeaa, että luovuimme siitä.

4.4 Kolibakteerit

Ilmastus vähensi selvästi lietteen *E. coli*-pitoisuutta kuvaavien kolifaagien määrää. Lietelannan kolibakteeripitoisuuden väheneminen vähensi tietysti samalla myös pelolle levitettyjen kolien määrää. Koska nurmen lietelannoituksen on todettu lisäävän kasvuston kolibakteeripitoisuutta, lietteen kolibakteeripitoisuuden vähentymisestä oli periaatteessa etua. Nurmikasvien pinnalle jäävät kolibakteerit eivät kuitenkaan säily lisääntymiskykyisinä sadon korjuuseen saakka. (Östling & Lindgren 1991). Kolibakteerien tuhoutumisnopeus riippuu säätelijöistä. Kirkas auringonpaiste, ilman pieni suhteellinen kosteus ja korkea lämpötila nopeuttavat kolien tuhoutumista (Bell 1976). Sateen vaikutus on sinällään melko pieni (Brown et al. 1980).

Östlingin ja Lindgrenin (1991) tekemässä säilöntäkokeessa nurmisäilörehun korjuun yhteydessä tapahtunut saastuminen kohotti rehumassan kolibakteeripitoisuuden 15 kertaa kasvuston alkuperäistä pitoisuutta suuremmaksi. Koerehut korjattiin sekä väki- että lietelannoitetusta kasvustosta, mutta nurmen lannoitustapa ei vaikuttanut säilöttävän rehumassan kolibakteeripitoisuuteen. Heidän tuloksensa perusteella voitaneen päätellä, että kolibakteerit pääosin peräisin peltomaasta eikä lietelannoitus lisännyt pellon pinnan kolipitoisuutta. Ilmeisesti myös meidän koerehuistamme löytyneet kolibakteerit olivat

peräisin peltomaasta, koska niitä oli eniten väkilannoitetussa rehussa. Tulos voidaan tulkita tietysti myös niin, että lietelannoitus vähensi säilörehun kolibakteeripitoisuutta. Mainitun johtopäätöksen tekivät enterobakteereiden osalta Rammer et al. (1996) sekä Anderson & Christie (1995).

Runsaastikin säilöntävaiheessa kolibakteereja sisältävän rehun kolibakteeripitoisuus vähenee varsin nopeasti rehun happamuuden lisääntyessä. Koerehut olivat keskimäärin riittävän happamia, sillä tuore säilörehu säilyy hyvin, jos sen pH:n on alle 4,2. Rehun hygieenisen laadun säilymisen kannalta voidaan kuitenkin jo rehun pH-alueelta 4,0–4,2 pitää ongelmallisena (Moisio & Heikonen 1992), sillä mm. salmonellat voivat lisääntyä säilörehussa, jonka pH-arvo on yli 4,0 (Adelia et al. 1987).

Kolibakteerit ja samoin myös voihappobakteerit voivat kuitenkin lisääntyä näennäisesti happamassakin rehussa, jos käymishapot jakaantuvat rehussa epätasaisesti (Östling & Lindgren 1991). Pyöröpaaliin säilötyn rehun koostumus on aina heterogeeninen. Lisäksi rehun käyminen on yleensä kiinteään siiloon säilöttyä rehu vähäisempää. Onkin luultavaa, että koerehujen keskimäärin suuri kolibakteeripitoisuus johtui käyttämästämme säilöntämenetelmästä. Rehujen kolibakteeripitoisuuden keskiarvo tosin antoi suuren hajonnan takia vääristyneen kuvan rehujen laadusta. Koska rehut säilöttiin paaleissa, koetuloksista voidaan laskea myös kolibakteerien pilaaman rehun osuus (näytteessä kolibakteereja yli 100 kpl g⁻¹) koko säilötystä rehumäärästä. Kolibakteerien pilaaman rehun osuus oli keskimäärin 12 % koko säilötystä rehumäärästä. Osuus oli suurin (17 %) väkilannoitetusta kasvustosta korjatussa rehussa ja pienen rehuissa, jotka korjattiin tuoreella lietelannalla ja hajalevittimellä lannoitetusta kasvustosta (8 %).

