



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 9/86

ERKKI KEMPPAINEN

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto

HEIKKI HAKKOLA

Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema

Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteena

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 9/86

ERKKI KEMPPAINEN ja HEIKKI HAKKOLA

Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto
31600 JOKIOINEN
(916) 844 11

ISSN 0359-7652

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
TIIVISTELMÄ	1
JOHDANTO	3
PURISTENESTEEN RAVINNEPITOISUUS JA NEUTRALOINTIKYKY	6
Aineisto ja menetelmät	6
Tulokset	7
Tulosten tarkastelu	10
PURISTENESTEEN VAIKUTUS VIRTSAN JA LIETELANNAN TYYPPIHÄVIÖÖN	
VARASTOINNIN AIKANA	10
Aineisto ja menetelmät	10
Tulokset	11
Tulosten tarkastelu	14
PURISTENESTEEN LANNOITUSARVO SEKÄ SEN VAIKUTUS VIRTSAN JA	
LIETELANNAN LANNOITUSARVOON ASTIAKOKEISSA	15
Aineisto ja menetelmät	15
Tulokset	17
Tulosten tarkastelu	23
PURISTENESTEEN JA VIRTSAN LANNOITUSARVO KENTTÄKOKEISSA	26
Aineisto ja menetelmät	26
Tulokset	27
Tulosten tarkastelu	36
KIRJALLISUUSLUETTELO	37
LIITTEET	42

TIIVISTELMÄ

Säilörehun puristenesteen ja virtsan lannoitusarvoa tutkittiin laboratorio-, astia- ja kenttäkokeilla. Lisäksi tutkittiin laboratoriokokein, voidaanko virtsan ja lietelannan varastointiaikaista typpihäviötä pienentää lisäämällä lantaan hapanta puristenestettä.

Säilörehun puristeneste sisältää kokonaistyppeä keskimäärin 2,0 g/l, liukoista typpeä 0,2 g/l, fosforia 0,5 g/l, kaliumia 5,5 g/l, kalsiumia 0,7 g/l ja magnesiumia 0,3 g/l. Puristenesteen pH on keskimäärin 4,3 ja se neutraloi emästä pH 7,0:ssa 125 mekv/l. Puristenesteen ravinnepitoisuus ja neutralointikyky riippuvat kuiva-ainepitoisuudesta, joten kuiva-ainemääritystä voidaan käyttää sen lannoitusarvon, neutralointikyvyn ja kasvien polttovaikutuksen arvioinnissa.

Virtsaan tai lietelantaan sekoitettu säilörehun puristeneste estää ammoniakkitypen haihtumista lannan varastoinnin aikana. Puristenesteen tehokkuus typen häviön estäjänä riippuu sekä sen happamuudesta (emäksenneutralointikyvystä) että lannan emäksisyydestä (haponneutralointikyvystä). Käytännössä puristeneste vaikuttaa edullisemmin virtsaan kuin lietelantaan, sillä typen haihtuminen lietelannasta varastoinnin aikana on melko hidasta.

Virtsaan tai lietelantaan sekoitetuilla pienillä puristenestemäärillä (5, 10 ja 20 % lannan määrästä) ei ollut vaikutusta raiheinän kasvuun astiakokeessa. Virtsa ja lietelanta kohottivat raiheinän satoa selvästi. Typen näennäisen hyväksikäytön perusteella laskettuna virtsan kokonaistypen arvo väkilannoitetyppeen verrattuna oli 73 % (pintalevitys) ja 90 % (sekoitus koemaahan) ja sen liukoisen typen arvo vastaavasti 77 % ja 95 %. Lietelannan kokonaistypen arvo väkilannoitetyppeen verrattuna oli 65 % (pintalevitys) ja 70 % (sekoitus maahan) ja sen liukoisen typen arvo vastaavasti 91 % ja 98 %.

Pelkkä säilörehun puristeneste osoittautui astiakokeissa arvokkaaksi lannoitteeksi. Sen kokonaistypestä oli noin 50 % väkilannoitetypen veroista. Puristenesteen kalium osoittautui

täysin väkilannoitekaliumin veroiseksi ja sen fosfori jopa tehokkaammaksi kuin väkilannoitefosfori. Siten voidaan arvioida, että yksi kuutiometri puristenestettä vastaa keskimäärin yhtä kiloa väkilannoitetyyppeä, puolta kiloa väkilannoitefosforia ja viittä ja puolta kiloa väkilannoitekaliumia. Suuri puristenestemäärä haittaa kuitenkin nurmikasvien kasvua. Lisäksi nurmirehun kaliumpitoisuus saattaa kohota puristenestelannoituksella haitallisen korkeaksi. Pian niiton jälkeen nurmeen voitaneen turvallisesti levittää puristenestettä 40-60 m³/ha. Sen vaikutuksen täydentämiseksi tarvitaan lähinnä väkilannoitetyyppeä.

Kenttäkokeissa sekä virtsa että puristeneste kohottivat nurmen satoa ja niillä oli myös huomattava jälkivaikutus. Tulokset eivät kuitenkaan olleet niin selviä kuin astiakokeissa. Sijoitus kohotti pintalevitykseen verrattuna virtsan typen tehoa, mutta sen vaikutus puristenesteen tehoon oli keskimäärin pieni.

JOHDANTO

Säilörehun puristenesteen ja virtsan hyväksikäyttö on maassamme hyvin puutteellista (KEMPPAINEN 1986). Kun virtsa on käytännössä lannan tärkein ainesosa, menetetään sen puutteellisen hyväksikäytön vuoksi paljon arvokkaita kasvinravinteita (SALONEN 1949). Myös säilörehun puristeneste sisältää merkittäviä määriä kasvinravinteita, ja lisäksi se voi aiheuttaa vakavaa ympäristön pilaantumista (ANON. 1978a, HARTIKAINEN 1982). Puristeneste aiheuttaa happikatoa pintavesistöissä. Maaperään suurina määrinä imeytetty puristeneste aiheuttaa kasvuston kuolemista, salaojien tukkeutumista ja pohjavesien pilaantumista (ANON. 1978a, KIVINIEMI ym. 1980). Puristenesteen biologinen hapenkulutus on useita satoja kertoja suurempi kuin esimerkiksi asumajätevesilietteen (ANON. 1978a, 1983).

Säilörehun puristenesteen merkitys rehun säilöntätappioiden syynä tunnetaan varsin hyvin (RISSANEN ja KOSSILA 1977, SYRJÄLÄ 1979). Myöskin on olemassa perusteellista tietoa sen muodostumisesta ja talteenotosta (KRISTENSEN ja TIND-CHRISTENSEN 1945, MOORE ym. 1961, GILBERT ja HAMMEREN 1972, PANKAKOSKI 1974, KOMMERI ym. 1977, ANON. 1978b, 1983, NURMISTO 1978, SYRJÄLÄ 1979, KIVINIEMI ym. 1980, KOMMERI 1981). Puristenesteen käyttöä lannoitteena on kuitenkin tutkittu melko vähän. Sen on yleensä havaittu kohottavan koekasvien satoa, mutta myös haittavaikutuksia on todettu (GILBERT ja HAMMEREN 1972, COLLINS ja FLYNN 1974, SKARDA ym. 1975, GIBBS 1977, ROPS 1978, HÅLAND 1979, STEWART 1980). Puristeneste voi happamuudellaan aiheuttaa vioituksia nurmikasveihin, ja tämä vaara on sitä suurempi, mitä väkevämpää puristeneste on, mitä suurempi levitysmäärä on, mitä pidempää lannoitettava heinä on ja mitä lämpimämpi ja poutaisempi sää levitysaikana vallitsee (SKARDA ym. 1975, HÅLAND 1979, STEWART 1980, ANON. 1983). Puristenesteen nurmea vioittavaa vaikutusta on menestyksellisesti estetty neutraloimalla se kalkilla ennen levitystä (STEWART 1980). Puristenesteestä on esitetty seuraavia analyysituloksia (ravinteet g/l):

pH	k.a.-%	kok.-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	lähde
	5,0	1,5			0,3	4,2			JENSEN (1954)
	4,0	1,7			0,3	3,5	1,3	0,3	PURVES ja McDONALD (1963)
4,3	4,4	1,7	0,1	0,2	0,4	4,0			GILBERT ja HAMMEREN (1972)
4,2	3,7	1,7	0,2	0,1	0,4	3,9	0,5	0,2	HÅLAND (1979)

WOOLFORD (1978), joka on koonnut tietoja eri kirjallisuuslähteistä, ilmoittaa puristenesteen pH:n olevan yleensä noin 4 ja kuiva-ainepitoisuuden keskimäärin 6 %. Fosforipitoisuus on 0,3-1,2 g/l, kaliumpitoisuus 1,1-5,2 g/l, kalsiumpitoisuus 0,4-1,6 g/l ja magnesiumpitoisuus 0,2-0,3 g/l (WOOLFORD 1978). Myös GILBERT ja HAMMEREN (1972) ovat keränneet analyysituloksia kirjallisuudesta, ja näissä puristenesteen pH on keskimäärin 4,2, kokonaistyyppipitoisuus 1,8 g/l, fosforipitoisuus 0,6 g/l, kaliumpitoisuus 4,2, kalsiumpitoisuus 1,3 g/l ja magnesiumpitoisuus 0,3 g/l. Ruotsalaisen oppikirjan mukaan puristeneste sisältää tyyppiä 2 g/l, fosforia 0,4 g/l ja kaliumia 5 g/l (JANSSON 1970). Suurehkosta analyysiaineistosta (47-68 näytettä) HÅLAND (1979) osoitti puristenesteen ravinnepitoisuuden riippuvan merkittävästi kuiva-ainepitoisuudesta. Kokonaistyyppien korrelaatio (r) kuiva-ainepitoisuuden kanssa oli 0,76 ja fosforin ja kaliumin korrelaatio kuiva-ainepitoisuuden kanssa 0,82. Puristenesteen fosforin ja kaliumin on useissa tutkimuksissa havaittu olevan vaikutukseltaan väkilannoiteravinteiden veroisia (JENSEN 1954, GILBERT ja HAMMEREN 1972). Sen tyyppien arvoksi sai HÅLAND (1979) kenttäkokeissa noin 40 % väkilannoitetyypin arvosta. GILBERTin ja HAMMERENin (1979) mukaan puristenesteen tyypestä 50-60 % on väkilannoitetyypin veroista. Puristenesteellä on usein todettu myös huomattavan suuri jälkivaikutus (PESTALOZZI 1972, HÅLAND 1979).

Virtsaa voidaan ottaa talteen joko imeyttämällä se kuivikkeisiin tai varastoimalla se erillisessä virtsakaivossa. Kuivikkeisiin imeyttäminen on tehokas tapa, ja erityisen hyvin virtsan ravinteet saadaan talteen ja säilymään turvekuivikkeella (VON FEILITZEN 1911, 1914, SVINHUFVUD 1925, TUORILA 1929, VIRRI 1941, KAILA 1950a, KEMPPAINEN 1985). Erilleen talteenotetun virtsan ravinteet ovat suuressa vaarassa joutua hukkaan jo varastoinnin aikana. Etenkin ammoniakkityyppi häviää helposti haihtumalla. Haihtumisen estämiseksi virtsakaivon tulee olla ilmatiivis (IVERSEN 1924, VIRTANEN 1935). Myös virtsan pinnalle levitetyn ohuen öljykerroksen on todettu vähentävän ammoniakkin haihtumista selvästi (SALONEN 1949). Ammoniakin haihtumista on koetettu vaihtelevalla menestyksellä estää lisäämällä virtsaan erilaisia happoja ja suoloja (VALMARI 1921, TOVBORG JENSEN 1928, EGNER 1932, IVERSEN 1934, HONKAVAARA 1936, HANSEN 1941, KAILA 1948, 1950a). Happot ja suolat neutraloivat virtsan emäksisyyttä ja pienentävät sen puskuri-kykyä. Virtsan ammoniakkia uhkaa kuitenkin haihtuminen myös levitysvaiheessa. Haihtuminen on sitä nopeampaa, mitä väkevämpää virtsa on ja mitä lämpimämpi, tuulisempi ja kuivempi sää levitysaikana vallitsee (IVERSEN 1938, VIRRI 1941, DOAK 1952, ERNST ja MASSEY 1960, WATKINS ym. 1972, FENN ja KISSEL 1974, BEAUCHAMP ym. 1978, 1982, HOFF ym. 1981,

VALLIS ym. 1982, SHERLOCK ja GOH 1984). Lisäksi typen haihtuminen on alunperin kuivasta maasta nopeampaa kuin kosteasta maasta (VIRRI 1941, STEWART 1970). Ammoniakin haihtumista estetään tehokkaasti multaamalla se välittömästi levityksen jälkeen tai sijoittamalla se suoraan levityksen yhteydessä (WESTED ja IVERSEN 1983). Nurmeen sijoittamisen on kuitenkin todettu vioittavan jonkin verran nurmikasvien juuria (LARSEN ja KELLER 1985). Edullisin virtsan levitysaika on yleensä kevät (IVERSEN 1938, 1944).

Virtsan on joissakin tapauksissa todettu aiheuttavan nurmeen polttovioituksia (DOAK 1954, RICHARDS ja WOLTON 1975, SCHECTNER ym. 1980). Vioitukset ovat sitä suurempia, mitä väkevämpää virtsa on, mitä lämpimämmällä säällä se levitetään ja mitä typpipitoisempaa lannoitettava heinä on. Polttovioitukset johtuvat virtsan osmoottisesta imusta, joka voi olla jopa 2,7 MPa (RICHARDS ja WOLTON 1976).

Virtsa on tehokasta typpi- ja kaliumlannoitetta mm. viljoille ja monille nurmikasveille. Sen vaikutuksesta apilan kasvuun on kahdenlaisia tuloksia: usein virtsa heikentää apilaa, mutta joskus on todettu päinvastaistakin (IVERSEN 1943, DOAK 1954, CASTLE ja DRYSDALE 1962, DRYSDALE 1965, SCHECTNER ym. 1980, LEDGARD ja SAUNDERS 1982, LEDGARD ym. 1982). Virtsan haitallisen vaikutuksen on päätelty johtuvan siitä, että se kohottaa muiden nurmikasvien kilpailukykyä apilan kustannuksella. Myöskin on esitetty, että palkokasvien juuret kärsivät lannan haitallisista yhdisteistä enemmän kuin yksisirkkaisten kasvien juuret. Virtsan apilan kasvua tehostavan vaikutuksen on taas esitetty johtuvan sen suuresta kaliumsisällöstä ja siitä, että virtsa kohottaa ainakin väliaikaisesti maan pH:ta. GISIGERin (1950) mukaan virtsa tehostaa valkoapilan, mutta heikentää puna-apilan kasvua. Virtsan on myös todettu ehkäisevän rikkakasvien kasvua nurmessa (WHEELER 1958, 1959, CASTLE ja DRYSDALE 1962). Vaikutus perustunee osin virtsan tyypeen ja osin sen polttovioitukseen, jolle rikkakasvit ovat alttiimpia kuin viljelykasvit. Jos virtsa kuitenkin polttaa pahoin nurmea, lisää se samalla rikkakasvillisuutta, sillä rikat valtaavat avoimeksi jääneen maan (RICHARDS ja WOLTON 1975).

