

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 15

INTO SAARELA, HEIKKI HAKKOLA, HELMI LINNOMÄKI
JA JAAKKO KÖYLIJÄRVI:

NURMEN PINTAKALKITUS, SADETUS, TYPPI- JA
KALIUMLANNOITUS
MONITEKIJÄKOKEIDEN TULOKSIA

JOKIOINEN 1981
ISSN 0356-7710

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 15

INTO SAARELA, HEIKKI HAKKOLA, HELMI LINNOMÄKI JA
JAAKKO KÖYLIJÄRVI

NURMEN PINTAKALKITUS, SADETUS, TYYPPI- JA KALIUMLANNOITUS
MONITEKIJÄKÖKEIDEN TULOKSIA

31600 JOKIOINEN
PUH. 916-133 33
ISSN 0356-7710

<u>Sisältö</u>	Sivu
Tiivistelmä	2
Johdanto	3
Kenttäkoeaineisto	3
Tulokset ja tarkastelu	5
Kuiva-ainesadot	5
Raakavalkuaispitoisuus ja -sadot, N-lannoituksen hyväksikäyttö	8
Sadon ja maan kalium	11
Muut makroravinteet (P, Ca, Mg)	14
Maan happamuuden ja ravinnetilan kehitys	16
Päätelmät	17
Kirjallisuutta	19
Kuvat 1-3	21
Taulukot 1-14	24

Tiivistelmä

Nurmen pintakalkituksen ja sadetuksen sekä typpi- ja kaliumlannoituksen vaikutusta säilörehuasteella niitetyn timotein kasvuun ja ravinnesisältöön sekä maan happamuuden ja ravinnetilan kehitykseen tutkittiin monitekijäkenttäkokeilla kolmella koepaikalla, Lounais-Suomen koeaseman aitosavimaalla, Hämeen koeaseman karkeahietamaalla ja Pohjois-Pohjanmaan koeaseman hietamaalla.

Vuosittain keväällä nurmen pintaan levitetty kalkki ei vaikuttanut merkittävästi sadon määrään, joskin lievää negatiivista vaikutusta kasvuun oli todettavissa lähinnä keväisin. Pintakalkitus neutraloi maan happamuutta vain muutaman sentin syvyyteen tehokkaasti. Se ei estänyt runsaan lannoituksen sisältämän ammoniumtyypen aiheuttamaa maan happamuuden lisääntymistä 3-10 cm syvyydessä.

Sadetus oli koetekijänä hietamaiden kokeissa. Hämeessä niukempi sadetus lisäsi satoa keskimäärin 19 % ja runsas sadetus 31 % vuotuisvaihtelun ollessa suuri. Pohjois-Pohjanmaalla sadetus ei vaikuttanut timotein kasvuun.

Satoa kohti annetun typpilannoituksen nostaminen 50 kg:sta 100 kg:aan kohotti kuiva-ainesatoa Lounais-Suomessa 33 %, Hämeessä 13 % ja Pohjois-Pohjanmaalla 25 %. Vastaavat valkuaisidon lisäykset olivat 70, 51 ja 54 %. Kolmannen lannoituskerran siirtyessä viileinä kesinä pitkälle elokuuhun jäi tällöin annettujen suurten typpimäärien hyväksikäyttö erittäin huonoksi.

Kaikilla koepaikoilla maan omat kaliumvarat riittivät suurimpiin satoihin vähintään kolme vuotta. Viisivuotisessa Pohjois-Pohjanmaan kokeessa kaliumlannoitus suurensi satoa neljännessä koevuodesta alkaen. Kalisuola vaikutti timotein kivennäiskoostumukseen kokeiden alussa vähän verrattuna koepaikkojen ja niittokertojen väliseen vaihteluun, mutta kaliumlannoituksen aiheuttamat kivennäispitoisuuksien erot suurensivat kokeiden aikana maan ravinnetilan muutosten mukaisesti.

Johdanto

Heinäkasvinurmien suuret tuotantomahdollisuudet Suomen olosuhteissa osoitettiin varsinkin 1960-luvun kokeissa. Nurmiheinistä saadaan riittävän typpilannoituksen avulla arvokkaita, märehitijöiden ruokintaan hyvin soveltuvia valkuaispitoisia satoja suhteellisen varmasti.