4.5 Voihappotiöt

Lietelannoituksen ehdottomasti haitallisin vaikutus oli säilörehun voihappotiötpitoi-

suuden lisääntyminen. Koska nurmikasvustossa ei ennen niittoa ollut voihappoitiöitä ja rehun happamuus ilmeisesti esti voihappobakteereiden lisääntymisen säilötyssä rehussa, säilörehujen voihappoitiöpitoisuus riippui lähinnä rehuhin mullan ja lantajäämien mukana kulkeutuneista voihappoitiöistä. Sekä meidän kokeessamme että Malmqvistin ja Spörndlyn (1993) ruotsalaisilta maataloilta keräämien tulosten perusteella lietelannan levitys ensimmäiselle niitolle lisäsi myöhempiä levityksiä enemmän lietelannoitettujen säilörehujen voihappoitiöpitoisuutta. Ilmeisesti alkukesän kuivempi sää edesauttoi mullan ja lantajäämien kulkeutumista rehuun. Toinen selittävä tekijä saattoi olla se, että ensimmäisen niiton lannoitus tehtiin kasvustoon, kun myöhemmät lietelannoitukset tehtiin sängelle. Säilörehun korjuu uudelleen toisen lannoituskerran jälkeen syksyllä keväällä jo kertaalleen lietelannoitetuilta ruuduilta tuotti säilörehua, jossa voihappoitiöpitoisuus oli jopa pienempi kuin keväällä aluksi väki- ja vasta ensimmäisen niiton jälkeen lietelannoitetuissa rehuissa. Lietelannoitettujen säilörehujen voihappoitiöpitoisuus näytti siten riippuvan nimenomaan niittokerrasta. Koska väkilannoitetun säilörehun voihappoitiöpitoisuus oli hyvin vähäinen molemmilla niittokerroilla, keväällä lietelannoitettujen rehujen suurempi voihappoitiöpitoisuus johtui nimenomaan lantajätteiden kulkeutumisesta pellolta säilörehuun. Myös letkulevityksen säilörehun voihappoitiöpitoisuutta vähentävä vaikutus perustui ilmeisesti siihen.

Koska voihappoitiöt säilyivät pääosin itiömuodossa koko rehun varastoinnin ajan, ne eivät vaikuttaneet kovin selvästi rehun säilönnälliseen laatuun tai maittavuuteen. Lietelannoitettujen rehujen voihappoitiöpitoisuus olisi kuitenkin saattanut lisätä lypsylehmien ruokinnassa käytettynä maidon voihappoitiöpitoisuutta. Erityisesti sakkarylyttisten voihappoitiöiden lisääntyminen maidossa heikentää sen jatkojalostusominaisuuksia. Koska voihappoitiöt määritettiin RCM-kasvualustalla, klostridi-itiöiden määrittäminen sisältää myös proteolyttiset

voihappoitiöt. Lietelanta ei sisällä kovin runsaasti maidon jatkojalostuksen kannalta haitallisimpia *C. Tyrobutyricum* – voihappobakteereja (Langó & Heinonen-Tanski 1995).

4.6 Rehujen säilönnällinen laatu ja kemiallinen koostumus

Pyöröpaalisäilörehu korjataan yleensä esikuivattuna, jolloin rehun säilyminen perustuu käymisen ohella pitkälti sen korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen. Korjasimme koerehuhut tuoreena, jolloin niiden säilyminen perustui pelkästään käymiseen, eli lisäsimme tietoisesti rehujen säilöntäriskiä löytääksemme helpommin pilaantumiselle alttiit koekäsittelyt. Siitä huolimatta erot eri tavalla lannoitettujen rehujen käymislaadussa jäivät vähäisiksi. Vastaavaan tulokseen ovat päätyneet mm. Rammer et al. (1994), Anderson ja Christie (1995), Rammer et al. (1996) tekemissään säilöntäkokeissa. Lietteen pintalevitys hajakäytöllä ei vaikuttanut O'Kielyn et al. (1997) mukaan. Lietteen desinfiointi ennen levitystä ei vaikuttanut Hahasyn et al. (1993) tutkimuksessa tuoreesta lietteestä poikkeavasti säilörehun laatuun.