Virtsan ravinnepitoisuus vaihtelee hyvin paljon, ja vaihtelu johtuu eläinten ruokinnasta, varastoinnin aikaisesta typpihäviöstä sekä virtsan sekaan joutuvien sonnan ja pesuvesien määrästä (KEMPPAINEN 1984). VIRTASEN (1935) ja KAILAN (1950a) mukaan tuore naudän virtsa sisältää tyypeä keskimäärin 8 g/l ja kaliumia 10-13 g/l, fosforia ei naudän virtsassa ole. Tuore sian virtsa sisältää tyypeä 3 g/l, fosforia 0,4 g/l ja kaliumia 5 g/l (VIRTA-

NEN 1935). Käytännön virtsakaivoista kerättyjen näytteiden ravinnepitoisuus on kuitenkin huomattavasti pienempi. KEMPPAISEN (1984) mukaan naudan virtsa sisältää kokonaistyyppiä 3,1 g/l, liukoista tyyppiä 2,8 g/l, fosforia 2,2 g/l ja kaliumia 5,0 g/l, ja sian virtsa vastaavasti 2,6 g/l (kok.-N), 2,2 g/l (liuk. N), 0,5 g/l (P) ja 1,4 g/l (K). Käytännössä naudan virtsakin sisältää hieman fosforia, sillä sontaa joutuu usein virtsakaivoon. KLAUSENIN (1985) mukaan naudan virtsa sisältää kokonaistyyppiä keskimäärin 3,7 g/l ja kaliumia 6,7 g/l. Virtsan ravinteita pidetään yleisesti kasvintuotannossa väkilannoiteravinteiden veroisina (SALONEN 1949, DURING ja McNAUGHT 1961, KLAUSEN 1985).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia virtsan ja säilörehun puristenesteen lannoitusarvoa. Lisäksi on pyritty selvittämään, voidaanko hapanta puristenestettä käyttää virtsan ja lietelannan neutralointiin. Tutkimukseen on saatu rahoitusta Maa- ja metsätalousministeriöstä, mom. 30.99.20 (Eräät luonnonvarojen kestävään käyttöön liittyvät tutkimukset) ja Suomen itsenäisyyden juhlavuoden 1967 rahastosta (Biologisen typensidonnan ja ravinnetyypen hyväksikäytön projekti). Heikki Hakkola on vastannut kenttäkokeiden suorittamisesta Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. Laboratorioanalyyseistä ja -kokeista, astiakokeista, Jokioisten kenttäkokeista, tulosten laskemisesta ja tutkimusraportin laadinnasta on vastannut Erkki Kemppainen.

PURISTENESTEEN RAVINNEPITOISUUS JA NEUTRALOINTIKYKY

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa analysoitiin 19 vuosina 1982-1985 kerätyn säilörehun puristenesteenäytteen ravinnepitoisuus ja neutralointikyky. Pääosa näytteistä oli vuoden 1985 toisen ja kolmannen rehusadon puristenesteitä. Näytteet saatiin käytännön maatiloilta Jokioisilta, Jokioisten kartanoiden maatiloilta sekä Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalta Ruukista. Neutralointikyvyn mittaus tehtiin lisäämällä 50 ml:n suuruiseen osanäytteeseen 0, 1, 3, 5, 8 tai 10 ml 1,0 N natriumhydroksidia ja määrittämällä puristenesteen pH kahden tunnin kuluttua emäksen lisäyksestä. Neutralointikyky ilmaistaan sinä määränä (milliekvivalenttia) natriumhydroksidia, joka tarvitaan kohottamaan yhden litran puristenestemäärän pH 7,0:ksi.

Puristenesteen kuiva-ainepitoisuus määritettiin kuivaamalla osanäytettä yhden vuorokauden ajan +105 °C:ssa. Kokonaistyyppi-, liukoinen typpi-, fosfo-

ri-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuus analysoitiin MTTK:n maanviljelyskemian ja -fysiikan osastossa vakiintuneiden lanta-analyysimenetelmien mukaan (KEMPPAINEN 1984). Nitraattityyppiä ei analysoitu, eikä se tullut analysoiduksi myöskään kokonaistypen määrittämisessä. Kuiva-ainemäärittäystä vaikeutti puristenesteen muuttuminen kuivattaessa siirappimaiseksi tahnak- si, joka saattoi kuohua, mutta myös estää kosteuden haihtumista. On myös mahdollista, että osa puristenesteen helppoliukoisista yhdisteistä hajosi ja haihtui +105 °C:ssa. Kuiva-ainemäärittäminen onnistui silmämääräisesti ja toistuvien punnitusten perusteella hyvin, kun 100 ml:n haihdutusmaljaan mitattiin 25 ml puristenestettä, mutta jo 50 ml:n näyte aiheutti hankaluuk- sia.

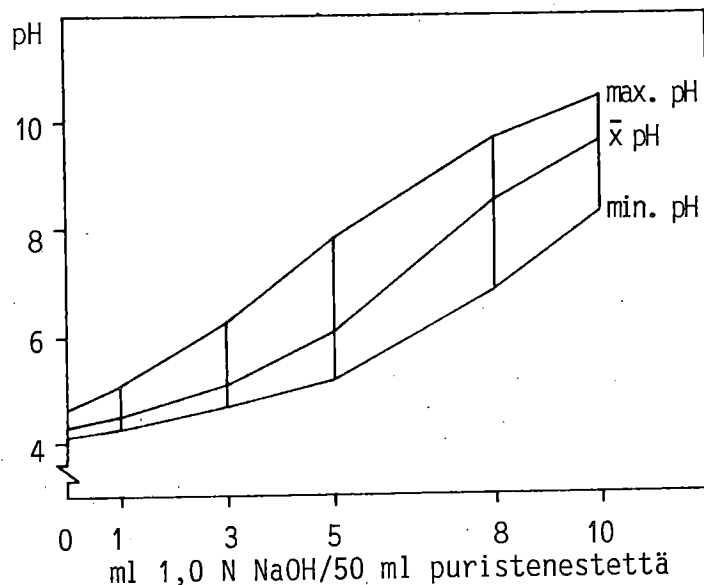
Tulokset

Säilörehun puristeneste neutraloi pH 7:ssa keskimäärin 125 mekv NaOH/l ja pH 6,5:ssa 112 mekv NaOH/l (taulukko 1). Sen kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 4,69 % ja pH 4,29. Määrittämisestä kasvinravinteista oli puriste- nesteessä kaliumia kaikkein eniten, kokonais-N:P:K -suhde oli 1:0,24:2,74. Liukoista tyyppiä oli keskimäärin 9,2 % kokonaistypen määrästä. Näytteiden välinen ravinnepitoisuuden vaihtelu oli yllättävän vähäistä. Kuiva-ainet- ta kohden lasketun kokonaistypen vaihtelukerroin oli vain 15 %, fosforin 16 % ja kaliumin 10 %. Kuiva-ainepitoisuuden vaihtelu suurensi kuitenkin tuorepaina kohden laskettujen pitoisuuksien vaihtelun selvästi suuremmaksi.

Taulukko 1. Säilörehun puristenestenäytteiden analyysituloksia.

Analyysi	Keski- arvo	Keski- hajonta	Pienin arvo	Suurin arvo	Näytteitä kpl
Neutralointikyky pH 7,0, mekv NaOH/l	125	23	82	166	18
Neutralointikyky pH 6,5, mekv NaOH/l	112	22	68	150	17
Kuiva-aine %	4,69	1,03	2,65	6,73	19
pH	4,29	0,13	4,05	4,65	19
Kok.-N, g/kg kuiva-aineessa	43,1	6,4	33,5	57,5	19
Liuk. N, g/kg kuiva-aineessa	4,1	2,9	0,1	12,4	19
P, g/kg kuiva-aineessa	10,5	1,7	7,4	12,8	17
K, g/kg kuiva-aineessa	118,1	11,4	98,7	138,3	18
Ca, g/kg kuiva-aineessa	14,3	3,9	9,1	25,7	18
Mg, g/kg kuiva-aineessa	7,1	1,4	5,2	10,1	18
Kok.-N, g/kg tuoreessa	2,01	0,53	1,17	3,34	19
Liuk. N, g/kg tuoreessa	0,17	0,09	0,04	0,43	19
P, g/l tuoreessa	0,49	0,11	0,31	0,75	17
K, g/l tuoreessa	5,45	1,07	3,53	7,25	18
Ca, g/l tuoreessa	0,65	0,21	0,38	1,33	18
Mg, g/l tuoreessa	0,33	0,53	0,18	0,60	18
N _{liuk.} /N _{kok.} %	9,2	5,6	2,5	21,5	19

Titrauskäyrästä voidaan todeta, että puristenestenäytteiden puskurikyky oli pienimmillään välillä pH 6,0-8,5 (kuva 1). Tällä pH-välillä pH:n muutos lisättyä NaOH-määrää kohden oli kaikkein suurin. Myös näytteiden välinen pH:n vaihtelu oli kaikkein suurinta lähellä keskimääräistä neutraloitumispistettä. Titrauskäyrästä voidaan lisäksi laskea, että puristeneste neutraloi pH 6,0:ssa emästä keskimäärin 96 mekv/l ja pH 5,5:ssä 77 mekv/l.



Kuva 1. Puristenestenäytteiden (17 kpl) titrauskäyrät.

Puristenesteen emäksenneutralointikyky riippui merkitsevästi kuiva-ainepitoisuudesta ja pH:sta (taulukko 2). Neutralointikyky oli sitä suurempi, mitä suurempi oli kuiva-ainepitoisuus ja mitä alhaisempi oli pH. Neutralointikyvyn korrelaatio kuiva-ainetta kohden laskettujen ravinnepitoisuuksien kanssa oli hyvin heikko. Se näytti riippuvan monessa tapauksessa merkitsevästikin tuoreen (kuivaamattoman) puristenesteen ravinnepitoisuuksista, mutta nämä riippuvuudet olivat heikompia kuin korrelaatio kuiva-ainepitoisuuden kanssa. Kuiva-ainepitoisuuden kasvu yhdellä prosenttiyksiköllä kohotti neutralointikykyä pH 7,0:ssä keskimäärin 28 mekv/l (keskihajonta 6 mekv/l). Kuiva-ainepitoisuus ja pH selittivät yhdessä 40 % neutralointikyvyn (pH 7,0) vaihtelusta, kokonaiskorrelaatiokerroin R oli tällöin 0,63*.

Puristenesteen pH oli merkitsevästi sitä suurempi, mitä suurempia olivat kokonaistypen ja liukoisen typen pitoisuudet kuiva-aineessa sekä liukoisen typen pitoisuus tuoreessa (kuivaamattomassa) puristenesteessä (tauluk-

ko 2). Kuiva-ainepitoisuus korreloi negatiivisesti kuiva-ainetta kohden laskettujen ravinnepitoisuuksien kanssa, mutta yleensä positiivisesti tuoretta puristenestettä kohden laskettujen ravinnepitoisuuksien kanssa. Vain liukoisen typen pitoisuus tuoreessa puristenesteessä pieneni kuiva-ainepitoisuuden kohotessa. Liukoisen typen osuus kokonaistypestä riippui merkittävästi liukoisen typen, fosforin ja kalsiumin pitoisuudesta kuiva-aineessa sekä kokonaistypen, liukoisen typen, kaliumin ja magnesiumin pitoisuudesta tuoreessa puristenesteessä. Lisäksi liukoisen typen osuus kokonaistypestä oli sitä suurempi, mitä pienempi oli kuiva-ainepitoisuus.

Taulukko 2. Säilörehun puristenesteen emäksenneutralointikyvyn, pH:n, kuiva-ainepitoisuuden ja typen liukoisuuden riippuvuus puristenesteen muista kemiallisista ominaisuuksista.

	Näytteiden lukumäärä	Neutralointikyky, pH 7,0, mekv NaOH/l	pH	Kuiva-aine, %	Liuk.N/kok.N, %
<u>Neutralointikyky</u>					
pH 7,0, mekv NaOH/l	17		-0,42*	0,59**	0,01
pH	19	-0,42*		-0,20	0,26
Kuiva-aine, %	19	0,59**	-0,20		-0,69***
<u>Ravinteet kuiva-aineessa</u>					
Kok.N, g/kg	19	-0,04	0,60**	-0,12	0,38
Liuk.N, "	19	-0,07	0,44*	-0,65***	0,96***
P, "	17	-0,08	0,40	-0,39	0,46*
K, "	18	-0,29	0,23	-0,54**	0,30
Ca, "	18	-0,15	0,36	-0,31	0,44*
Mg, "	18	-0,00	0,09	-0,10	0,11
<u>Ravinteet tuoreessa</u>					
Kok.N, g/l	19	0,53*	0,11	0,84***	-0,41*
Liuk.N, "	19	0,20	0,40*	-0,36	0,86***
P, "	17	0,53*	-0,15	0,76***	-0,39
K, "	18	0,52*	-0,16	0,90***	-0,67***
Ca, "	18	0,26	0,15	0,45*	-0,15
Mg, "	18	0,46*	-0,11	0,71***	-0,47*

Tärkeimmät kuiva-ainepitoisuuden, emäksenneutralointikyvyn, kokonaistyyppi-pitoisuuden, fosforipitoisuuden ja kaliumpitoisuuden väliset regressioyhtälöt esitetään liitteessä 1.

Tulosten tarkastelu

Säilörehun puristenesteen analyysitulokset vastasivat melko hyvin kirjallisuustietoja. Puristeneste oli kuiva-aine- ja ravinnepitoisuudeltaan keskimäärin 20-30 % väkevämpää kuin JENSENin (1954), PURVESin ja McDONALDin (1963), GILBERTin ja HAMMERENin (1972) ja HÅLANDin (1979) tutkimuksissa. Sen ravinnepitoisuus oli kuitenkin lähes täsmälleen sama kuin ruotsalaisessa oppikirjassa esitetään (JANSSON 1970). HÅLANDin (1979) mukaan puristenesteen kokonaistypestä on ammoniummuodossa 14 % ja nitraattimuodossa 6 %. Tässä tutkimuksessa, jossa nitraattityppeä ei määritetty, liukoisen typen osuus kokonaistypestä oli noin 9 %. Puristenesteen keskimääräinen emäksenneutralointikyky (125 mekv/l) oli lähes sama kuin JENSENin (1954) määrittämä 130 mekv/l. STEWARTin (1980) tutkimuksessa neutralointikyky oli hieman näitä arvoja suurempi, keskimäärin 176 mekv/l. STEWARTin (1980) mukaan suurikaan puristenestemäärä ei juuri vaurioita nurmea, jos se levitetään pian niiton jälkeen. Jos puristenestettä sen sijaan levitetään nurmen pintaan useita viikkoja niiton jälkeen, aiheuttaa jo 50 m³:n hehtaariannos puristenestettä, joka neutraloi emästä 120 mekv/l, selvän polttovioituksen. Kuivalla ja aurinkoisella säällä pitkään heinään levitettävän puristenesteen happamuus tulisi STEWARTin (1980) mukaan alentaa neutraloimalla tai laimentamalla alle arvon 40 mekv/l.

Puristenesteen ominaisuuksien välisistä riippuvuuksista voidaan todeta, että sen neutralointikyky ja ravinnepitoisuus voidaan parhaiten arvioida kuiva-ainepitoisuuden perusteella. Kuiva-ainepitoisuuden ja ravinnepitoisuuksien väliset korrelaatiot olivat tässä tutkimuksessa hyvin lähellä HÅLANDin (1979) esittämiä arvoja.

PURISTENESTEEN VAIKUTUS VIRTSAN JA LIETELANNAN TYPPIHÄVIÖÖN VARASTOINNIN AIKANA

Aineisto ja menetelmät

M u h i t u s k o e 1: Kahden litran muoviastioihin mitattiin naudan lietelantaa 300 ml/astia (12 astiaa) ja naudan virtsaa 300 ml/astia (12 astiaa). Säilörehun puristenestettä lisättiin lietelantaan ja virtsaan 0, 15, 30 ja 60 ml/astia. Kussakin koejäsenessä oli kolme kerrannetta. Puristenesteen lisäksi astioihin lisättiin deionisoitua vettä siten, että kaikkien seosten lopputilavuudeksi tuli 360 ml. Puristeneste, lietelanta ja virtsa analysoitiin, ja lantaseosten pH mitattiin kaksi tuntia kokeen perustamisen jäl-

keen. Koeastioita säilytettiin kannella peitettyinä 37 vuorokautta huoneenlämmössä (noin $+20^{\circ}\text{C}$). Muhituskauden aikana astioiden kannet avattiin noin joka toinen päivä astioiden tuulettamiseksi. Muhituskauden lopussa mitattiin seosten pH ja kokonaistypen sekä liukoisen typen pitoisuus. Ennen typpianalyysiä kaikkiin astioihin lisättiin vettä niin paljon, että lopputilavuudeksi tuli 500 ml/astia. Lantaseosten ohella seurattiin myös pelkän säilörehun puristenesteen pH:n muuttumista varastoinnin aikana.

Kokeessa käytetty virtsa sisälsi kuiva-ainetta 1,95 %, kokonaistyppeä 4,57 g/l ja liukoista typpeä 4,38 g/l. Lietelanta sisälsi kuiva-ainetta 1,90 %, kokonaistyppeä 1,97 g/l ja liukoista typpeä 1,40 g/l. Puristeneste sisälsi kuiva-ainetta 5,15 %, kokonaistyppeä 2,15 g/l ja liukoista typpeä 0,08 g/l, sen pH oli 4,39, ja se neutraloi pH 7,0:ssa 138 mekv NaOH/l.