Sadon määrää ja valkuaispitoisuutta kohottavan typpilannoituksen lisääntyessä eräät ongelmat ovat kuitenkin korostuneet. Liiallinen typpi haittaa heinien talvehtimista (HUOKUNA ja HIIVOLA 1974). Sadon kivennäissuhteet saattavat kehittyä eläinten kannalta epäedullisiksi (RINNE ym. 1978). Maan happamuus pyrkii lisääntymään ja ravinnevarat vähenemään (SILLANPÄÄ ja RINNE 1975). Suurentunut muiden ravinteiden poistuma ja lannoitustarve pitää ottaa taloudellisesti edullisinta typpilannoitusta laskettaessa huomioon (SILLANPÄÄ 1978). Lannoitetyypin mahdollisimman täydellinen hyväksikäyttö tulee sen hinnan jatkuvasti noustessa yhä tärkeämmäksi. Etelä-Suomessa ankara kuivuus keskeyttää nurmen kasvun keskikesällä useina vuosina.

Korkeaan typpilannoitustasoon liittyviä nurmiviljelyn ongelmia - talvehtiminen, sadon kivennäissuhteiden kontrollointi ja maan viljavuuden ylläpito - on selvitetty useissa tutkimuksissa 1970-luvulla. Nurmien sadetusta on Suomessa tutkittu melko vähän. Tässä tiedotteessa käsiteltävät kolme koetta kuuluvat samaan koesarjaan kuin Maantutkimuslaitoksen tiedotteessa N:o 6 käsiteltävät kaksi koetta (PELTOMAA ym. 1979). Kokeiden tuloksista on osia julkaistu jo aikaisemmin (HAKKOLA 1978 ja 1980, KÄHÄRI 1978, SAARELA 1980).

Kenttäkoeaineisto

Aitosavimaalla Lounais-Suomen koeasemalla Mietoisissa (LOU) suoritettussa kokeessa oli seuraavat koetekijät:

I Kalkitus (pääruutu)

Ca_0 = kalkitsematon

Ca_1 = 3 t/ha kalkkikivijauhetta keväisin nurmen pintaan levitettynä

II Kaliumlannoitus (osaruutu)

K_0 = ei K-lannoitusta

K_1 = K-lannoitus 50 kg/ha/sato kalisuošana

K_2 = K-lannoitus 100 kg/ha/sato kalisuošana

III Typpilannoitus (osa-osaruutu)

N_1 = N-lannoitus 50 kg/ha/sato oulunsalpietarina

N_2 = N-lannoitus 100 kg/ha/sato oulunsalpietarina

N_3 = N-lannoitus 150 kg/ha/sato oulunsalpietarina

Koejäseniä tässä kokeessa oli $2 \times 3 \times 3 = 18$ ja koeruutuja 36, kun kerranteita oli kaksi.

Hietamailla Hämeen koeasemalla Pälkäneellä (HAM) ja Pohjois-Pohjanmaan koeasemalla Ruukissa (PPO) suoritettut kokeet perustettiin kuvan 1 (s. 21) kartan mukaan. Pääruutujen tekijänä oli sadetus. PPO:n kokeessa runsaamman sadetuksen (S_2) tilalla oli myöhäisempi sadetusaika (S_{1b}). Kalkitus siirtyi osaruutujen tekijäksi. Hämeessä käytettiin kalkkikivijauhetta. Pohjois-Pohjanmaalla käytettiin v. 1974-75 kalkkikivijauhetta ja v. 1976-77 dolomiittikalkkia. Kaliumlannoitusportaat (osa-osaruudut) olivat samat kuin Lounais-Suomessa, mutta typpilannoituksen (osa-osa-osaruudut) suurin määrä jäi pois. Näissä neljän tekijän kokeissa koejäseniä oli $3 \times 2 \times 3 \times 2 = 36$ ja koeruutuja kolmen kerranteen mukaan 108.

Koekasvina ollut timotei kylvettiin kaikilla koepaikoilla ensimmäistä satovuotta edeltävänä kasvukautena. Lounais-Suomen koe perustettiin ohra suojakasvina, muut kylvettiin kesantoon. Kasvusto niitettiin säilörehuasteella suunnitelman mukaan kolme kertaa kasvukaudessa. Kolmea satoa ei aina kuitenkaan saatu. Koesatojen lukumäärät olivat vuosittain seuraavat:

	1974	1975	1976	1977	1978	Yhteensä
LOU	3	2	3			8
HÄM		3	3	3		9
PPO	3	2	3	3	2	13

Lounais-Suomessa 1975 kasvua häytti kuivuus ja Pohjanmaalla samana vuonna ankara jääpoltteen aiheuttama talvituho, jonka jälkeen suoritettiin paikkauskylvö. Ruutusatoja kokeissa oli yhteensä 3024.