Säilörehunurmen lietelannoitus voi vaikuttaa haitallisesti säilörehun kemialliseen koostumukseen. Lietelannan erityisen suuri käyttömäärä (125 kg N ha⁻¹) voi rehun raakavalkuaispitoisuutta kohottamalla lisätä sen puskurikapasiteettia, mikä vaikeuttaa rehun säilöntää (O'Kiely et al. 1997). Vaikka myös meidän kokeessamme käyttämä lietteen levitysmäärä oli suhteellisen suuri, lietelannoitettujen rehujen raakavalkuaispitoisuus ei kuitenkaan poikennut väkilannoitetusta rehusta.

Lietelannoitus lisää lannan ravinnesuhteiden takia rehun kalium- ja fosforipitoisuutta etenkin, jos lietelannan levitysmäärä mitoitetaan nurmen typpilannoitustarpeen perusteella. Ravinteiden epäsuhta lisääntyy edelleen, jos liete ilmastetaan ennen levitystä. Säilörehun kaliumpitoisuus saattaa tuolloin kohota jopa haitallisen suureksi

(Kemppainen 1989). Koerehujen tuhkapitoisuuden lisääntyminen johtui varmasti osittain lietelannoitettujen rehujen kalium- ja fosforipitoisuuden lisääntymisestä, vaikka pintaan levitetty lietelanta lisää kuitenkin

kin multauslevitykseen verrattuna selvästi vähemmän nurmirehun kaliumpitoisuutta (Kemppainen 1989).

Kirjallisuus

- Adelia, M., Ferreira, S.S. & Lund, B.M.** 1987. The influence of pH and temperature on initiation of growth of *Salmonella* ssp. Letters in Applied Microbiology 5: 67–70.
- Anderson, R. & Christie, P.** 1995. Effect of long-term application of animal slurries to grassland on silage quality assessed in laboratory silos. Journal of the Science of Food and Agriculture 67: 205–213.
- Bell, R.G.** 1976. Persistence of fecal coliform indicator bacteria on alfaalfa irrigated with municipal sewage lagoon effluent. Journal of Environment Quality 5: 39–42.
- Besson, J.M., Lehman, V. & Roulet, M.** 1986. Nitrogen losses due to the spreading of cattle and pig slurries after storage, aeration or anaerobic digestion. In: Dam Kofoed, A., Williams, J.H. & L'Hermite, P. (eds.). Efficient land use of sludge and manure. Commission of the European Communities. London & New York: Elsevier applied science publishers. p. 37–46.
- Brown, K.W., Jones, S.G. & Donnelly, K.C.** 1980. The influence of simulated rainfall on residual bacteria and virus on grass treated with sewage sludge. Journal of Environment Quality 9: 261–265.
- Elmqvist, H., Malgeryd, J., Malm, P. & Rammer, C.** 1996. Flytgödsel till vall. Ammoniakförluster, avkastning, växtnäringutnyttjande och foderkvalitet. Slurry application on ley. Ammonia emissions, yield, plant nutrient utilization and fodder quality. Uppsala: Swedish Institute of Agricultural Engineering. Report 220: 87.
- Elsaesser, M. & Kunz, H.G.** 1988. Düngung von Gülle mit und ohne Zusatzmittel auf Dauergrünland. Das Wirtschaftseigene Futter 34: 48–65.
- Frost, J.P., Stevens, R.J., & Laughlin, R.J.** 1990. Effect of separation and acidification of cattle slurry on ammonia volatilization and of the efficiency of slurry N for herbage production. Journal of Agricultural Science 115: 49–56.
- Gordon, R., Le Clerc, M., Schuepp, P. & Brunke, R.** 1988. Field estimates of ammonia volatilization from swine manure by a simple micrometeorological technique. Canadian Journal of Soil Science 68: 369–380.
- Hahasy, T., Carton, O.T., O'Kiely, P. & Lenehan, J.J.** 1993. The effect of spreading disinfected cattle slurry on the dry matter yield and ensilability of grass for silage. Irish Journal of Agricultural and Food Research 32: 98.
- Heinonen-Tanski, H., Leinonen, P., Jääskeläinen, T. & Hedlund, M.** 1993. The hygiene of aerated livestock slurry and its use in cultivation of ley. In: Proceedings of NJF-Seminar no 228. p. 277–282.
- Jääskeläinen, T.** 1993. Lietelannan ilmastuslannan käyttöominaisuuksien parantajana. Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitos. Ympäristöhygienian koulutusohjelma. 90 p. Opinnäytetutkielma.
- Karhunen, J.** 1990. Lietelannan kompostointi. Vakolan tiedote 47/90. 7 p.
- Kemppainen, E.** 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. Annales Agriculturae Fenniae 28: 163–284.
- Langó, Z. & Heinonen-Tanski, H.** 1995. Occurrence of *Clostridium tyrobutyricum* in cattle slurry and fresh forage grass. Bioresource Technology 53: 189–191.
- Malmqvist, O. & Spörndly, R.** 1993. Stallgödsel på slättervall. Inverkan på djurhälsa och mjölkvalitet. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 417. Husdjur. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. 26 p.
- Mannetje, L.'T.** 1994. Towards sustainable grassland management in The Netherlands. In: Mannetje, L.'T. & Frame, J. (eds.). Grassland and Society. Proceedings of the 15th General Meeting of European Grassland Federation. p. 3–18.
- Meer, H.G. van der, Thompson, R.B., Snijders,**