Muhitusko e 2: Yhden litran muoviastioihin mitattiin naudan virtsaa 200 ml/astia (24 astiaa). Säilörehun puristenestettä lisättiin 0, 50, 150 tai 250 ml/astia. Puolet astioista säilytettiin $+4^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa ja puolet huoneen lämmössä (noin $+20^{\circ}\text{C}$). Kussakin koejäsenessä oli kolme kerrannetta. Virtsa ja säilörehun puristeneste analysoitiin, ja seosten pH mitattiin kahden tunnin kuluttua kokeen perustamisesta. Astioita säilytettiin kannella peitettyinä 43 vuorokautta, ja tänä aikana astiat tuuletettiin noin joka toinen päivä. Muhituksen jälkeen mitattiin seosten pH sekä kokonaistypen ja liukoisen typen pitoisuus. Typpianalyysiä varten kaikki astiat täytettiin deionisoidulla vedellä 500 ml:n tilavuuteen.

Kokeessa käytetty puristeneste sisälsi kuiva-ainetta 5,26 %, kokonaistyppeä 2,19 g/l, liukoista typpeä 0,06 g/l, sen pH oli 4,33, ja se neutraloi pH 7,0:ssa 98 mekv NaOH/l. Virtsa sisälsi kuiva-ainetta 1,12 %, kokonaistyppeä 1,83 g/l, liukoista typpeä 1,73 g/l, sen pH oli 7,85, ja se neutraloi pH 7,0:ssa 46 mekv HCl/l.

Tulokset

Muhitusko e 1: ssa käytetty puristenestemäärä oli niin pieni, ettei se kyennyt pitämään seosten pH:ta neutraalin reaktion (pH 7) alapuolella varastoinnin aikana, eikä edes laskemaan virtsan pH:ta neutraaliin kokeen alussa (taulukot 3 ja 4). Varastoinnin aikaiset typpihäviöt olivat tämän vuoksi erittäin suuria. Kasvava puristenestemäärä pienensi kuitenkin virtsan typpihäviötä hieman ja liotelannan typpihäviötä huomattavasti. Kerranteiden väliset erot olivat suuria, eikä kokeen lopussa mitattu pH riippu-

nut järjestelmällisesti lisätystä puristenestemäärästä. Astioiden silmämääräisessä tarkastelussa havaittiin, että mikrobien, luultavasti sienien, kasvu seoksissa vaihteli kerranteiden välillä huomattavasti. Muutamissa astioissa oli selvästi havaittavissa limamaista kasvustoa, joka näytti kohoittavan lantaseosten pH:ta. Kun mitattiin 37 päivää huoneen lämmössä säilytetyn pelkän puristenesteen pH, saatiin lukemiksi eri astioissa 4,49, 4,62 ja 6,50. Korkein pH mitattiin puristenesteestä, jossa oli hyvin voimakas mikrobikasvu.

Taulukko 3. Säilörehun puristenesteen vaikutus lietelannan ja virtsan happamuuteen ja typpihäviöön varastoinnin aikana.

Lantalaaji	Puristeneste/ lanta -suhte ¹⁾	Varastointiaika, d	Varastointi- lämpötila, °C	Typpihäviö %		pH kokeen alussa	pH kokeen lopussa
				Kokonais-N	Liukoinen N		
<u>Muhituskoel 1</u>							
Lietelanta	0	37	20	51	94	6,95	8,92
"	0,05	"	"	46	83	6,78	7,91
"	0,10	"	"	42	88	6,66	7,73
"	0,20	"	"	38	56	6,45	8,36
Virtsaa	0	"	"	86	96	8,84	8,54
"	0,05	"	"	82	95	8,76	8,23
"	0,10	"	"	80	93	8,67	8,33
"	0,20	"	"	78	92	8,45	8,67
<u>Muhituskoel 2</u>							
Virtsaa	0	43	4	16	20	7,85	8,78
"	0,25	"	"	4	23	7,15	8,06
"	0,75	"	"	1	0	6,60	4,57
"	1,25	"	"	0	0	6,26	4,61
"	0	"	20	76	80	8,03	8,50
"	0,25	"	"	58	67	7,15	8,53
"	0,75	"	"	3	0	6,60	5,48
"	1,25	"	"	0	0	6,26	4,02

¹⁾ puristenesteen neutralointikyky; pH:n kohottaminen neutraaliin (7,0) vaatii 1. muhituskoeksessa emästä 138 mekv/l ja 2. muhituskoeksessa 98 mekv/l.

Tutkittaessa typpihäviön riippuvuutta seoksen pH:sta ensimmäisen muhituskokeen lopussa havaittiin, että lietelannassa tekijöillä ei ollut merkittävää korrelaatiota. Virtsan liukoisen tyypin häviö riippui kuitenkin selvästi loppu-pH:sta: korrelaatio oli $r = 0,67^{**}$.

Muhituskoel 2:ssä puristenesteellä oli selvä vaikutus virtsan typpihäviöön varastointiaikana ja sen happamuuteen muhitusajan lopussa (taulukot 3 ja 4). Matalassa lämpötilassa (+4 °C) säilytetystä virtsasta haihtui vain vähän typpeä, ja kasvava puristenestemäärä pienensi typpihäviötä edelleen. Huoneenlämmössä typpihäviö pelkästä virtsasta oli sen sijaan hyvin suuri, noin 80 %. Kasvava puristenestemäärä pienensi typpihäviö-

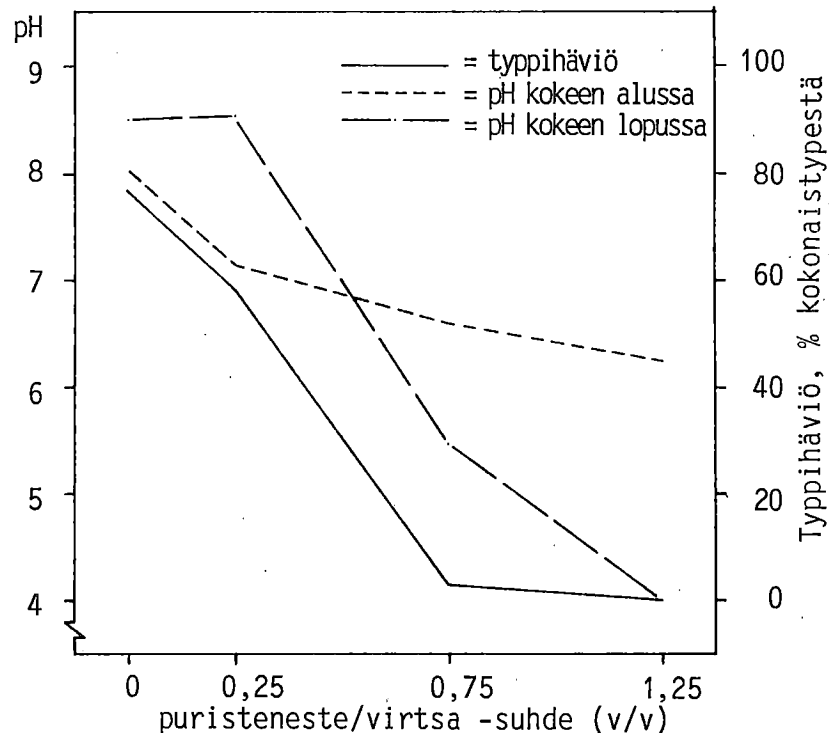
tä erittäin tehokkaasti, ja jo puristeneste/virtsä -suhteella 0,75 se oli lähes olematon. Tämän koejäsenen pH oli kokeen alussa 6,60. Ilman puristenestettä säilytettyjen ja pienimmän puristenestemäärän saaneiden seosten pH kohosi varastoinnin aikana, mutta kahdella suurimmalla puristenestemäärällä seosten pH laski varastoinnin aikana.

Taulukko 4. Eri koetekijöiden vaikutus varastoinnin aikaiseen typpihäviöön ja lanta-puristenesteseosten happamuuteen kokeen lopussa.

Koetekijä	pH kokeen lopussa	Typpihäviö, %	
		Kokonais-N	Liukoinen N
<u>Muhituskoe 1</u>			
Lantalaji	-	*	***
lietelanta	8,23	44	80
virtsä	8,44	82	94
Puristeneste/lanta -suhde	*	*	***
0	8,73	69	95
0,05	8,07	64	89
0,10	8,03	61	91
0,20	8,51	58	74
Yhdysvaikutus	-	-	***
<u>Muhituskoe 2 (virtsä)</u>			
Säilytyslämpötila	*	***	***
+ 4 °C	6,50	5	11
+20 °C	6,63	35	37
Puristeneste/virtsä -suhde	***	***	***
0	8,64	46	50
0,25	8,30	31	45
0,75	5,03	2	0
1,25	4,31	0	0
Yhdysvaikutus	***	***	***

Muhituskoe 2:ssa käytetty virtsä neutraloi pH 7,0:ssa 46 mekv HCl/l ja puristeneste 98 mekv NaOH/l. Tällä perusteella laskettuna puristeneste riitti neutraloimaan eri koejäsenissä 0, 53, 160 ja 266 % virtsan emäksisyydestä. Happo- ja emästitrauksilla saatu tulos vastaa hyvin muhituskoe 2:ssa saatuja tuloksia (kuva 2). Seoksen pH laski alle neutraalin, kun puristeneste/virtsä -suhde oli suurempi kuin 0,25 mutta pienempi kuin 0,75. Piirroksista nähdään myös, että typpihäviö +20 °C:n lämpötilassa korreloi voimakkaasti sekä ennen muhitusta että sen jälkeen mitatun pH:n kanssa. Huoneen lämmössä säilytettyjen näytteiden kokonaistypen ja liukoisen typen häviön korrelaatio kokeen lopussa mitatun pH:n kanssa oli $r = 0,95^{***}$. Matalassa lämpötilassa (+4 °C) säilytetyissä näytteissä korrelaatiot oli-

vat vastaavasti $r = 0,83^{***}$ (kokonais-N) ja $r = 0,92^{***}$ (liukoinen N).



Kuva 2. Virtsaan sekoitetun säilörehun puristenesteen vaikutus seoksen happamuuteen ja typpihäviöön 43 vuorokauden varastointiaikana (+ 20 °C).

Tulosten tarkastelu

Säilörehun puristeneste pystyi happamuudellaan selvästi alentamaan virtsan pH:ta ja vähentämään typpihäviötä säilytyksen aikana. Tulos vastaa hyvin JENSENin (1954) kokeiden tuloksia. Puristenesteen tarve tiettyä virtsamäärää kohden voidaan arvioida, jos tunnetaan sen happamuus (emäksenneutralointikyky) ja virtsan emäksisyys (haponneutralointikyky). Kun virtsan neutralointi pH 7,0:ksi vaatii KAILAN (1950a) mukaan keskimäärin 30-40 mekv happoa/l ja puristeneste neutraloi pH 7,0:ssa emästä keskimäärin 125 mekv/l, pystyy puristeneste neutraloimaan virtsaa 3-4 kertaa tilavuutensa verran. TUORILAN (1929) mukaan kuitenkin vasta pH 6,5 on turvallinen virtsan typen säilymiseksi, ja tässä pH:ssa puristeneste neutraloi virtsaa noin kaksi kertaa tilavuutensa verran. Vastaavasti voidaan KAILAN (1950a) virtsaa koskevista tutkimuksista ja tässä tutkimuksessa mitatuista puristenesteiden neutralointikyvyistä päätellä, että puristeneste neutraloi virtsaa pH 6,0:ssa keskimäärin 1,4 ja pH 5,5:ssa keskimäärin 0,9 kertaa tilavuutensa verran. Virttsalla on huomattavan suuri, lähinnä hiilidioksidista johtuva puskurikyky pH:n alenemista vastaan (KAILA 1950a).

Säilörehun puristeneste alentaa myös lietelannan pH:ta ja vähentää sen typen haihtumista. Tässä tutkimuksessa lietelannan ohella käytettiin kuitenkin niin pieniä puristenestemääriä, ettei typen haihtumista saatu kokonaan estetyksi. Käytännössä virtsasta häviää varastoinnin aikana tyypeä huomattavasti enemmän kuin lietelannasta, joten puristenesteellä ei liene lietelantaan yleensäkään niin suurta vaikutusta kuin virtsaan. Laboratoriokokeen tulokset lietelannan typen haihtumisesta eivät ole sellaisenaan verrattavissa käytäntöön.

Säilörehun puristenesteen talteenotto ljetesäiliöön tai virtsakaivoon näyttäisi siten olevan edullista. Tulee kuitenkin muistaa, että rikkivetyvaaran vuoksi puristenestettä ei tule johtaa sellaisenaan lantäsäiliöön, joka on ilman vesilukkoa yhteydessä karjasuojan ilmatilaan (ANON. 1978 b, 1983). Myös puristenesteen betonirakenteita syövyttävä vaikutus tulee ottaa huomioon.

Muhituskokeessa 2 säilytyslämpötila vaikutti ratkaisevasti typen häviöön. Tulos oli odotuksen mukainen, sillä lämpötila vaikuttaa suoraan kaasujen liukoisuuteen. Huonosti suljetussa kaivossa säilytetyn virtsan tyypestä saattaa kuitenkin haihtua talven aikana jopa puolet (IVERSEN 1924).

Virtsapuristenesteseosten pH laski varastoinnin aikana monessa astiassa. Saman ilmiön havaitsi myös JENSEN (1954), joka päätteli pH:n laskun johtuvan puristenesteen sokerin käymisestä orgaanisiksi hapoiksi. JENSENIN (1954) kokeissa huomattava osa virtsapuristenesteseosten ammoniakkitypestä muuttui varastoinnin aikana orgaaniseen muotoon, mutta sen käyttökelpoisuus ei nitrifikaatiotestin perusteella juurikaan pienentynyt. Virtsapuristenesteseokset näyttävät olevan hyvin edullisia kasvualustoja pieneliöille, mikä havaittiin tässäkin tutkimuksessa. Pieneliökasvun aiheuttaja lienee nimenomaan puristeneste. MOORE ym. (1961) esittävät, että puristenesteessä hyvin yleisesti tavattava Geotrichum candidum -sieni saattaa voimakkaalla kasvullaan jopa tukkia rehusiilon poistoputken.

PURISTENESTEEN LANNOITUSARVO SEKÄ SEN VAIKUTUS VIRTSAN JA LIETELANNAN LANNOITUSARVOON ASTIAKOEISSA

Aineisto ja menetelmät

Astia koe 1: Koe tehtiin kuuden litran vetoisissa muoviastioissa, joihin punnittiin aitosavea 5 kg/astia. Lietelantaa tai virtsaa mitattiin en-

sin pienempiin muoviastioihin 300 ml/astia, ja tähän lantamäärään sekoitettiin 0, 15, 30 tai 60 ml säilörehun puristenestettä. Tämän jälkeen seokset lisättiin varsinaisiin koeastioihin. Puolet koejäsenistä sai lannan koko maamäärään sekoitettuna ja puolet maan pinnalle levitettynä. Lanta sai olla maan pinnalla yhden vuorokauden ennen kylvöä, minkä jälkeen raiheinän siemenet vielä peitettiin ohuesti koemaalla. Lisäksi verranteina olivat lanoittamaton, 15, 30 ja 60 ml puristenestettä saaneet koejäsenet sekä väkilannoitetyypitasot 500, 1000 ja 1500 mg N/astia. Kaikkiin astiakoemaihin sekoitettiin peruslannoitteeksi 400 mg P/astia, 2500 mg K/astia ja 200 mg Mg/astia. Lannoitukset tehtiin 15.6.1982, ja astioihin kylvettiin italianraiheinä seuraavana päivänä. Koemaita kasteltiin deionisoidulla vedellä, ja vettä annettiin runsaasti, kesällä jopa kaksi kertaa päivässä. Koeastioiden pohjassa olleen reiän kautta valunut vesi kaadettiin aina takaisin astioihin. Raiheinä niitettiin kolme kertaa ja satojen typpipitoisuus määritettiin. Kaikissa koejäsenissä oli kolme kerrannetta. Kokeessa käytettiin samaa virtsaa, lietelantaa ja puristenestettä kuin muhituskoe 1:ssä. Typen näennäinen hyväksikäyttö laskettiin ottamalla huomioon lietelanta- ja virtsakoejäsenissä vain lannan tyyppi, ei puristenesteen sisältämää typpeä.