Niitettyt sadot punnittiin tuoreena, ja ruuduittain otetuista näytteistä määritettiin kuiva-aine- ja makroravinnepitoisuudet (N, P, K, Ca, Mg). Määrittämiä tehtiin yhteensä 18 144.

Kokeen alussa ja lopussa otetuista maanäytteistä analysoitiin happamuus ja ravinnepitoisuudet viljavuustutkimuksessa käytettävillä menetelmillä (taulukko 14, s. 37). Hämeen kokeesta maan ravinnetilaa tutkittiin vuonna 1977 tarkemmin kerroksittain (kuva 2, s. 22).

Maan kosteustilaa seurattiin maahan upotettujen kipsiblokkien sähkönjohtokykyyn perustuvalla menetelmällä kokeissa, joissa sadetus oli koetekijänä.

Tulokset esitetään graafisesti Hämeen kokeesta, jossa veden puute rajoitti kasvua voimakkaasti (kuva 3 s.23). Ilman lämpötilasta ja sademäärästä on koejakson ajalta tilastoa taulukossa 1 (s.24) ja kuvassa 3.

Tulokset ja tarkastelu

Tulokset esitetään enimmäkseen koetekijöittäin ryhmiteltyinä. Käytetty koetekniikka antaisi hyvät mahdollisuudet tutkittavien tekijöiden vuorovaikutusten selvittämiseen, mutta yhdysvaikutukset olivat useimmiten päävaikutukseen verrattuna vähäisiä ja tilastollisesti merkityksettömiä.

Kuiva-ainesadot

Satotuloksia esitetään taulukoissa 2 (koejäsenittäin kg/ha/v, s 25), 3 (koetekijöittäin eri niittokerroilla, s.26) ja 13 (koetekijöittäin keskimäärin, s.36).

Kuivana kasvukautena 1973 suojaviljan kanssa kylvetty timoteinurmi tuotti Lounais-Suomen aitosavella vähäsateisena kevätkesänä 1974 heikon ensimmäisen sadon, vain 1480 kg kuiva-ainetta hehtaarilta. Toinen ja kolmas sato olivat heinäkuun runsaiden sateiden ansiosta hyvät, 2760 ja 3850 kg/ha. Kuivana vuonna 1975 Lounais-Suomessa saatiin vain yksi hyvä (3370 kg/ha) ja toinen huono (1480 kg/ha) sato. Hyvänä viljavuonna 1976 timotein säilörehusadoista ensimmäinen oli hyvä (3420 kg/ha), muut pieniä (1210 kg/ha kumpikin). Koetekijöistä vain typpilannoitus vaikutti Lounais-Suomen aitosavimaalla merkitsevästi timotein kasvuun. Typpilannoituksella 50 kg N/ha/niittokerta kuiva-ainesato oli keskimäärin 5020 kg/ha vuodessa, typpimäärällä 100 N 6670 kg/ha (+ 33 %) ja suurimalla määrällä 150 N 7080 kg/ha (+ 6 %).

Hämeen hietamaalla kesantoon kylvetty timotei tuotti heti seuraavana vuonna 1975 runsaan kevätsadon (4990 kg/ha). Kuivuuden takia kesä- ja syys-sato olivat ilman sadetusta mitättömiä (610 ja 910 kg/ha). Niukempi sadetus tuotti kohtalaiset (1610 ja 2490 kg/ha) ja runsas sadetus hyvät (3360 ja 3610 kg/ha) kuiva-ainesadot. Runsas sadetus kaksinkertaisti vuoden kokonaissadon suuremmalla typpitasolla nostaten hehtaarin kuiva-ainesadon 13130 kg:aan. Vuonna 1976 ensimmäinen sato oli Hämeessä erittäin suuri (5350 kg/ha), toinen melko hyvä (2840 kg/ha), mutta kolmas vaatimaton (1140 kg/ha). Heinäkuun 14 ja 24 päivänä suoritettut sadetukset lisäsivät suhteellisesti eniten kolmatta satoa, vaikka toinen sato niitettiin vasta elokuun kolmantena päivänä. Sadetuksella oli negati-

tiivinen jälkivaikutus vuoden 1977 kevätsatoon. Viimeisenä koevuonna kuiva-ainesadot olivat Hämeen hietamaalla 4160, 2800 ja 1170 kg/ha. Typpimäärän vaikutus oli Hämeessä pienempi kuin Lounais-Suomessa. Vuoden keskisato oli typpilannoituksella 3 x 50 kg N 8320 kg/ha ja typpilannoituksella 3 x 100 kg N 9440 kg/ha (+ 13 %). Kalkitus ja kaliumlannoitus vaikuttivat Hämeessäkin kasvuun vain vähän.