- P.J.M. & Geurink, J.H.** 1987. Utilization of nitrogen from injected and surface-spread cattle slurry applied to grassland. In: Animal manure on grassland and fodder crops. Fertilizer or waste? Proceedings of an International Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, The Netherlands, 31 August–3 September 1987. Martinus Nijhoff Publishers. p. 47–71.
- Moisio, T. & Heikonen, M.** 1992. AIV-rehun perusteet. Helsinki: Kirjayhtymä Oy. p. 170 ISBN 951-26-3772-3.
- Morken, J.** 1992. Ammonia losses after application of slurry to grasslands. The effect of application techniques and type of slurry. Norsk lantbruksforskning 6: 315–329.
- Oechsner, H.** 1991. Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Entseuchung von Flüssigmist durch aerob-thermophile Stabilisierung. University of Hohenheim. Academic Dissertation.
- O'Kiely, P., Carton, O.T. & Lenehan, J.J.** 1993. Effects of time, method and rate cattle slurry application to grass grown for first-cut silage. Irish Journal of Agricultural and Food Research 32: 100–101.
- , **Carton, O.T., Stevens, R.J. & Lenehan, J.J.** 1997. First-cut grass and silage composition following the application of acidified slurry to grassland. Abstracts, Agricultural Research Forum. Irish Journal of Agricultural food research 36: 1.
- Pedersen, T.A. & Guttormsen, D.M.** 1975. The microflora on newly cut grass after addition of liquid manure. Acta Agriculturae Scandinavia 25: 337–345.
- Rammer, C., Lingvall, P & Salomon, E.** 1996. Ensiling of manured crops - Does Repeated Spreading of Slurry Increase the Hygienic Risk? In: XI International Silage Conference, Aberystwyth, Wales, UK. September 1996.
- , **Östling, C., Lingvall, P. & Lindgren, S.** 1994. Ensiling of manured crops - effects on fermentation. Grass and Forage Science 49: 343–351.
- Rodhe, L., Thyselius, L., Steinbeck, S., Rammer, C., Engdahl, L. & Jonsson, A.** 1988. Spridning av flytgödsel till vall. Spreading of slurry to ley. Uppsala: Swedish Institute of Agricultural Engineering. Report 93. 66 p.
- Skjelhaugen, O. & Gjervan, J.** 1988. Våtkompostering. Statens fagteneste for landbruket. Småskrift 3/88.
- Srinath, E.G. & Loehr, R.C.** 1974. Ammonia desorption by diffused aeration. Journal of water pollution control federation 46: 1939–1957.
- Stevens, R.J. & Logan, H.J.** 1987. Determination of the volatilization of ammonia from surface-applied cattle slurry by the micrometeorological mass balance method. Journal of Agricultural Science 109: 205–207.
- Svensson, L.** 1991. Ammoniavgång vid lagring av nöt- och svingödsel. JTI meddelande 433. 30 p. ISBN 91-7072-094-0 ISSN 0368-3419.
- Thyselius, L.** 1986. Spreading of slurry on ley. In: DamKofoed, A., Williams, J.H. & L'Hermite, P. (eds.). Efficient land use of sludge and manure. Commission of the European Communities. London & New York: Elsevier applied science publishers. p. 117–123.
- Tveitnes, S. & Håland, Å.** 1989. Gjødseleverknaden av våtkompostert og ubehandla blautgjødse. The effect of wet composted and untreated cattle slurry on grassland. Norsk landbruksforskning 3: 211–216.
- Vetter, H., Steffens, G. & Schröpel, R.** 1987. The influence of different processing methods for slurry upon its fertilizer value on grassland. In: Proceedings of International Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, The Netherlands, 31. August - 3. September 1987. Martinus Nijhoff Publishers. p. 75-86 ISBN 90-247-3568-8.
- Östling, C.E. & Lindgren, S.E.** 1991. Bacteria in manure and on manured and NPK-fertilised silage crops. Journal Science of Food and Agriculture 55: 579–588.