Astiakoe 2: Myös tämä koe tehtiin kuuden litran vetoisissa muovias-
tioissa, joihin aitosavea punnittiin 5 kg/astia. Kokeessa tutkittiin fak-
torikokeena typen, fosforin ja kaliumin sekä näiden yhdistelmien (NP, NK,
PK ja NPK) vaikutusta italianraiheinän satoon ilman puristenestettä ja
puristenesteen (300 ml/astia) ohella. Lisäksi verranteina olivat koejäsenet,
joihin mitattiin 100, 600 ja 900 ml puristenestettä astiaa kohden. Puriste-
neste ja väkilannoiteravinteet sekoitettiin huolellisesti koko maamäärään.
Faktorikokeessa käytetyt väkilannoiteravinnemäärät olivat 1000 mg N, 400
mg P ja 1000 mg K/astia. Kaikista koejäsenistä oli neljä kerrannetta. Koe-
maita kasteltiin runsaasti deionisoidulla vedellä.

Kokeessa käytetty puristeneste sisälsi kuiva-ainetta 4,58 %, kokonaistyp-
peä 1,75 g/l, liukoista typpeä 0,11 g/l, fosforia 0,56 g/l, ja kaliumia
5,63 g/l. Koe perustettiin 13.6.1983, ja siitä niitettiin sato kolme ker-
taa.

Astiakoe 3. Kokeessa kasvatettiin italianraiheinää kuuden litran muo-
viastioissa, joihin oli punnittu aitosavea 5 kg/astia. Peruslannoitteeksi
oli kaikkiin astioihin annettu kylvön yhteydessä 300 mg N/astia. Ensimmäisen
niiton jälkeen tehtiin varsinaiset koekäsittelyt. Astioihin mitattiin säi-

lörehun puristenestettä 0, 300 tai 600 ml/astia. Kussakin puristenestekäsittelyssä oli lisäksi väkilannoitetasot 0, 2,5 tai 5,0 g typpirikasta Y-lannosta (Ytr)/astia. Koe perustettiin 14.6.1983, ja siitä niitettiin sato viisi kertaa puristeneste- ja väkilannoitekäsittelyjen jälkeen. Koeksessa käytettiin samaa puristenestettä kuin astiakoe 2:ssa. Koemaita kasteltiin runsaasti deionisoidulla vedellä.

Tulokset

Astiakoe 1:ssä lietelannan tai virtsan seassa annetulla puristenesteellä ei ollut merkittävää vaikutusta kuiva-ainesatoihin tai lannan typen näennäiseen hyväksikäyttöön (taulukko 5, liite 2). Virtsa oli tilavuusyksikköä kohden huomattavasti tehokkaampaa kuin lietelanta, ja se hyötyi myös maahan sekoituksesta enemmän kuin liete. Virtsan sekoittaminen maahan kohotti pintalevitykseen verrattuna selvästi myös sen typen näennäistä hyväksikäyttöä, mutta lietelannalla sekoituksen etu oli huomattavasti pienempi.

Taulukko 5. Eri koetekijöiden vaikutus kuiva-ainesatoon ja typen näennäiseen hyväksikäyttöön astiakoe 1:ssä.

Koetekijä ¹⁾	Sato g k.a./astia				Typen näennäinen hyväksikäyttö, %	
	1. n.	2. n.	3. n.	Σ	Kokonaistyyppi	Liukoinen tyyppi
Lantalaji	-	***	***	***	***	***
lietelanta 300 ml	10,8	6,0	3,1	19,9	56	79
virtsa 300 ml	10,1	19,1	6,9	36,1	68	71
Puristenestemäärä	-	-	-	-	-	-
0	9,8	12,9	5,1	27,7	61	74
15 ml/astia	10,0	12,7	4,9	27,6	61	74
30 "	11,1	12,1	4,9	28,1	63	76
60 "	10,9	12,5	5,1	28,5	63	75
Levitystapa	*	-	-	-	**	**
pintalevitys	11,2	12,3	4,9	28,4	60	72
sekoitus	9,7	12,8	5,1	27,6	64	77
Laji * tapa	***	-	*	***	*	*
liete pintaan	12,6	5,9	3,3	21,8	55	78
" sekoitus	9,1	6,0	3,0	18,0	56	79
virtsa pintaan	9,8	18,6	6,5	34,9	64	67
" sekoitus	10,3	19,6	7,3	37,2	72	75

¹⁾Yhdysvaikutuksista vain (laji * tapa) oli tilastollisesti merkitsevä.

Pelkän puristenesteen kokonaistypen näennäinen hyväksikäyttö oli 4-22 % ja sen liukoisen typen näennäinen hyväksikäyttö 115-695 % (liite 2). Väkilannoitetyypen näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 82 %. Virtsan kokonaistypen arvo väkilannoitetyyppeen verrattuna oli 73 % (pintalevitys) ja 90 % (sekoitus maahan) ja sen liukoisen typen arvo vastaavasti 77 % ja 95 %. Lietelannan kokonaistypen arvo väkilannoitetyyppeen verrattuna oli 65 % (pintalevitys) ja 70 % (sekoitus maahan), ja sen liukoisen typen arvo oli vastaavasti 91 % ja 98 %.

Astiakoe 2:ssa puristeneste kohotti selvästi raiheinän satoa (taulukko 6). Väkilannoitekoejäsenistä olivat tyypeä saaneet kaikkein parhaita. Väkilannoituksen vaikutus kolmannen niiton satoon riippui puristenesteen käytöstä siten, että puristenestettä saaneissa koejäsenissä väkilannoitetyypen vaikutus oli suhteellisesti pienempi kuin fosforin ja kaliumin vaikutus (liite 3). Puristenesteen kokonaistypen näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 37 % (28-43 %) ja sen liukoisen typen näennäinen hyväksikäyttö keskimäärin 592 % (442-688 %) (taulukko 7). Kun väkilannoitetyypen näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 74 %, oli puristenesteen kokonaistypestä noin 50 % väkilannoitetyypen veroista.

Taulukko 6. Eri koetekijöiden vaikutus kuiva-ainesatoihin astiakoe 2:ssa.

Koetekijä	Kuiva-ainesato, g/astia			
	1. n.	2. n.	3. n.	Σ
Puristeneste	***	***	-	***
0	6,3	8,6	6,1	21,0
300 ml	8,0	11,6	6,2	25,8
Väkilannoitus	***	***	***	***
-	6,1	5,0	2,5	13,7
N (1000 mg)	6,5	14,2	10,7	31,4
P (400 mg)	7,7	4,8	2,5	15,1
K (1000 mg)	5,9	5,6	2,3	13,8
NP	9,4	15,6	8,0	33,0
NK	5,9	14,1	12,3	32,3
PK	7,5	5,0	2,5	14,9
NPK	8,4	16,3	8,3	33,0
Yhdysvaikutus	-	-	***1)	-

1) Tarkemmin liitteessä 3.

Taulukko 7. Puristenesteen ja väkilannoiteravinteiden näennäinen hyväksikäyttö astiakoé 2:ssa.

Puristeneste ml/astia	Väki- lannoitus	Typen näennäinen hyväksi- käyttö, %			Fosforin näennäinen hyväksi- käyttö, %		Kalliumin näennäinen hyväksi- käyttö, %	
		Väkilan- noite-N	Puristenesteen Kok.N	Liuk. N	Väkil.P	Puristeneste-P	Väkil.K	Puristeneste-K
0	0							
0	N	73						
0	P				4			
0	K						7	
0	NP	78			9			
0	NK	73					39	
0	PK				5		9	
0	NPK	74			6		47	
300 ¹⁾	0		38	609		19		27
300 ¹⁾	N		42	670		17		43
300 ¹⁾	P		43	688		21		26
300 ¹⁾	K		37	588		18		24
300 ¹⁾	NP		31	500		17		47
300 ¹⁾	NK		39	627		13		27
300 ¹⁾	PK		39	615		19		24
300 ¹⁾	NPK		28	442		11		23

¹⁾Puristenestettä sisältäneiden koejäsenten osalta tulokset koskevat vain puristenesteen ravinteiden näennäistä hyväksikäyttöä.

Säilörehun puristenesteen fosforin (168 mg/astia) näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 17 % ja se vaihteli välillä 11-21 % (taulukko 7). Se oli siten selvästi suurempi kuin väkilannoitefosforin (400 mg/astia) näennäinen hyväksikäyttö, joka oli keskimäärin vain 6 % (4-9 %). Puristenesteen kaliumin näennäinen hyväksikäyttö oli 23-47 % (taulukko 7). Suurimmillaan (43 ja 47 %) se oli astioissa, jotka saivat puristenesteen ohella väkilannoitetyypä ja -fosforia. Näissä astioissa voimakkaasti kasvava heinä kykeni käyttämään tehokkaimmin hyväksi puristenesteen kaliumin. Kun väkilannoitekaliumin näennäinen hyväksikäyttö oli parhaimmillaan (väkilannoitetyypen ja -fosforin ohella) 39 ja 47 %, voidaan puristenesteen kaliumia pitää vaikutukseltaan väkilannoitekaliumin veroisena. Kaliumia tuli puristenesteessä 1689 mg/astia ja väkilannoitteessa 1000 mg/astia.

Tutkittaessa faktorianalyysillä eri väkilannoiteravinteiden vaikutusta satoon havaittiin, että typellä saatiin suurin sadonlisäys (taulukko 8). Puristeneste vähensi typen vaikutusta ensimmäiseen ja kolmanteen sekä kokonaissatoon, mutta suurensi sen vaikutusta toiseen satoon. Puristeneste vähensi myös fosforin edullista vaikutusta ensimmäiseen ja toiseen sa-

toon sekä sen haitallista vaikutusta kolmanteen satoon. Fosfori vaikutti kokonaissatoon hieman enemmän puristenesteen kanssa kuin ilman sitä. Sen vaikutus riippui jokaisessa niitossa merkitsevästi typpilannoituksesta. Kalium vaikutti satoon yleensä vain vähän. Puristeneste näytti vähentävän sen haitallista vaikutusta ensimmäiseen satoon ja sen edullista vaikutusta kolmanteen satoon. Kaliumin vaikutus kolmanteen satoon riippuu merkitsevästi typpilannoituksesta.

Taulukko 8. Väkilannoitetekijöiden vaikutus kuiva-ainesatoon astiakoe 2:ssa.

Väkilannoite- koetekijä	Sadonlisäys, g k.a./astia ¹⁾							
	1. niitto		2. niitto		3. niitto		Kokonaissato	
	Ei puristen.	Puristeneste	Ei puristen.	Puristeneste	Ei puristen.	Puristeneste	Ei puristen.	Puristeneste
N	0,81**	0,71	9,57***	10,26***	8,57***	6,19***	18,95***	17,16***
P	2,57***	1,70***	1,04**	0,34	-2,55***	-0,72*	1,06*	1,31*
K	-0,75*	-0,21	0,30	0,32	0,69	0,11	0,22	0,21
P ilman N	1,72	1,40	-0,33	-0,51	0,06	0,12	1,44	1,01
P N:n ohella	3,42***	2,00	2,43***	1,17*	-5,17***	-1,56*	0,69	1,61
K ilman N	-0,47	0,07	0,44	0,28	-0,08	-0,26	-0,14	0,11
K N:n ohella	-1,03	-0,50	0,15	0,35	1,46*	0,46	0,59	0,32

¹⁾ lannoittamattomaan verrattuna

Verrattaessa eri määriä puristenestettä saaneita koejäseniä keskenään todettiin, että kasvava puristenestemäärä suurensi raiheinän satoa lähes aina (taulukko 9). Puristeneste vaikutti haitallisesti vain, kun sitä lisättiin 900 ml/astia, ja tällöinkin haittavaikutusta oli vain ensimmäiseen satoon. Puristenesteen kokonaistypen näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 35 %, ja sen liukoisen typen näennäinen hyväksikäyttö oli 550 % (taulukko 10). Kun väkilannoitetyypen näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 74 %, oli puristenesteen kokonaistypestä väkilannoitetyypen veroista 47 %. Säilörehun puristenesteen fosforin näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 16 % ja sen kaliumin näennäinen hyväksikäyttö 23 % (taulukko 10). Fosforin näennäinen hyväksikäyttö pysyi korkeana suurillakin puristenesteen levitysmäärillä (1 dl sisälsi 56 mg P, 3 dl 168 mg P, 6 dl 336 mg P ja 9 dl 504 mg P). Puristenesteen kaliumin näennäinen hyväksikäyttö taas jäi verraten pieneksi, sillä typen puute esti heinää ottamasta kaikkea puristenesteessä maahan tullutta kaliumia.

Astiakoe 3:ssa tuli ilmi suuren puristenestemäärän haitallinen vaikutus (taulukko 11, liite 4). Kun raiheinäkasvustoon kaadettiin ensimmäisen niiton jälkeen säilörehun puristenestettä 600 ml/astia, heinän

Taulukko 9. Eri puristenestemääriä saaneiden koejäsenten kuiva-ainesadot astiakoe 2:ssa.

Puristenesteen määrä, ml/astia	Kuiva-ainesato, g/astia			
	1. n.	2. n.	3. n.	Σ
0	5,2	3,7	1,9	10,8
100	5,9	4,2	2,2	12,3
300	7,0	6,4	3,2	16,6
600	8,9	9,8	4,5	23,1
900	6,7	12,3	8,1	27,1
F-arvo	2,9	27,9***	5,6**	96,5***

Taulukko 10. Puristenesteen ravinteiden näennäinen hyväksikäyttö eri puristenestemääriä saaneissa koejäsenissä astiakoe 2:ssa.

Puristeneste ml/astia	Puristenesteen ravinteiden näennäinen hyväksikäyttö, %			
	Kokonais-N	Liukoinen N	P	K
100	36	579	14	21
300	39	612	19	27
600	37	589	17	25
900	26	421	15	20

Taulukko 11. Ensimmäisen niiton jälkeen annetun puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus raiheinän kuiva-ainesatoon astiakoe 3:ssa.

Lannoite		Sato, g k.a./astia					Σ
		2. n.	3. n.	4. n.	5. n.	6. n.	
Puristeneste	0 ml/astia	9,5	8,5	5,3	2,3	3,1	28,7
"	300 "	8,5	10,6	7,6	3,4	4,9	35,0
"	600 "	2,2	9,4	14,0	6,9	6,4	38,9
	F-arvo	77,3***	12,4***	136,6***	106,6***	150,3***	282,1***
Ytr	0 g/astia	6,7	7,1	4,5	2,5	4,5	25,3
"	2,5 "	6,9	10,1	8,8	3,7	4,7	34,1
"	5,0 "	6,7	11,4	13,7	6,3	5,2	43,2
	F-arvo	0,1	52,5***	142,8***	68,4***	6,6**	843,3***
Yhdysvaikutus	F-arvo	0,3	17,8***	4,3**	11,9***	1,8	0,5

kasvu pysähtyi muutamaksi viikoksi täysin. Astioissa oli hyvin voimakas käymisen, hiiavan haju. Suurimman puristenestemäärän haitallinen vaikutus tuntui vielä kolmannessa sadossa, mutta 4., 5. ja 6. satoa puristeneste kohotti jo selvästi. Väkilannoite kohotti 3., 4., 5. ja 6. satoa. Sen vaikutus 3., 4. ja 5. satoon riippui kuitenkin puristenestelannoituksesta. Väkilannoite kohotti 3. satoa niissä astioissa, joissa puristenestettä ei ollut lainkaan tai sitä oli 300 ml/astia. Väkilannoitteen vaikutus neljännenteen ja viidenteen satoon taas oli sitä suurempi, mitä enemmän koejäsenen oli saanut puristenestettä.

Säilörehun puristenesteen kokonaistypen näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 46 %, kun puristenestettä oli 300 ml/astia, ja 33 %, kun puristenestettä oli 600 ml/astia (taulukko 12). On ilmeistä, ettei suuremman puristenestemäärän helposti vapautuva tyyppi ehtinyt täysin vaikuttaa, kun koe jo lopetettiin. Puristenesteen kokonaistypestä oli väkilannoitetypen veroista keskimäärin 48 %. Pienemmällä puristenestemäärällä tämä osuus oli 56 % ja suuremmalla määrällä 40 %.