Timoteinurmen perustaminen kesantoon onnistui Pohjois-Pohjanmaallakin hyvin. Ensimmäisen vuoden 1974 kuiva-ainesadot olivat niittokerroittain 3290, 3180 ja 2250 kg/ha. Seuraavana talvena ankara jääpolte aiheutti talvituhoa, jonka jälkeen (12.5.1975) suoritettiin paikkauskylvö ja kevyt (6 mm) sadetus. Koetekijöillä ei ollut selvää vaikutusta talvituhon ankaruuteen. Kaliumkloridin lievä vaikutus vuoden 1975 satoon oli negatiivinen. Vuonna 1976 sato oli kasvukauden viileydestä huolimatta suhteellisen hyvä kaikkina niittokertoina (2570, 2940 ja 2090 kg/ha). Lievätköt talvituhot vaikuttivat vuonna 1977 lähinnä kevätsatoon. Pohjois-Pohjanmaalla edellisen kesän sadetus paransi kevätsatoa, päinvastoin kuin Hämeessä samana vuonna. Ensimmäisen niiton kuiva-ainesato oli kummallakin typpitasolla yhtä suuri. Typen epäedullinen jälkivaikutus talvehtimiseen ja keväällä annetun typen kasvua parantava vaikutus olivat siis samansuuriset. Kuiva-ainesadot olivat niittokerroittain 1977 Pohjois-Pohjanmaalla 2350, 2780 ja 500 kg/ha. Viileimmän kasvukauden alhainen tehoisan lämpötilan summa pohjoisimmalla koepaikalla (801 yli 5⁰C) ei riittänyt kolmen kunnollisen sadon kasvattamiseen. Vuoden kokonaissatokin jäi tällöin alhaiseksi. Vuonna 1978 koe oli pintakalkituksen suhteen jälkivaikutusvuosi ja siitä korjattiin kaksi satoa (3930 ja 1370 kg/ha). Pohjois-Pohjanmaan hietamaalla vuoden keskisato oli pienemmällä typpilannoituksella (50 N) 5560 kg/ha ja suuremmalla typpilannoituksella (100 N) 6970 kg/ha (+25 %). Pintakalkituksen negatiivinen vaikutus oli tässä kokeessa suurin (-200 kg/ha/v = -3 %). Kaliumlannoitus paransi kasvua neljännestä koevuodesta alkaen. Pienempi määrä suurensi vuotuista hehtaarisatoa koko koeaikana keskimäärin 400 kg (+ 7 %) ja suurempi määrä 280 kg (+ 5 %).

Pintakalkitus on muissakin kokeissa pienentänyt hiukan satoa (PELTOMAA ym. 1979).

Hämeen kokeessa niukempi sadetus (taulukko 2 s.25, kuva 3 s.23) suurensi kuiva-ainesatoa ensimmäisenä vuonna 2920 kg (47 %), toisena vuonna 1000 kg (12 %) ja kolmantena vuonna 480 kg (6 %). Runsas sadetus suurensi satoja vuosittain 5810 kg (92 %), 1130 kg (13 %) ja 90 kg (1 %). Keskimääräinen sadonlisäys Hämeen karkeahietamaalla oli niukalla sadetuksella 1460 kg (19 %) ja runsaalla sadetuksella 2340 kg (31 %). Kuiva-ainesato suureni yhden millimetrin sadetus-

ta kohti niukalla sadetuksella 28 kg ja runsaalla sadetuksella 21 kg. Kuiva-ainekilon tuottamiseen käytettiin vettä niukassa sadetuksessa 277 l ja runsaassa sadetuksessa 479 l. Lisättäessä sadetusta niukasta runsaaseen saatiin millimetriä kohti 15 kg kuiva-ainetta ja vedenkulutus oli 677 l/satokilo. Kuivana kesänä 1975 niukka sadetus (32 + 32 mm) kasvatti satoa 46 kg millimetriä kohti ja kulutti vain 217 litraa vettä kuiva-ainekilon muodostukseen.