| | | | |
|--|-----------------------|--|---------------------------------------|
| | | Julkaisun sarja ja numero Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 44 | |
| | | Julkaisu-aika (kk ja vuosi) Marraskuu 1998 | |
| Tekijä(t) Erkki Joki-Tokola | | Tutkimushankkeen nimi | |
| | | Toimeksiantaja(t) Maatalouden tutkimuskeskus | |
| Nimike Lietelannan levityssajan ja -tavan sekä ilmastuksen vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun | | | |
| Tiivistelmä Maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa (64°41'N, 25°07'E) tehtiin vuosina 1992 ja 1993 säilörehunurmen lietelannoituskoe, jossa nurmelle levitettiin haja- ja letkulevittimellä ilmastettua ja tuoretta naudana lietelantaa. Liete- ja kontrollikäsitteilynä ollutta väkilantaa levitettiin nurmen ensimmäiselle ja toiselle sadolle. Lietelannan määrä oli 80 N kg ha ⁻¹ molemmilla kerroilla. Lietelannoitus tuotti suuremman sadon, kun levitys tehtiin vasta toiselle sadolle. Säilörehunurmen lannoitustapa ei vaikuttanut merkittävästi nurmisadon määrään eikä kasvustoista pyöröpaaleihin korjatun säilörehun kemialliseen koostumukseen tai säilönnälliseen laatuun. Lietelannoitus kuitenkin heikensi säilörehujen hygieenistä laatua kasvattamalla rehujen voihappoitiöpitoisuutta. | | | |
| Avainsanat lietelanta, nurmisäilörehu, säilöntä, voihappoitiöt | | | |
| Toimintayksikkö Maatalouden tutkimuskeskus, Alueellinen tutkimus, Pohjois-Pohjanmaan tutkimus- asema, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki | | | |
| ISSN 1238-9935 | ISBN 951-729-526-X | <input checked="" type="checkbox"/> | Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä |
| Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhelin (03) 4188 7502 Telekopio (03) 4188 339 | | Sivuja 20 s. | Hinta 40,00 mk + alv |

Vammalan Kirjapaino Oy 1998
ISBN 951-729-526-X
ISSN 1238-9935