Taulukko 12. Säilörehun puristenesteen ja väkilannoitteen ravinteiden hyväksikäyttö yhteensä viidessä lannoitusta seuranneessa sadossa, kun raiheinä lannoitettiin ensimmäisen niiton jälkeen. Astiakoe 3.

Puristeneste ml/astia	Väkilannoitus g Ytr/astia	Typen näennäinen hyväksikäyttö, % ¹⁾		Fosforin näennäinen hyväksikäyttö, % ¹⁾	Kalliumin näennäinen hyväksikäyttö, % ¹⁾	
		kokonais-N	liukoinen N			
0	0	-	-	-	-	-
0	2,5	82	82	31	229	221
0	5,0	81	81	26	213	
300 ²⁾	0	47	753	39	34	38
300 ²⁾	2,5	47	741	33	38	
300 ²⁾	5,0	43	678	26	41	29
600 ²⁾	0	36	566	24	28	
600 ²⁾	2,5	32	506	17	29	29
600 ²⁾	5,0	31	494	18	30	

1) 300 ml puristenestettä sisälsi kok.N 525 mg, liuk. N 33 mg, P 168 mg ja K 1689 mg ja 600 ml puristenestettä sisälsi kok.N 1050 mg, liuk. N 66 mg, P 336 mg ja K 3378 mg. 2,5 g typpirikasta Y-lannosta sisälsi N 500 mg, P 110 mg ja K 208 mg, ja 5,0 g Ytr sisälsi N 1000 mg, P 220 mg ja K 415 mg.

2) Puristenestettä sisältäneiden koejäsenten osalta tulokset koskevat vain puristenesteen ravinteiden näennäistä hyväksikäyttöä.

Pienemmän puristenestemäärän fosforin näennäinen hyväksikäyttö oli samansuuruinen tai jopa hieman suurempi kuin väkilannoitefosforin (taulukko 12). Suuremman puristenestemäärän fosforin näennäinen hyväksikäyttö oli pienempi kuin väkilannoitefosforin, mutta siinä tulikin fosforia maahan enemmän

kuin kummassakaan väkilannoitemäärässä. Väkilannoitekaliumin näennäinen hyväksikäyttö oli reilusti yli 200 %, ja siihen verrattuna puristenesteen kaliumin näennäinen hyväksikäyttö oli pientä. Puristenestemäärät sisälsivät kaliumia noin 8 kertaa enemmän kuin väkilannoitemäärät.

Tulosten tarkastelu

Astiakoe 1:ssä lietelannan tai virtsan seassa annetulla puristenesteellä ei ollut merkittävää vaikutusta raiheinän satoon tai lannan typen hyväksikäyttöön. Se olisi voinut estää pintaan levitetyn lannan typen häviötä, mutta ilmeisesti käytetyt puristenestemäärät olivat liian pieniä. Muhituskoje 1:n tuloksista nähtiin, ettei suurinkaan puristenestemäärä riittänyt alentamaan virtsan pH:ta neutraaliin ja vaikutus lietelantaankin oli melko vähäinen.

Maahan sekoitettu virtsa oli astiakoe 1:ssä selvästi tehokkaampaa kuin pintaan levitetty virtsa, mutta lietelannalla levitystavan vaikutus ei ollut niin selvä. Raiheinäsatojen perusteella pintaan levitetty lietelanta vaikutti maahan sekoitettua paremmin, ja tämä ero oli nimenomaan ensimmäisen niiton sadossa. Maahan sekoitettu lietelanta haittasi siis heinän kasvua alussa. Ilmiön syy ei tässä tutkimuksessa selvinnyt, mutta kyse voi olla lietelannassa alunperin olleista haitallisista yhdisteistä (suolat, rikkivety), sen hajoamisen tuottamista haitta-aineista (etylenei) tai lannan hajoamisen aiheuttamasta hapen puutteesta maassa (BURFORD 1976). Lietelannan hajoamisen aiheuttama hapen puute maassa saattaa olla merkittävä seikka tällaisessa astiakokeessa, jossa maa pidetään kosteana kastelemalla sitä säännöllisesti, kesällä jopa kaksi kertaa päivässä. Lietelannan typen näennäiseen hyväksikäyttöön levitystapa ei kuitenkaan vaikuttanut. Virtsan liukoisesta tyypestä oli astiakoe 1:ssä väkilannoitetypen veroista parhaimmillaan 95 % ja lietelannan liukoisesta tyypestä 98 %, mikä ilmaisee, että liukoisen typen analyysi antoi varsin hyvän kuvan lannan välittömästä tyyppivaikutuksesta. Lietelannan ja virtsan kokonaistypen vaikutuksesta saadut tulokset vastaavat hyvin kirjallisuustietoja (SALONEN 1949, DURING ja McNAUGHT 1961, KLAUSEN 1985).

Astiakoe 2:ssa puristenesteen liukoisen typen näennäinen hyväksikäyttö oli 442-688 %. Tästä voidaan päätellä, ettei liukoisen typen analyysi osoita puristenesteen typen käyttökelpoisuutta kovinkaan hyvin. Suuri osa puristenesteen orgaanisesta tyypestä näyttää olevan varsin helposti mineraloituvaa. Puristenesteen kokonaistypen näennäinen hyväksikäyttö oli keskimäärin 35 %, vaikka sen tyypestä oli alunperin liukoista vain

6 %. Kun puristenestettä levitettiin 300 ml/astia, oli sen kokonaistypestä väkilannoitetypen veroista noin 53 %. JENSEN (1954) havaitsi kokeissaan että maahan sekoitettu puristeneste hajoaa varsin nopeasti. Kun maahan sekoitettiin puristenestettä 4 % maan painosta, noin puolet puristenesteen orgaanisesta hiilestä vapautui hiilidioksidiksi 8-10°C:n lämpötilassa jo viikon aikana (JENSEN 1954).

Puristenesteen fosfori oli kokeessa jopa tehokkaampaa kuin väkilannoitefosfori. Tämä saattaa johtua monesta eri tekijästä. Puristenesteen eloperäinen aines saattaa suojata sen epäorgaanista fosforia pidättymiseltä maahiukkasiin. Toisaalta puristenesteen orgaaninen fosfori saattaa vapautua epäorgaaniseen muotoon kasvien ravinteidenoton suhteen hyvin edullisessa tahdisa ja välttyä siten pidättymiseltä maahan. Lisäksi on mahdollista, että puristeneste liuottaa maassa alunperin ollutta fosforia, jolloin puristenesteen fosforin hyväksikäyttö olisi todella vain näennäistä. Kun puristeneste vähensi väkilannoitefosforin vaikutusta nimenomaan raiheinän kasvun alussa (1. sato), näyttäisi siltä, että puristenesteen fosfori on nopeavaikutteista. Tässä tutkimuksessa ei selvitetty, missä muodossa puristenesteen fosfori alunperin on. Tämä asia tulisi kuitenkin tutkia, sillä se voisi tuoda arvokasta tietoa puristenesteen fosforin vaikutuksesta. Eloperäisen lannoitusaineen hyvä fosforivaikutus ei ole mitenkään poikkeuksellista, sillä useissa tutkimuksissa esim. karjanlannan fosforin on todettu olevan väkilannoitefosforin veroista tai jopa sitä tehokkaampaa (KAILA 1950b, ASMUS ym. 1971, SHARMA ym. 1980, TUNNEY 1980, AMBERGER 1982).

Puristenesteen kaliumia voidaan tämän tutkimuksen perusteella pitää väkilannoitekaliumin veroisena. Tulos vastaa kirjallisuustietoja puristenesteen ja lannan kaliumin vaikutuksesta (HAUGLAND 1942, JENSEN 1954, GILBERT ja HAMMEREN 1972, SHARMA ym. 1980, TUNNEY 1980, AMBERGER 1982). Koska kalium on määrällisesti puristenesteen tärkein ravinne, sitä tulee usein maahan kasvien tarpeeseen nähden kuitenkin liikaa. Tällöin puristenesteen kaliumin hyväksikäyttö voi jäädä pieneksi. Puristenesteen käytön onkin todettu kasvunhottavan maan kaliumpitoisuutta (GILBERT ja HAMMEREN 1972, SKARDA ym. 1975, HÅLAND 1979).

Faktorikokeen tuloksista nähdään, että puristeneste tarvitsee täydennykseksi lähinnä väkilannoitetyypeä. Myös väkilannoitefosforista on puristenesteen ohella hyötyä, mutta kaliumia ei tarvita. Astiakoemaan kaliumtila oli tosin luonnostaan niin hyvä, ettei kaliumilla ollut suurta vaikutusta ilman puristenestettäkään. Mielenkiintoista on, että puristeneste näytti

vähentävän väkilannoitekaliumin haitallista vaikutusta ensimmäiseen satoon. Puristeneste tehosti raiheinän kasvua huomattavasti, jolloin ensimmäinen sato otti maasta paljon kaliumia ja väkilannoitekaliumin haitallinen suola-vaikutus jäi pienemmäksi kuin ilman puristenestettä. On huomionarvoista, että puristeneste tehosti raiheinän kasvua kokeen alussa selvästi enemmän kuin väkilannoitetyppi. Väkilannoitefosforin haitallinen vaikutus kolmanteen satoon taas johtuu siitä, että se tehosti raiheinän kasvua ja sen ravinteiden ottoa kokeen alussa. Tällöin ravinteita ei enää riittänyt kolmannelle sadolle.

Puristeneste haittasi astiakoe 2:ssa raiheinän kasvua selvästi vain silloin, kun sitä oli levitetty 900 ml/astia. Haittavaikutus oli yllättävän vähäinen, sillä 900 ml/astia vastaa pinta-alaa kohden laskettuna levitysmäärää 287 m³/ha.

Astiakoe 3:ssa, jossa puristeneste levitettiin raiheinäkasvustoon ensimmäisen niiton jälkeen, puristeneste haittasi selvästi heinän kasvua. Haittavaikutuksen pääteltiin johtuvan pääosin puristenesteen käymisestä maassa ja sen aiheuttamasta hapen puutteesta. WOOLFORD (1978) on esittänyt, että puristenesteen suuri hapenkulutus vahingoittaa kasveja. Myös puristenesteen polttovaikutus saattoi olla osasyynä. Haittavaikutus oli selvä, kun puristenestettä levitettiin 600 ml/astia (vastaa noin 192 m³/ha), mutta 300 ml/astia (96 m³/ha) haittasi raiheinän kasvua vain vähän. Puristeneste heikensi heinän kasvua vain kokeen alussa, ja viimeisissä sadoissa suurikin puristenestemäärä vaikutti jo hyvin.

Puristenesteen kokonaistypestä oli astiakoe 3:ssa väkilannoitetyypen veroista keskimäärin 48 %, mikä vastaa melko hyvin GILBERTin ja HAMMERENin (1972) ja HÅLANDin (1979) saamia tuloksia. Puristenesteen fosfori näytti myös tässä kokossa olevan väkilannoitefosforin veroista. Puristenesteen kaliumin arvo väkilannoitekaliumiin verrattuna näytti olevan melko pieni, mutta tämä johtuu vain väkilannoitekaliumin epätodellisen suuresta näennäisestä hyväksikäytöstä. Väkilannoitekaliumin suuri näennäinen hyväksikäyttö taas johtuu siitä, että kokeessa käytettiin moniravinteista väkilannoitetta, joka sisälsi kaliumin ohella aina typpeä. Typpi tehosti kasvien kaliuminottoa väkilannoitekoejäsenissä, mutta verranteina olleissa kokonaan lannoittamattomissa astioissa kaliuminotto jäi vähäiseksi, kun raiheinän kasvu oli typen puutteessa heikkoa. Väkilannoitekaliumin näennäisen hyväksikäytön suuruuteen vaikutti myös se, että väkilannoite sisälsi vain vähän kaliumia ja koemaan kaliumtila oli luonnostaan hyvä. Puristenesteen kaliumin näen-

näinen hyväksikäyttö oli tässä kokeessa samaa suuruusluokkaa kuin astiakoe 2:ssa, jossa puristeneste levitettiin maahan ennen raiheinän kylvää.

PURISTENESTEEN JA VIRTSAN LANNOITUSARVO KENTTÄKÖKEISSÄ

Aineisto ja menetelmät

Koe Jokioisilla 1982: Jokioisten kokeessa pääruutujen koetekijänä oli lantalaji: naudan virtsa tai säilörehun puristeneste. Osaruuduissa oli eri levitysmäärät: 17,5 tai 35 m³/ha virtsaa ja 35 tai 70 m³/ha säilörehun puristenestettä. Osaosaruutujen koetekijä oli lannan levitystapa: pintalevitys tai sijoitus. Näiden yhdistelmien lisäksi verranteina olivat lannoittamaton sekä 150, 300 tai 450 kg typpirikasta Y-lannosta hehtaaria kohden.

Koe perustettiin neljännen vuoden nurmeen, joka oli puna-apila-timotei-koiranheinä-punanataseos (4 + 10 + 18 + 3 kg/ha). Puna-apilan osuus nurmessa oli koekesänä kuitenkin jo hyvin pieni. Maalaji oli aitosavi. Koeruudut olivat 15 metriä pitkiä ja 3 metriä leveitä. Virtsa ja säilörehun puristeneste levitettiin Teho-Lotina-lietevaunulla, ja väkilannoite levitettiin nurmen pintaan 2,5 metrin työlevyisellä Juko-rivilannoittimella. Lannoitukset tehtiin ensimmäisen niiton jälkeen 24.6.1982. Seuraavat neljä vuorokautta olivat täysin sateettomia ja keskilämpötilat olivat 11,7 °C, 11,6 °C, 13,5 °C ja 14,6 °C. Toinen sato niitettiin 4.8. ja kolmas sato 28.9. Sato niitettiin 1,5 metrin työlevyisellä Haldrup-korjuukoneella. Kolmatta satoa varten koko koealalle levitettiin 300 kg Ytr/ha 6.8.1982.

Kokeessa käytetty virtsa sisälsi kokonaistyyppiä 4,80 g/l, liukoista tyyppiä 4,61 g/l, fosforia 0,06 g/l ja kaliumia 4,46 g/l. Puristenesteen ravinnepitoisuus oli: kokonaistyyppi 0,41 g/l, liukoinen typpi 0,34 g/l, fosfori 0,03 g/l ja kalium 0,42 g/l. Puristeneste oli siten hyvin laimeaa.

Koe Ruukissa 1982 - 1984: Ruukin kokeessa koejärjestely oli sama kuin Jokioisten kokeessa. Nurmi oli timotei-nurminataseos (20 + 10 kg/ha), ja se oli perustettu kesällä 1981. Koekäsittelyt tehtiin 7.7.1982 ja 4.7.1983 heti ensimmäisen niiton jälkeen. Lannoitusta seuraavat neljä vuorokautta olivat vuonna 1982 täysin sateettomia ja keskilämpötilat olivat 17,9 °C, 17,9 °C, 16,6 °C ja 22,1 °C. Vuonna 1983 levitystä seuraavana päivänä satoi 19 mm vettä ja vuorokauden keskilämpötilat levitystä seuraavina päivinä olivat 15,4 °C, 16,2 °C, 21,1 °C ja 22,8 °C. Säilörehun puristeneste ja

virtsa levitettiin Teho-Lotina-lietevaunulla ja väkilannoite Juko-rivilannoittimella. Kokeesta niitettiin sato Haldrup-korjuukoneella yhden kerran vuonna 1982, kaksi kertaa vuonna 1983 ja kerran vuonna 1984. Koekenttä sijaitsi karkealla hiedalla.

Puristenesteruuduille levitettiin vuonna 1983 ensimmäisen niiton jälkeen 200 kg oulunsalpietaria/ha. Lannoitus tehtiin käsin. Väkilannoiteverranneet saivat erehdyksen vuoksi lannoitukset (150, 300 ja 450 kg Ytr/ha) myös varhain keväällä 1983.