Maan kosteusmittausten mukaan (kuva 3 s. 23) Hämeessä v. 1975 kuutena sadetuksesta annettu yhteensä 202 mm:n vesimäärä ei ollut tarpeettoman suuri. Vuonna 1976 heinäkuun sadetus näytti olleen myöhässä. Vuonna 1977 sadetustarvetta oli maan kosteuden mukaan vain lyhyen ajan kesäkuun puolivälissä. Pohjois-Pohjanmaallakin maan kosteusmittaukset sopivat erinomaisesti yhteen kastelun tehokkuuden kanssa. Maan käyttökelpoisista vesivaroista oli siellä koko kasvukauden yli 50 % jäljellä muina vuosina paitsi 1975, jolloin käyttökelpoinen kosteus laski heinäkuun alussa 20 %:in hyötykapasiteetista.

Etelä-Suomen hiesusavimaalla Espoon Pakankylässä (ELONEN 1974) kolme 33 mm:n sadetusta ovat lisänneet nurminadan satoa kuivana vuonna 1973 noin 3500 kg eli lähes 60 %. Yksi 30 mm:n sadetus on ollut tehokkain heti ensimmäisen niiton jälkeen suoritettuna.

Etelärannikon hienohietamaalla Viikissä (RAININKO 1968) sadetus on lisännyt 200 kg:n typpilannoituksen saaneiden ja kahdesti kasvukaudessa niitettyjen heinäkasvinurmien kuiva-ainesatoa hehtaarilta viitenä vuonna (1962-1966) keskimäärin 1640 kg (17 %). Vuosittain sadonlisäys on vaihdellut 480 kg:sta 3580 kg:aan (5-44 %). Millimetrin sadetuksen vaikutus on ollut keskimäärin 16 kiloa kuiva-ainetta (vuosivaihtelu 11-23). Sadetus on Viikissäkin tasoittanut vuotuisvaihtelua, kun sadonlisäys on ollut suurin kuivina vuosina satojen ollessa ilman sadetusta pienimpiä.

Lisättyä lannoitetyppikiloa kohti kuiva-ainesato suureni keskimäärin Lounais-Suomen aitosavella välillä 50-100 kg N/sato 12,4 kg ja välillä 100-150 kg N/sato 3,1 kg. Hämeen hietamaalla typpikilon tehokkuus oli välillä 50-100 kg N 7,5 kg ja Pohjois-Pohjanmaan hietamaalla samalla lannoitustasolla 10,8 kg. Hämeen kokeessa satotaso oli pienemmälläkin typpilannoituksella niin korkea, ettei se noussut enää jyrkästi typpilannoitusta lisättäessä. Kolmesti kesässä niitetävillä nurminata- ja koiranheinänurmilla lannoitetyppikilon keskimääräiseksi tehoksi välillä 50-100 kg N/sato on saatu 11,9 kg kuiva-ainetta (HIIVOLA ym. 1974). Timoteilla kahden niiton systeemissä on vastaava vaikutus ollut 13,5 kg

(TAHTINEN 1979).

Yhdenmukaisesti Lounais-Suomen aitosavimaalla saatujen tulosten kanssa kaliumlannoitus on ollut Suomen savimailla useimmissa kokeissa jokseenkin tehoton sadon määrän suhteen. Samankaltaisia tuloksia on saatu myös hiesumailla (KERÄNEN ja TAINIO 1968). Paikalliskokeissa on kaliumlannoituksella saatu huomattavia heinäsadon lisäyksiä niillä savimailla, joissa vaihtuvaa kaliumia on ollut kaikkein vähiten (SIPPOLA ja MARJANEN 1978). Karkeilla kivennäismailla kaliumlannoitus on yleensä parantanut heinän kasvua, mutta kaliummäärän merkitys on ollut tavallisesti vähäinen (SALONEN ja TAINIO 1961, TAHTINEN 1979). Karkeiden kivennäismaiden ryhmässä maan luontainen kaliuminluovutuskyky on hyvin vaihteleva. Hämeen ja Pohjois-Pohjanmaan hietamaiden tulokset eivät ole yleistettäviä kaikkia yhtä karkeita maita koskeviksi.