Virtsan ja puristenesteen ravinnepitoisuus oli (g/l):

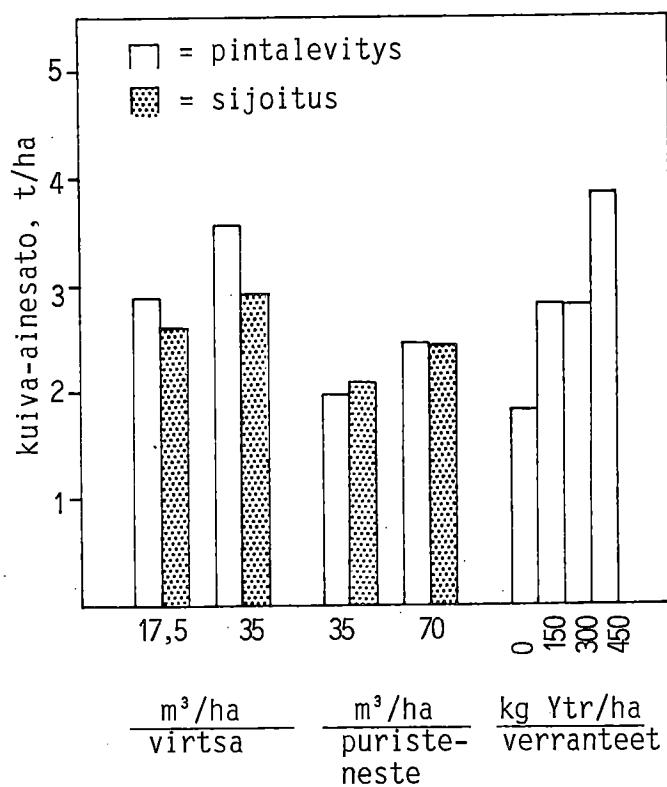
		kokonais-N	liukoinen N	P	K	k.a. %
virtsa	1982	1,62	1,32	0,18	2,14	1,17
virtsa	1983	1,77	0,98	0,37	3,21	2,50
puriste-	1982	0,53	0,35	0,31	2,39	4,22
neste	1983	1,52	0,23	2,48	4,18	3,54

Vuoden 1982 puristenesteen typpipitoisuus oli epäilyttävän pieni. Kun puristenesteiden typpipitoisuus on keskimäärin 43 g/kg kuiva-ainetta (taulukko 1) ja myös vuoden 1983 näytteen typpipitoisuus oli samansuuruinen, oli vuoden 1982 puristenesteen typpipitoisuus vain 13 g/kg k.a. On luultavaa, että näytettä analysoitaessa on tapahtunut määrittämisvirhe tai näyte ei ole ollut edustava. Typen näennäistä hyväksikäyttöä ei tämän vuoksi laskettu puristenesteestä määritetyn typpipitoisuuden perusteella vaan siten, että kokonaistyppipitoisuus arvioitiin kuiva-ainepitoisuuden perusteella (kuiva-aineen typpipitoisuus yleensä noin 43 g/kg). Liukoisen typen pitoisuus arvioitiin tämän jälkeen sillä perusteella, että puristenesteen kokonaistypestä on liukoista keskimäärin 9,2 % (taulukko 1). Näin arvioiduksi kokonaispitoisuudeksi tuli 1,80 g/l ja liukoisen typen pitoisuudeksi 0,16 g/l. Vuoden 1983 puristenesteen fosforipitoisuus oli puolestaan epäilyttävän suuri verrattuna kirjallisuustietoihin (WOOLFORD 1978).

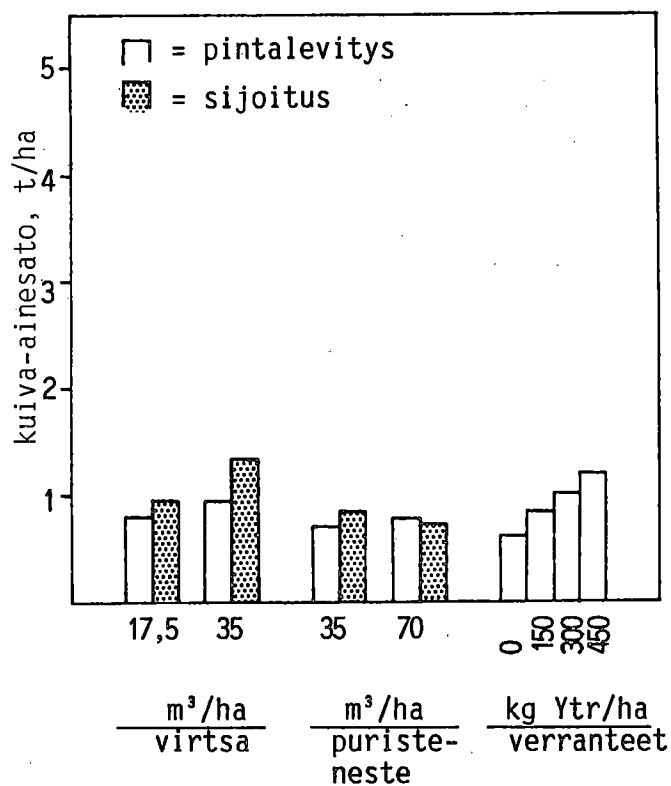
Tulokset

Jokioisten kokeessa virtsa osoittautui huomattavasti tehokkaammaksi lannoitteeksi kuin säilörehun puristeneste (kuvat 3 ja 4, taulukko 13). Sekä virtsa että puristeneste tuottivat sitä suuremman sadon, mitä suurempi oli levitysmäärä. Virtsan sijoituksella oli pintalevitykseen verrattuna epäedullinen vaikutus ensimmäiseen satoon, mutta toista satoa se

suurensi. Levitystavalla ei ollut juurikaan vaikutusta puristenesteen lan-
noitusarvoon.



Kuva 3. 1. niiton jälkeen levitetyn virtsan, puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus 2. niiton satoon Jokioisilla v. 1982.



Kuva 4. 1. niiton jälkeen levitetyn virtsan, puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus 3. niiton satoon Jokioisilla v. 1982.

Taulukko 13. Ensimmäisen niiton jälkeen nurmeen levitetyn virtsan, säilörehun puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus toisen ja kolmannen niiton kuiva-aine- ja typpisatoon Jokioisilla 1982.

Lannoite	Levitys- määrä /ha	Levitys- tapa	Kuiva-ainesato, kg/ha			Typpisato, kg/ha		
			1982	1982	Σ	1982	1982	Σ
			2. n.	3. n.		2. n.	3. n.	
Virtsa	17,5 m ³	pinta	2868	798	3666	48	23	71
"	"	sijoitus	2605	948	3553	51	28	79
"	35 m ³	pinta	3558	949	4507	75	28	103
"	"	sijoitus	2923	1339	4262	72	45	117
Puristeneste	35 m ³	pinta	1977	713	2690	30	20	51
"	"	sijoitus	2085	851	2936	36	25	61
"	70 m ³	pinta	2443	775	3218	40	23	62
"	"	sijoitus	2435	734	3169	38	22	60
Lannoittamaton			1833	631	2464	28	17	45
Ytr	150 kg	pinta	2830	844	3674	46	24	71
"	300 kg	pinta	2813	1018	3831	51	30	80
"	450 kg	pinta	3851	1206	5056	79	36	115
Tilastollinen merkitsevyys virtsa- ja puristenesteruuduissa:								
Lantalaji			*		(*)	***		*
Levitysmäärä			**		**	***	*	***
Levitystapa			*	*			**	*
Laji * määrä				*		**	*	***
Laji * tapa			**					*
Laji * määrä * tapa							*	

Typpisadon perusteella sekä lantalajin että levitysmäärän vaikutus toiseen satoon oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Kasvava levitysmäärä kohotti kuitenkin virtsalla saatua typpisatoa huomattavasti jyrkemmin kuin puristenesteellä saatua typpisatoa. Kasvava levitysmäärä ja sijoitus kohottivat virtsan vaikutusta kolmanteenkin typpisatoon (jälkivaikutus), mutta puristenesteen tuottamaan 3. typpisatoon niillä ei juuri ollut vaikutusta. Toisen ja kolmannen niiton yhteenlaskettuun typpisatoon virtsa vaikutti huomattavasti puristenestettä enemmän, sijoitus oli edullinen ja kohoava levitysmäärä kohotti virtsalla lannoitettujen ruutujen typpisatoa selvästi.

Kun eri koejäsenien typpisadosta vähennetään lannoittamattoman typpisato, havaitaan, että puristenesteruutujen nettotyppisato oli varsin pieni verrattuna virtsaruutujen nettotyppisatoon (taulukko 14). Typen näennäinen hyväksikäyttö oli puristenesteruuduissa kuitenkin hyvin suuri, sillä puristeneste sisälsi vain vähän typpeä. Puristenesteen typen näennäinen hyväksikäyttö vaihteli lisäksi huomattavasti enemmän kuin virtsan typen. Pintaan levitetyn virtsan kokonaistypestä oli väkilannoitetyypen veroista keskimäärin 44 % ja sijoitetun virtsan kokonaistypestä 57 %. Puristenesteen kokonaistypen arvo väkilannoitetyypen verrattuna oli eri koejäsenissä: 53 %, 153 %, 82 % ja 68 %.

Taulukko 14. Ensimmäisen niiton jälkeen levitetyn virtsan, säilörehun puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus toisen ja kolmannen niiton nettotyppisatoon ja typen näennäiseen hyväksikäyttöön Jokioisilla 1982.

Lannoite	Levitysmäärä /ha	Levitystapa	Nettotyppisato ¹⁾			Kokonaistypen näennäinen hyväksikäyttö, %
			2. n.	3. n.	Σ	
Virtsaa	17,5 m ³	pinta	20,0	5,4	25,4	30
"	"	sijoitus	22,7	10,6	33,2	40
"	35 m ³	pinta	46,6	11,0	57,6	34
"	"	sijoitus	43,9	27,6	71,5	43
Puristeneste	35 m ³	pinta	1,8	3,6	5,4	39
"	"	sijoitus	7,7	7,9	15,7	112
"	70 m ³	pinta	11,9	5,3	17,2	60
"	"	sijoitus	9,7	4,9	14,6	50
Ytr	150 kg	pinta	18,2	7,1	25,3	84
"	300 kg	pinta	22,7	12,3	34,9	58
"	450 kg	pinta	50,5	18,9	69,4	77

¹⁾ Nettotyppisato = koejäsenen sadon sisältämä typpimäärä - lannoittamattoman sadon sisältämä typpimäärä.

Selviä eroja oli myös eri koejäsenien satojen ravinnepitoisuudessa (taulukko 15). Virtsalla lannoitettu heinä oli paljon typpipitoisempaa kuin puristenesteellä lannoitettu heinä. Kasvava levitysmäärä ja sijoitus kohottivat selvästi virtsalla lannoitetun heinän typpipitoisuutta, mutta puristenesteellä näiden tekijöiden vaikutus oli pieni. Heinän nitraattityppipitoisuus oli selvästi keskimääräistä suurempi vain, kun virtsaa oli sijoitettu 35 m³/ha. Puristenesteellä lannoitetun heinän fosforipitoisuus oli toisessa sadossa hieman suurempi kuin virtsalla lannoitetun heinän. Pieniä eroja oli myös heinän kalsium- ja magnesiumpitoisuudessa, mutta kaliumpitoisuudessa ei ollut merkitseviä eroja.

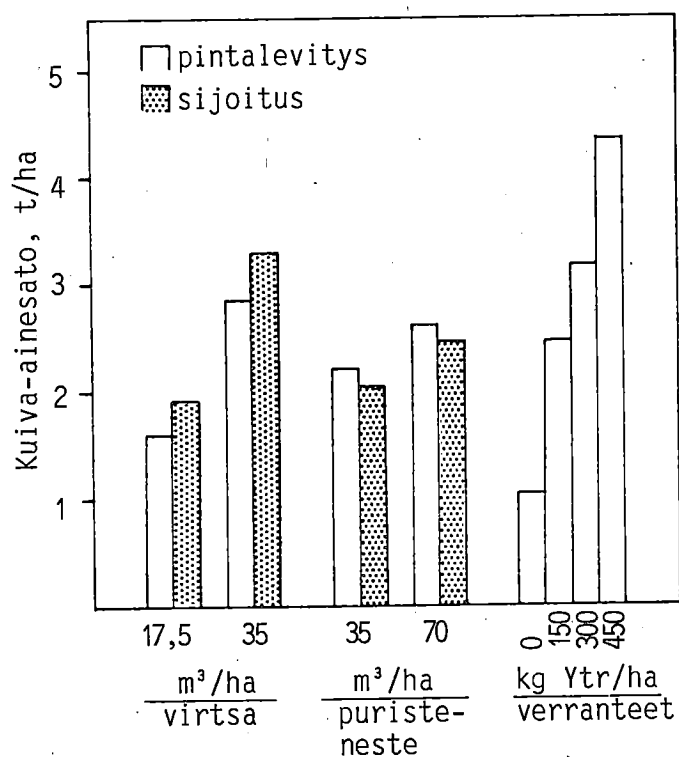
Ruukin kokeessa oli vuonna 1982 merkitsevä vaikutus vain levitysmäärällä (kuvat 5-8, taulukko 16). Sato oli sitä suurempi, mitä enemmän virtsaa tai puristenestettä levitettiin. Sijoitus näytti parantavan virtsan ja heikentävän puristenesteen lannoitusarvoa, mutta nämä vaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kesällä 1982 levitettyjen lantojen vaikutus vuoden 1983 ensimmäiseen satoon oli lannoittamattomaan verrattuna hyvin selvä, ja jälkivaikutus oli sitä suurempi, mitä suurempi levitysmäärä oli ollut. Vuoden 1983 toisessa niitossa paras sato saatiin ruuduilta, jotka olivat saaneet ensimmäisen niiton jälkeen puristenesteen ohella 200 kg oulunsalpietaria/ha. Kasvava levitysmäärä ja sijoitus kohottivat selvästi virtsaruutujen satoa, mutta puristenesteruuduissa näiden tekijöiden vaikutus oli pieni. Kesällä 1983 levitetyillä lannoilla oli selvä vaikutus

Taulukko 15. Ensimmäisen niiton jälkeen nurmelle levitetyn virtsan, säilörehun puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus toisen ja kolmannen sadon ravinnepitoisuuteen Jokioisilla 1982.

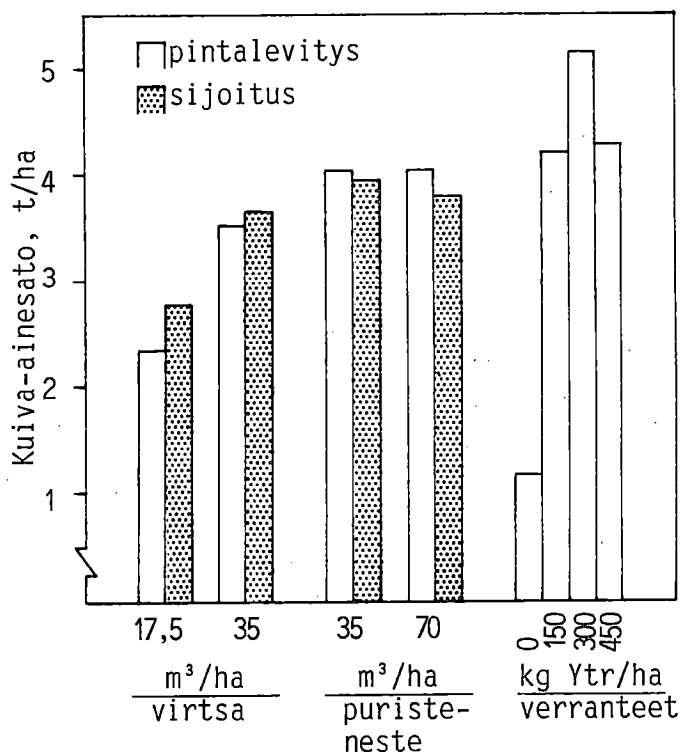
Lannoite	Lannoite- määrä, /ha	Levitys- tapa	Pitoisuus kuiva-aineessa, mg/g										
			N		NO ₃ -N	P		K		Ca		Mg	
			2. n.	3. n.	2. n.	2. n.	3. n.	2. n.	3. n.	2. n.	3. n.	2. n.	3. n.
Virtsa	17,5 m ³	pinta	16,8	28,4	0,25	2,5	4,2	31,4	35,6	4,1	4,4	1,8	2,2
"	"	sijoitus	19,7	29,3	0,24	2,3	4,1	32,1	36,0	4,3	4,1	1,9	2,0
"	35 m ³	pinta	21,0	29,6	0,23	2,4	4,1	34,2	36,8	3,9	3,9	1,8	2,0
"	"	sijoitus	24,7	33,6	0,53	2,3	4,2	35,3	39,1	4,2	4,1	2,0	2,1
Puristeneste	35 m ³	pinta	15,3	29,0	0,26	2,6	4,3	28,3	35,2	4,3	4,7	1,8	2,1
"	"	sijoitus	17,4	29,8	0,22	2,6	4,3	32,0	36,3	4,4	4,2	2,0	2,1
"	70 m ³	pinta	16,4	29,2	0,21	2,7	4,2	31,1	35,4	4,2	4,3	1,8	2,1
"	"	sijoitus	15,6	30,0	0,22	2,5	4,2	29,5	35,2	3,7	4,6	1,7	2,1
Lannoittamaton			15,4	27,4	0,21	2,6	4,3	28,4	34,5	4,4	4,4	1,8	2,1
Ytr	150 kg	pinta	16,4	29,1	0,19	2,4	4,1	30,3	35,2	4,1	4,4	1,9	2,0
"	300 kg	pinta	18,2	29,2	0,24	2,5	4,2	33,2	36,0	3,8	4,0	1,8	2,0
"	450 kg	pinta	20,5	30,3	0,31	2,5	4,2	34,6	37,9	3,9	3,7	1,9	1,9
Tilastollinen merkitsevyys virtsa- ja puristenesteruuduissa:													
Lantalaji			**			**							*
Levitysmäärä			***	***	**					*			
Levitystapa			**	***	*								
Laji * määrä			***	***	***								
Laji * tapa			*	***	*					*			
Määrä * tapa				**	**						**		***
Laji * määrä * tapa				*	*							*	*

myös seuraavan vuoden ensimmäisen niiton satoon. Jälkivaikutus oli sitä suurempi, mitä suurempi oli levitysmäärä, ja sijoitettu lanta vaikutti merkittävästi pintaan levitettyä tehokkaammin. Virtsan ja puristenesteen jälkivaikutus oli samansuuruinen.

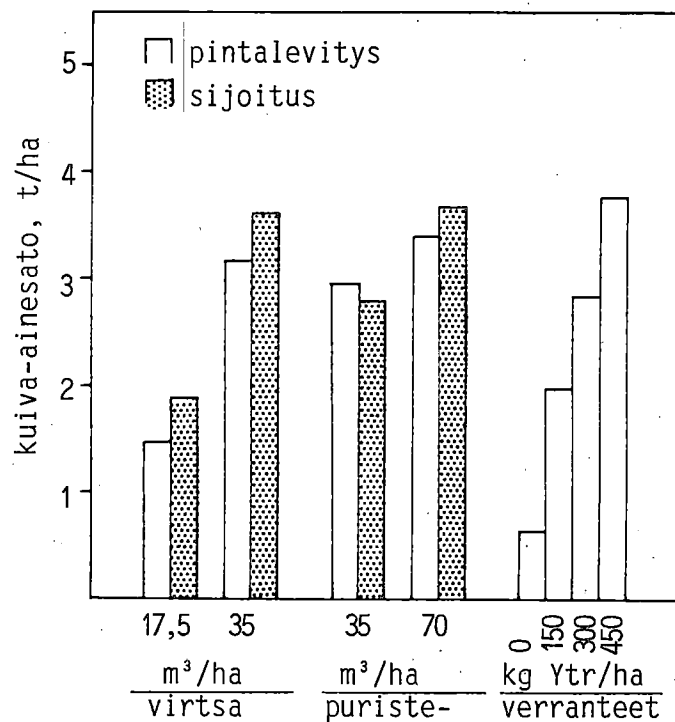
Virtsan kokonaistypen näennäinen hyväksikäyttö oli yleensä selvästi suurempi kuin puristenesteen kokonaistypen hyväksikäyttö, mutta liukoisen typen perusteella laskettuna tilanne oli päinvastainen (taulukko 17). Kun lasketaan virtsan ja puristenesteen vaikutus vuosien 1982 ja 1983 toiseen satoon - siis levitystä seuraavaan satoon - saadaan tulokseksi, että pienemmän virtsamäärän kokonaistypestä oli väkilannoitetyn veroista pintaan levitettyä keskimäärin 64 % ja sijoitettaessa 92 %, ja suuremman virtsamäärän kokonaistypestä vastaavasti 91 % ja 126 %. Pienemmän puristenestemäärän kokonaistypestä oli väkilannoitetyn veroista pintaan levitettyä keskimäärin 33 % ja sijoitettuna 23, ja suuremman puristenestemäärän kokonaistypestä vastaavasti 34 % ja 39 %.



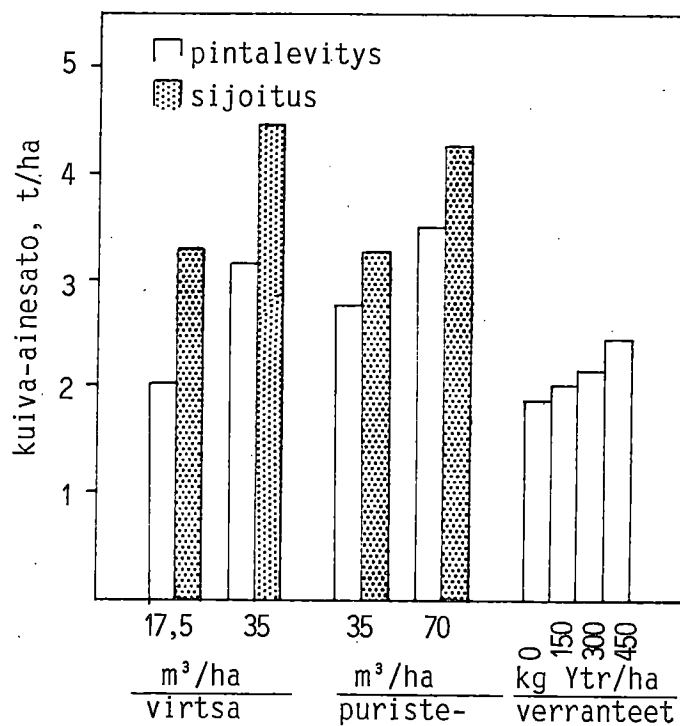
Kuva 5. 1. niiton jälkeen levitetyn virtsan, puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus 2. niiton satoon Ruukissa 1982.



Kuva 6. 1. niiton jälkeen levitetyn virtsan ja puristenesteen vaikutus seuraavan vuoden (1983) 1. niiton satoon Ruukissa (Huom! Väkilannoitteet lannoitettiin keväällä 1983.).



Kuva 7. 1. niiton jälkeen levitetyn virtsan, puristenesteen ja väkilaannoitteen vaikutus 2. niiton satoon Ruukissa 1983 (Huom! Puristeneruudet saivat lisäksi 200 kg Ytr/ha.).



Kuva 8. 1. niiton jälkeen levitetyn virtsan, puristenesteen ja väkilaannoitteen vaikutus seuraavan vuoden (1984) 1. niiton satoon Ruukissa.

Taulukko 16. Vuonna 1982 ja vuonna 1983 ensimmäisen niiton jälkeen nurmeen levitetyn virtsan, säilörehun puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus toisen niiton ja seuraavan kesän ensimmäisen niiton satoon Ruukissa.

Lannoite	Lannoite- määrä, /ha	Levitys- tapa	Kuiva-ainesato, kg/ha*)			
			1982 2. n.	1983 1. n.	1983 2. n.	1984 1. n.
Virtsa	17,5 m ³	pinta	1608	4339	1470	2037
"	"	sijoitus	1923	4782	1879	3290
"	35 m ³	pinta	2845	5533	3172	3148
"	"	sijoitus	3308	5658	3621	4457
Puristeneste	35 m ³	pinta	2223	6045	2963	2764
"	"	sijoitus	2065	5958	2802	3266
"	70 m ³	pinta	2626	6039	3390	3505
"	"	sijoitus	2475	5789	3683	4257
Lannoittamaton			1045	3178	629	1871
Ytr	150 kg	pinta	2484	6195	1974	2012
"	300 kg	pinta	3185	7165	2837	2149
"	450 kg	pinta	4356	6269	3784	2456
Tilastollinen merkitsevyys virtsa- ja puristenesteruuduissa:						
	Lannoitelaji				*	
	Levitysmäärä	*	(*)	***	**	
	Levitystapa			*	***	
	Laji * määrä			*		
	Laji * tapa			*	*	

*) Väkilannoiteruudut saivat 150, 300 ja 450 kg Ytr/ha myös keväällä 1983. Puristenesteruuduille levitettiin 200 kg Ytr/ha ensimmäisen niiton jälkeen v. 1983.

Tutkittaessa koekäsittelyjen vaikutusta sadon ravinnepitoisuuteen havaittiin, että vuoden 1982 koekäsittelyssä vaikutti selvimmin lantalaji: puristenesteellä lannoitetun heinän fosfori- ja kaliumpitoisuus oli huomattavasti suurempi kuin virtsalla lannoitetun heinän (taulukko 18). Lisäksi sijoitetut lannat tuottivat suuremmalla levitysmäärällä jälkivaikutussadossa typpipitoisempaa heinää kuin pintaan levitetyt lannat. Kesän 1983 koekäsittelyissä vaikuttivat kaikki koetekijät selvästi sadon ravinnepitoisuuteen. Väkilannoitteen ohella annettu puristeneste tuotti merkitsevästi typpi- ja kaliumpitoisempaa heinää kuin virtsa. Sadon typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuus oli sitä suurempi, mitä suurempi oli levitysmäärä. Lisäksi sijoitetut lannat tuottivat typpipitoisempaa heinää kuin pintaan levitetyt lannat, etenkin suuremmalla levitysmäärällä.

Tulosten tarkastelu

Kenttäkokeiden tulosten tulkinta on melko vaikeaa, sillä tuloksiin vaikuttaa hyvin moni tekijä. Puristenesteen fosforin ja kaliumin näennäisen hyväksikäytön laskeminen ei edes ole perusteltua, sillä ilman väkilannoitetyppilisäystä vain osa niistä tulee hyväksikäytetyksi. Typenkin näennäisen hyväksikäytön laskeminen näytti näissä kokeissa johtavan osittain ristiriitaisiin tuloksiin. Havaitut vaikeudet johtunevat ainakin osittain siitä, että nurmen kasvu oli monessa tapauksessa varsin heikkoa. Kokeiden tuloksia ei siksi voida suoraan verrata käytäntöön. Jatkossa tulisi tehdä kenttäkokeita, joissa puristenestettä levitetään erilaisten väkilannoiteyhdistelmien ja -määrien ohella.

Tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, että sekä virtsa että säilörehun puristeneste kohottivat nurmen satoa ja niillä oli myös selvä jälkivaikutus. Sijoitus kohotti pintalevitykseen verrattuna usein virtsan tehoa, mutta puristenesteeseen sillä oli vain pieni vaikutus. Tämä oli odotettuakin, sillä virtsan typpi on altis haihtumaan, mutta puristenesteen typpi ei ole. Sijoitus voisi teoriassa olla edullista myös puristenesteen levityksessä, sillä se estää polttovioituksia. Toisaalta sijoitusvantaisten tiedetään vioittavan nurmen juuristoa, ja haittavaikutus on suurempi savimailla kuin karkeammilla maalajeilla (LARSEN ja KELLER 1985). Tämä saattaa selittää sen, että virtsan sijoituksella saatiin Ruukin karkealla hiedalla parempi tulos kuin Jokioisten aitosavella. Vaikka sijoitettu virtsa tuotti Jokioisten kokeessa huonomman sadon kuin pintaan levitetty virtsa, antoi se typpipitoisempaa heinää kuin pintalevitys. Tämä voidaan tulkita siten, että sijoitus vaurioitti nurmea niin pahoin, etteivät kasvit ehtineet seuraavaan niittoon mennessä käyttää tyypeä sadonmuodostukseen. Näin sijoitus tavallaan viivästytti nurmen kasvua.

Typen näennäisen hyväksikäytön perusteella arvioituna virtsa vaikutti Ruukissa paremmin kuin Jokioisilla. Tämä ei johdu säätilaeroista levityksen jälkeen, sillä Ruukissa vuorokauden keskilämpötilat olivat korkeampia kuin Jokioisilla. Syy on ilmeisesti siinä, että Jokioisilla käytetty virtsa oli huomattavasti väkevämpää kuin Ruukissa käytetty virtsa. VIRRI (1941) on osoittanut, että ammoniakkin haihtuminen maan pintaan levitetystä virtsasta on sitä nopeampaa, mitä väkevämpää virtsa on. Toisaalta Jokioisten kentän tulokset ovat epävarmoja, sillä kokeessa käytetty nurmi oli vanha ja hieman epätasainen. Ruukin kokeesta lasketut virtsan ja puristenesteen typen näennäisen hyväksikäytön arvot tuntuvat paljon oikeammilta

kuin JOKIOISTEN kokeen arvot kirjallisuustietojenkin valossa (SALONEN 1949, GILBERT ja HAMMEREN 1972, HÅLAND 1979, KLAUSEN 1985).

Säilörehun puristenesteen fosforin hyvää tehoa osoittaa se, että puristeneste kohotti monessa tapauksessa heinän fosforipitoisuuden suuremmaksi kuin se oli virtsalla tai väkilannoitteella lannoitettaessa. Ruukin kokeessa myös heinän kaliumpitoisuus kohosi puristenestelannoituksella suuremmaksi kuin muilla lannoitusaineilla.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- AMBERGER, A. 1982. Gülle - ein schlechtgenützter Dünger. DLG-Mitt. 97: 78-80.
- ANON. 1978a. Maatalouden vesiensuojeluohjeet. Suomen Vesiensuojeluyhdistysten liitto. 15 p.
- 1978b. Maatilahallituksen rakentamishjeet. C 4.5.
 - 1983. Silage effluent. Min. Agric. Fish. Food. Booklet 2429: 1-10.
- ASMUS, F., SPECHT, G. & LANGE, H. 1971. Zur Wirkung der Nährstoffe aus Gülle. Arch. Acker- Pfl.bau Bodenkunde 15: 905-912.
- BEAUCHAMP, E. G., KIDD, G. E. & THURTELL, G. 1978. Ammonia volatilization from sewage sludge applied in the field. J. Environ. Qual. 7: 141-146.
- , KIDD, G. E. & THURTELL, G. 1982. Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. Can. J. Soil Sci. 62: 11-19.
- BURFORD, J. R. 1976. Effect of the application of cow slurry to grassland on the composition of the soil atmosphere. J. Sci. Fd Agric. 27: 115-126.
- CASTLE, M. E. & DRYSDALE, A. D. 1962. Liquid manure as a grassland fertilizer. I. J. Agric. Sci. 58: 165-171.
- COLLINS, D. P. & FLYNN, A. V. 1974. Spreading of silage effluent on grassland. An Foras Taluntais. Anim. Prod. Res. Rep. 1974: 24-25.
- DOAK, B. W. 1952. Some chemical changes in the nitrogenous constituents of urine when voided on pasture. J. Agric. Sci. 42: 162-171.
- 1954. The presence of root-inhibiting substances in cow urine and the cause of urine burn. J. Agric. Sci. 44: 133-139.
- DURING, C. & McNAUGHT, K. J. 1961. Effects of cow urine on growth of pasture and uptake of nutrients. N. Z. J. Agric. Res. 4: 591-605.
- DRYSDALE, A. D. 1965. Liquid manure as a grassland fertilizer. III. J. Agric. Res. 65: 333-340.
- EGNER; H. 1932. Stallgödseins kväveförluster genom ammoniakavdunstning. K. Ländbr.acad. Handl. Tidskr. 71: 257-291.