Raakavalkuaispitoisuus ja -sadot, N-lannoituksen hyväksikäyttö

Sadon raakavalkuainen määritetään kertomalla kemiallisen analyysin mukainen kasvin kokonaistyyppi luvulla 6,25. Raakavalkuaissadot osoittavat siten myös sadon typenottoa ja päinvastoin.

Timotein säilörehusatojen raakavalkuaispitoisuudet esitetään niittokerroittain taulukossa 4 (s.27). Pintakalkituksella ei ollut merkittävää vaikutusta raakavalkuaispitoisuuteen, mutta hietamailla oli negatiivista suuntaa havaittavissa. Pohjois-Pohjanmaalla vuoden 1977 kevätadossa vähennys oli 1,7 %-yksikköä. Sadetus alensi raakavalkuaispitoisuutta suurentaessaan satoa, kun käytettävissä oleva tyyppi laimeni suurempaan kasvimassaan. Liiallisen veden aiheuttamien typpitappioiden vaikutus oli vähäisempi. Kaliumlannoitus ei vaikuttanut raakavalkuaispitoisuuteen merkittävästi.

Typpilannoituksen lisääminen nosti jokaisen sadon raakavalkuaispitoisuutta. Säilörehusadon raakavalkuaispitoisuuden pitäisi olla vähintään noin 16 %, jotta siihen perustuva normien mukainen valkuaisruokinta olisi mahdollista. Alhaisella typpilannoitustasolla (50 N/sato) raakavalkuaispitoisuus jäi hietamaiden syys-satoja lukuunottamatta yleensä liian alhaiseksi. Lannoitustasolla 100 kg N/sato raakavalkuaispitoisuus oli keskimäärin sopiva, mutta syksyllä joissakin tapauksissa arveluttavan korkea.

Vuotuiset raakavalkuaissadot esitetään koejäsenittäin taulukossa 5 (s.28) ja koetekijöittäin taulukossa 6 (s.29). Raakavalkuaissato riippuu toisaalta sadon

käytettävissä olevan typen määrästä ja toisaalta kasvin typenkäyttökyvystä, johon kaikki kasvutekijät saattavat vaikuttaa. Mikäli typpilannoitus on kohtuullinen, heinä ottaa juuristokerroksessa olevan liukoisen typen melko tarkkaan. Tällöin raakavalkuaissato riippuu pääasiassa käyttökelpoisen typen määrästä.

Pintakalkitus ei aitosavella vaikuttanut keskimääräiseen raakavalkuaissatoon, mutta hietamailla alensi sitä enemmän kuin kuiva-ainesatoa. Pintakalkituksen negatiivinen vaikutus voimistui käsittelyn vuosittain toistuessa erityisesti Pohjois-Pohjanmaalla (1978 jälkivaikutusvuosi). Maan pinnan muuttuminen emäksi on mahdollisesti aiheuttanut typen haihtumista ammoniakkinä. Typen haihtumisen takia ammoniumtyppeä sisältäviä lannoitteita ei ulkomailta suositella kalkkipitoisten maiden pintalannoitukseen. Toinen mahdollinen kalkituksen aiheuttama typpitappioiden syy on vilkkaampi nitrifioituminen ja siitä seurannut runsaampi huuhtoutuminen. Maan typpivarojen nettomobilisoituminen ei todennäköisesti ole kalkituksen takia vähentynyt.

Hämeessä niukka sadetus lisäsi raakavalkuaissatoa keskimäärin 143 kg vuodessa (12 %) ja runsas sadetus 216 kg vuodessa (18 %). Kuivana vuonna 1975 positiivinen vaikutus oli suuri (43-77 %), mutta sateisena vuonna 1977 saatiin lievästi negatiivinen tulos. Pohjois-Pohjanmaalla myöhempi sadetus pienensi raakavalkuaissatoa (63 kg/ha, 6 %), aikaisempi sadetus ei vaikuttanut keskimääräiseen raakavalkuaissatoon. Typpeä saattaa sadetuksen takia huuhtoutua, jos vettä tulee sadetuksessa ja/tai sitä seuraavissa luonnonsateissa niin paljon, ettei se kaikki pidäty juuristokerrokseen. Märässä, lämpimässä maassa nitraattityppi saattaa denitrifioitua eli pelkistyä haihtuvaan muotoon.