- ERNST, J. W. & MASSEY, H. F. 1960. The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in the soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24: 87-90.
- FEILITZEN, H. VON 1911. Undersökningar över olika inströmedel iladugården och deras inverkan på gödselns sammansättning, förändringar under lagringen och värde på åkern. *Sv. Mossk.för. Tidskr.* 25: 1-16.
- 1914. Ett femårigt gödslingsförsök med nötkreaturgödsel med torvströ, halm eller sågspån som inströmedel. *Sv. Mossk.för. Tidskr.* 28: 273-282.
- FENN, L. B. & KISSEL, D. E. 1974. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils. II. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38: 606-610.
- GIBBS, D. F. 1977. The utilization of silage effluent on grassland. *Exp. Husb.* 33: 1-3.
- GILBERT, A. & HAMMEREN, A. 1972. Virkninger av pressaft fra surforsilo som gjødsel på avling og kjemiske forhold i planter og jord. Hovedoppgave ved Institutt for Plantekultur og Institutt for Jordkultur. Ås. 155 p.
- GISIGER, L. 1950. Organic manuring of grassland. *J. Brit. Grassl. Soc.* 5: 63-79.
- HANSEN, F. 1941. Undersøgelser over mineralisering af kvælstofforbindelser i urin og ekskrementer. *Tidsskr. Planteavl* 45: 401-419.
- HARTIKAINEN, H. 1982. Säilörehun puristeneste. *Maatalouden tutkimuskeskus. Tieto tuottamaan* 22: 59-60.
- HAUGLAND, T. B. 1942. Verknaden av föringa på gjødselmengd og gjødselverdi. *Norsk Landbruk* 1942: 401-421.
- HOFF, J. D., NELSON, D. W. & SUTTON, A. L. 1981. Ammonia volatilization from liquid swine manure applied to cropland. *J. Environ. Qual.* 10: 90-95.
- HONKAVAARA, T. 1936. Ennakkotietoja karjanlantakokeista Etelä-Pohjanmaan kasvinviljelykoeasemalla vv. 1934-1935. *Valt. Maatal.koetoim. Tied.* 113: 1-28.
- HÅLAND, A. 1979. Silopressaft som enggjødsel. *Forskn. Fors. Landbr.* 30: 305-317.
- IVERSEN, K. 1924. Undersøgelser vedrørende ajlens opbevaring. *Tidsskr. Planteavl* 30: 149-168.
- 1934. Fordampningstabet ved ajlens udbringning. *Tidsskr. Planteavl* 40: 169-234.
- 1938. Forsøg med ajlens anvendelse. *Tidsskr. Planteavl* 43: 112-144.
- 1943. Forsøg med ajle til baelgplante-graesblandning. *Tidsskr. Planteavl* 47: 272-286.
- 1944. Forskellig udførseltid for ajle. *Tidsskr. Planteavl* 48: 337-357.
- JANSSON, S. L. 1970. Gødsling och kalkning. *Växtodlingslära. I. Marken.* p. 213-323. Borås.
- JENSEN, H. L. 1954. Om bortskaffelse og anvendelse af ensilagesaft. *Tidsskr. Planteavl* 54: 68-98.

- KAILA, A. 1948. Karjanlannan kemiallisesta säilytyksestä. Maatalous 41: 175-177.
- 1950a. Superfosfaatin käytöstä karjanlannan seassa. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 134: 1-35.
 - 1950b. Karjanlanta kasvien fosforin lähteenä. Maatal.tiet. Aikak. 22: 107-121.
- KEMPPAINEN, E. 1984. Karjanlannan ravinnepitoisuus ja syyt sen vaihteluun. SITRA. Biologisen typensidonnan ja ravinnetyypen hyväksikäytön projekti. Julk. 11: 1-80.
- 1985. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 9/1985: 1-16.
 - 1986. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 2/1986: 1-102.
- KIVINIEMI, J., POKKI, J., OKSANEN, E. H. & TURKKILA, K. 1980. Nurmisäilörehun valmistuksen ja käsittelyn tekniikka. VAKOLAn tutkimusselostus 23: 1-132.
- KLAUSEN, P. S. 1985. Naeringstofinhold. Husdyrgødning og dens anvendelse. Stat. Planteavlsfors. Ber. S1809: 17-29.
- KOMMERI, M., KOSSILA, V., LAMPILA, M. & SÖDERHJELM, L. 1977. Puristemehu talteen jätekuidulla. Käytännön Maamies 26, 4: 61-62.
- 1981. Puunjalostusteollisuuden jätekuidun hyödyntäminen kotieläintaloudessa. Maatalouden tutkimuskeskus. Kotieläinhoidon tutkimuslaitoksen tiedote 14: 1-57.
- KRISTENSEN, R. K. & TIND-CHRISTENSEN, C. J. 1945. Ensileringsforsög med södlupin, klövergræs og roetop. Tidsskr. Planteavl 49: 664-717.
- LARSEN, K. E. & KELLER, P. 1985. Nedfaeldning af kvaeggylle til græs. Tidsskr. Planteavl 89: 19-24.
- LEDGARD, S. F. & SAUNDERS, W. H. M. 1982. Effects of nitrogen fertilizer and urine on pasture performance and the influence of soil phosphorus and potassium status. N. Z. Agric. Res. 25: 541-547.
- , STEELE, K. W. & SAUNDERS, W. H. M. 1982. Effects of cow urine and its major constituents on pasture properties. N. Z. J. Agric. Res. 25: 61-68.
- MOORE, W., WALKER, H. F. & GRAY, E. G. 1961. The production and disposal of silage effluent. Water Waste Treatment 1961: 226-229.
- NURMISTO, U. 1978. Lannan, virtsan ja puristenesteen varastointi. Työteho-seuran Rakennustiedotus 137: 1-5.
- PANKAKOSKI, M. 1974. Säilörehun puristemehu karjatalouden jäteongelmana. Karjatalous 50, 8: 16-17.
- PESTALOZZI, M. 1972. Virkninger av silosaft. Aktuell fra LOT 1972, nr. 2: 26-30.

- PURVES, D. & McDONALD, P. 1963. The potential value of silage effluent as a fertilizer. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18: 220-222.
- RICHARDS, I. R. & WOLTON, K. M. 1975. A note on urine scorch caused by grazing animals. *J. Brit. Grassl. Soc.* 30: 187.
- & WOLTON, K. M. 1976. A note on the properties of urine excreted by grazing cattle. *J. Sci. Fd Agric.* 27: 426-428.
- RISSANEN, H. & KOSSILA, V. 1977. Mitä menetetään puristemehussa. *Käytännön Maamies* 26, 4: 59.
- ROPS, A. H. J. 1978. Opslag en afvoer van perssap van ingekuilde bietekoppen en -blad. *Bedrijfsontwikkeling* 9: 755-758.
- SALONEN, M. 1949. *Maanparannus- ja lannoitusoppi*. 329 p. Porvoo.
- SCHECHTNER, G., TUNNEY, H., ARNOLD, G. H. & KEUNIG, J. A. 1980. Positive and negative effects of cattle manure on grassland with special reference to high rates of application. *Proc. Int. Symp. Eur. Grassl. Fed. on the role of nitrogen in intensive grassland production*. Wageningen. p. 77-93.
- SHARMA, R. C., CREWAL, J. S. & SINGH, M. 1980. Effects of annual and biennial applications of phosphorus and potassium fertilizer and farm-yard manure on yields of potato tubers, on nutrient uptake and on soil properties. *J. Agric. Sci.* 94: 533-538.
- SHERLOCK, R. R. & GOH, K. M. 1984. Dynamics of ammonia volatilization from simulated urine patches and aqueous urea applied to pasture. *I. Fert. Res.* 5: 181-195.
- SKARDA, M., ZOBAC, J., NOVAK, J. & BÖNISHOVA, S. 1975. The effects of silage juices on soil and plants. *Rostlinna Vyroba* 21: 1149-1158.
- STEWART, B. A. 1970. Volatilization and nitrification of nitrogen from urine under simulated cattle feedlot conditions. *Environ. Sci. Technol.* 4: 579-583.
- STEWART, T. A. 1980. Prevention of damage to grass swards from applications of silage effluent by neutralization or dilution of effluent acids. *Grass Forage Sci.* 35: 47-54.
- SYRJÄLÄ, L. 1979. Puristeneste - säilörehun valmistuksen ongelma. *Karjalainen* 55, 5: 35-36.
- SVINHUFVUD, E. G. 1925. Kuivikkeiden ja hoidon vaikutus karjanlannan tehoon. *Suom. Suovilj.yhd. Vuosik.* 29: 91-99.
- TOVBORG JENSEN, S. 1928. Undersøgelser over ammoniakfordampning i forbindelse med kvælstoftab ved udbringning af naturlige gödnings. *I. Ajle. Tidskr.* *Planteavl* 34: 117-147.
- TUNNEY, H. 1980. Fertilizer value of animal manures. *Farm Food Res.* 11: 78-79.

- TUORILA, P. 1929. Bindungsvermögen verschiedener Torfarten für Stickstoff in Form von Ammoniak. Suom. Suovilj.yhd. Julk. 9: 1-47.
- VALMARI, J. 1921. Untersuchungen über die Behandlung des Stalldüngers. Suom. Maanviljelystal.koel. Julk. 14: 1-65.
- VALLIS, I., HARPER, L. A., CATCHPOOLE, V. R. & WEIER, K. L. 1982. Volatilization of ammonia from urine patches in a subtropical pasture. Austr. J. Agric. Res. 33: 97-107.
- VIRRI, T. J. 1941. Eläinlanta koskevia kokeita ja tutkimuksia. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 116: 1-113.
- VIRTANEN, A. I. 1935. Virtsan kokoomuksesta, talteenotosta ja hyväksikäytöstä. Karjatalous 11: 335-342.
- WATKINS, S. H., STRAND, R. F., DeBELL, D. S. & ESCH, J. Jr. 1972. Factors influencing ammonia losses from urea applied to northwestern forest soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 354-357.
- WESTED, J. & IVERSEN, K. 1938. Ajlens nedbringning med ajlenedfaelder. Tidsskr. Planteavl 43: 145-157.
- WHEELER, J. L. 1958. The effect of sheep excreta and nitrogenous fertilizer on the botanical composition and production of a ley. J. Brit. Grassl. Soc. 13: 196-202.
- 1959. The effect of sheep urine on the germination and early establishment of a common weed grass. J. Brit. Grassl. Soc. 14: 55-57.
- WOOLFORD, M. K. 1978. The problem of silage effluent. Herb. Abstr. 48: 397-403.

Liite 1. Yhtälöt, jotka esittävät säilörehun puristenesteen emäksenneutralointikyvyn sekä sen typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuden riippuvuutta kuiva-ainepitoisuudesta.

$$\begin{aligned} \text{Emäksenneutralointikyky, mekv/l} &= 73,32 + 11,35 * \text{kuiva-aine-}\% \\ \text{Kokonaistyyppipitoisuus, g/l} &= 0,02 + 0,43 * \text{kuiva-aine-}\% \\ \text{Fosforipitoisuus, g/l} &= 0,09 + 0,08 * \text{kuiva-aine-}\% \\ \text{Kaliumpitoisuus, g/l} &= 1,29 + 0,89 * \text{kuiva-aine-}\% \end{aligned}$$

Liite 2. Astiakoe 1:n satotulokset ja typen näennäinen hyväksikäyttö.

Lannoite	Puristenestettä ml/astia	Levitys- tapa ¹⁾	Sato, g k.a./astia				Typen näennäinen hyväksikäyttö, %	
			1.	2.	3.	Σ	Kokonais-N	Liukoinen N
-	-	-	4,8	2,3	2,1	9,1	-	-
-	15	SE	5,4	2,3	2,2	9,9	22	695
-	30	SE	5,0	2,3	2,2	9,4	4	115
-	60	SE	4,8	2,7	2,4	9,9	7	188
Lietelanta 300 ml	-	PI	12,5	5,9	3,2	21,6	53	75
"-	-	SE	8,5	5,9	2,8	17,2	57	80
"-	15	PI	12,0	6,1	3,2	21,2	56	79
"-	15	SE	9,2	5,9	2,9	18,0	58	82
"-	30	PI	13,2	5,5	3,2	21,8	56	78
"-	30	SE	8,8	6,2	3,1	18,0	57	80
"-	60	PI	12,9	6,2	3,6	22,7	56	79
"-	60	SE	9,7	6,1	3,0	18,8	55	77
Virtsa 300 ml	-	PI	8,9	18,9	6,5	34,3	60	63
"-	-	SE	9,4	20,7	7,8	37,9	74	78
"-	15	PI	10,5	18,7	5,9	35,0	64	67
"-	15	SE	8,5	20,1	7,7	36,2	67	70
"-	30	PI	10,9	17,4	6,3	34,6	65	67
"-	30	SE	11,5	19,4	7,1	37,9	74	77
"-	60	PI	9,1	19,4	7,3	35,8	66	69
"-	60	SE	12,0	18,4	6,6	37,0	73	76
N 500 mg/astia	-	SE	13,3	6,2	3,1	22,6	84	84
N 1000	"-	SE	13,1	14,9	5,5	33,4	84	84
N 1500	"-	SE	10,9	19,1	8,9	38,9	79	79

¹⁾ Levitystapa: SE = sekoitus koemaahan, PI = lanta levitettiin koemaan pintaan ja peitettiin ohuella maakerroksella 1 vuorokauden kuluttua.

Liite 3. Astiakoe 2:n kuiva-ainesadot.

Puristeneste ml/astia	Väkilannoitus ¹⁾	Kuiva-ainesato, g/astia			
		1. n.	2. n.	3. n.	Σ
0	0	5,2	3,7	1,9	10,8
0	N	5,5	12,3	11,7	29,5
0	P	7,1	3,5	1,8	12,4
0	K	4,9	4,3	1,6	10,8
0	NP	9,0	14,3	7,5	30,9
0	NK	4,6	12,0	14,2	30,8
0	PK	6,5	3,8	1,9	12,1
0	NPK	7,9	14,9	8,0	30,8
300	0	7,0	6,4	3,2	16,6
300	N	7,5	16,1	9,8	33,4
300	P	8,3	6,2	3,3	17,7
300	K	7,0	7,0	2,9	16,8
300	NP	9,8	16,9	8,4	35,1
300	NK	7,3	16,1	10,4	33,8
300	PK	8,5	6,2	3,1	17,7
300	NPK	9,0	17,6	8,7	35,3

¹⁾ N 1000 mg, P 400 mg ja K 1000 mg/astia.

Liite 4. Ensimmäisen niiton jälkeen annetun puristenesteen ja väkilannoitteen vaikutus raiheinän kuiva-ainesatoon astiakoe 3:ssa.

Puristeneste ml/astia	Väkilannoitus g Ytr/astia	Raiheinän sato, g k.a./astia					
		2. n.	3. n.	4. n.	5. n.	6. n.	Σ
0	0	8,6	4,7	2,1	1,5	2,9	19,7
0	2,5	9,6	9,1	4,7	2,0	2,9	28,2
0	5,0	10,4	11,8	9,1	3,4	3,4	38,1
300	0	8,8	6,9	3,2	2,6	4,7	26,1
300	2,5	9,1	11,8	6,6	2,7	4,9	35,1
300	5,0	7,7	13,2	13,1	5,0	5,0	43,9
600	0	2,7	9,8	8,1	3,6	5,8	30,0
600	2,5	2,0	9,3	15,1	6,5	6,2	39,2
600	5,0	1,9	9,1	18,9	10,6	7,2	47,7

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p. + 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13. Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalytiska metoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanneskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-82. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätehnan, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTK:n julkaisuista 1983. 74 p.
2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.

4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-83. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaattilla. 21 p.
6. VIJORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekokeiden tuloksia 1978-83. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinesuhdetta Suomen maalajeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.
22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.
- PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.

23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteen kompostointi. 52 p.
I Typpi - ja fosforilisä oljen kompostoinnissa
II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina
III Kompostin arvo lannoitteena

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.
2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y.
Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.
3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakokeissa
1970 - luvulla. 270 p.
4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.
5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuus-
tutkimus. 38 p.
6. TURTOLO, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus
typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve.
Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.
8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.
9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon.
Kuivikkeiden ammoniakkin sitomiskyky. 25 p.
10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. &
VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.
11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M.
Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.
12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely
imeytyskentällä. 36 p.
13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen
vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.
14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.
15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä
sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.

17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet.
Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-84.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaan kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmissa. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M.
Eri säilötäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M.
Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urean, Urea-Fosforihappo-Viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soiijan vertailu raakavalkuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä.
Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa.
24 p. + 2 liitettä.

2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteena. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheiniä ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus.
Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-84. 48 p.

6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus.
Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-84.
42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen.
Kirjallisuustutkimus. 51 p.

8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla.

ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa.

9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina. 43 p.