Sadetuksen epäyhtenäinen jälkivaikutus vuoden 1977 kevätsatoon johtui ehkä tyypestä. Ilman sadetusta on maahan ilmeisesti jäänyt syksyllä 1976 enemmän liukoista typpeä kuin sadetettaessa. Hämeessä se ei haitannut talvehtimistä, vaan paransi keväällä kasvua, mutta Pohjois-Pohjanmaalla vaikutus oli päinvastainen huonon talvehtimisen ollessa minimitekijä.

Kaliumlannoituksen vaikutus typpitalouteen oli vähäinen (taulukko 13 s.36). Pieni sadonlisäys ei aiheuttanut Pohjois-Pohjanmaalla merkittävää valkuaispitoisuuden alenemista, koska typpisato suureni keskimäärin suhteellisesti yhtä paljon kuin kuiva-ainesato. Lounais-Suomen aitosavella kalisuola suurensi hiukan sadon typpisisältöä. Tämä johtui ilmeisesti siitä, että kaliumionit ovat vähentäneet ammoniumionien liian voimakasta sitoutumista maan saveshiukkasiin.

Typpilannoitus suurensi raakavalkuaissatoja voimakkaasti kaikissa kokeissa, koska sekä sadon määrä että sen typpiyhdistepitoisuus lisääntyivät. Keskimääräinen raakavalkuaissato (kg/ha/v) kasvoi Lounais-Suomen aitosavimaalla typpilannoituksen lisääntyessä seuraavasti: 50 N/sato 664 kg, 100 N/sato 1131 kg (+ 467 kg = 70 %) ja 150 N/sato 1314 kg (+ 183 kg = 16 %). Hämeen hietamaalla raakavalkuaissato oli pienemmällä typpilannoituksella (50 N/sato) 1070 kg ja suuremmalla typpilannoituksella (100 N/sato) 1617 kg (+547 kg = 51 %). Pohjois-Pohjanmaan hietamaalla raakavalkuaissato oli pienemmällä typpilannoituksella (50 N/sato) 817 kg ja suuremmalla typpilannoituksella (100 N/sato) 1263 kg (+ 446 kg = 54 %). Nurminata- ja koiranheinänurmien raakavalkuaissadot ovat olleet keskimäärin eri typpilannoituksilla seuraavat (HIIVOLA ym 1974): 0 N 222 kg, 3 x 50 N 810 kg, 3 x 100 N 1372 kg, 3 x 150 N 1691 kg ja 3 x 200 N 1801 kg.

Lannoitetypen näennäinen hyväksikäyttöprosentti eli sadon typpisisällön suureneneminen verrattuna lannoitteena annettuun tyypeen oli keskimäärin Lounais-Suomessa välillä 50-100 N 56 % ja välillä 100-150 N 22 %. Hämeessä välillä 50-100 N tyyden hyväksikäyttö oli ilman sadetusta 48 %, niukalla sadetuksella 61 % ja runsaalla sadetuksella 66 %. Pohjois-Pohjanmaalla tyyden hyväksikäyttö välillä 50-100 N oli keskimäärin noin 54 % sadetuksesta riippumatta. Nurminata- ja koiranheinänurmilla sadon typpisisältö on suurentunut prosentteina lisätyppiannoksesta keskimäärin välillä 0-50 kg (N/ha/sato) 63 %, välillä 50-100 kg 59 %, välillä 100-150 kg 34 % ja välillä 150-200 kg 12 % (SILLANPÄÄ ja RINNE 1975). Typpitasolle 200 kg N/ha/vuosi saakka heinälajien väliset tyydenkäyttökyvyn erot ovat olleet Viikissä vähäisiä (RAININKO 1968).

Timotein tyydenkäyttö ja lannoituksen vaikutus siihen vaihteli suuresti niittokeroittain (taulukko 7 s.30). Kesantoon kylvetystä Pohjois-Pohjanmaan kokeesta saatiin ensimmäisenä satovuonna pienemmällä typpilannoituksella raakavalkuaissato, joka vastaa yli kaksinkertaisella lannoituksella keskimäärin saatua satoa. Tyyden hyväksikäyttö on jäänyt huonoksi niissä tapauksissa, jolloin kasvu on muiden syiden takia ollut typpilannoitukseen verrattuna huonoa. Suurin Lounais-Suomessa käytetty määrä on selvästi liikaa. Kasvuston ollessa heikkokuntoinen tyyden hyväksikäyttö jää huonoksi. Kasvuston heikkous voi johtua mm. kuivuuden vaivaamasta, hitaasta alkukehityksestä (LOU 1974) tai talvituhosta (PPO 1977). Ankara kuivuus saattaa keskeyttää kasvun ja estää tyydenkäytön melkein kokonaan (HÄM 1975). Viimeiselle sadolle annetun typpilannoituksen hyväksikäyttö on ollut sitä huonompi, mitä myöhemmin se on levitetty.

Kuivuuden hidastaessa tyydenottoa saattaa esim. kesäsadolle tarkoitettua tyydestä suuri osa tulla syyssadon hyväksi, mutta syksyllä käyttämättä jäävä liukoinen tyyppi (kuva 2 s.22) huuhtoutunee suureksi osaksi hukkaan (mm. TAHTINEN ym. 1977).

Jo syysateiden aikana maassa olevasta typestä huuhtoutuu ja/tai haihtuu denitri-fikaation takia ilmeisesti suurempi osa kuin routaantuneelle maalle levitetystä typestä. Koska kasvukauden päättymisen on aika varmasti ennustettavissa, voidaan typpilannoitteiden hyödytöntä tuhlausta välttää rajoittamalla syysadolle annettavat typpimäärät (kg N/ha) lannoitusajankohdan mukaan eri osissa maata suunnilleen seuraavasti:

	15.7.	20.7. - 25.7.	30.7.	5.8.	10.8.	15.8.	20.8.
Etelä-Suomi			100	85	70	55	40
Keski-Suomi		100	85	70	55	40	25
Pohjois-Suomi	100	85	70	55	40	25	

Mikäli maassa on edellisiltä lannoituskerroilta liukoista typpeä esim. kuivuuden takia vielä käyttämättä, määriä olisi pienennettävä vastaavasti. Mikäli kasvu lannoitettaessa on jo pitkällä eikä maassa ole sanottavasti käyttökelpoista typpeä, voidaan typpimääriä suurentaa riittävän valkuaispitoisuuden saavuttamiseksi ja lannoitetta kannattaa levittää vähän myöhemminkin kuin vasta niitetyille sängelle.

Nurminata ja koiranheinä kasvavat syksyllä pitempään kuin timotei ja käyttävät silloin typpeäkin tehokkaammin, mutta suurten typpimäärien talvehtimista huonontava vaikutus on niillä pahempi (HUOKUNA ja HIIVOLA 1974, ZITTING ja HEIKKILÄ 1980).

Keväällä nopeasti kasvunsa aloittavalle timoteille on kevätpainotteinen lannoitus edullisin (HAKKOLA 1980). Raakavalkuaisstoa on voitu suurentaa myös suorittamalla toinen ja kolmas typen levitys ennen ensimmäisen ja toisen sadon korjuuta. Sadon liiallisen nitraattityppipitoisuuden nousun välttämiseksi ensimmäiselle sadolle ei saisi kuitenkaan antaa typpeä yhteensä enempää kuin 120-150 kg/ha (HAKKOLA 1978).

Sadon ja maan kalium

Timotein säilörehusatojen kuiva-aineen kaliumpitoisuus (taulukko 8 s.31) oli Lounais-Suomen aitosavella ja Hämeen hiedalla sangen tasainen koko kokeen ajan lukuunottamatta kuivaa kasvukautta 1975. Pohjois-Pohjanmaan hiedalla kaliumpitoisuus oli kokeen alussa korkeampi kuin muilla koepaikoilla, mutta laski parissa vuodessa kaikkein alhaisimmaksi.

Pintakalkitus ja sadetus eivät vaikuttaneet merkittävästi sadon keskimääräiseen kaliumpitoisuuteen eivätkä maan kaliumtilaan. Sadetus tasoitti kuitenkin sadon kaliumpitoisuuden vaihteluita kuivina kausina.

Typpilannoituksen lisääminen kohotti voimakkaasti sadon kaliumpitoisuutta kaikilla koepaikoilla. Pohjois-Pohjanmaan hietamaalla typpimäärän vaikutus muuttui kuitenkin maan kaliumvarojen ehtymisen takia päinvastaiseksi, ilman kaliumlannoitusta kolmantena vuonna ja pienemmällä kaliumlannoituksella (50 K/sato) neljäntenä vuonna. Runsas typpi muuttaa kasvin rakennetta suurentaen erityisesti ravinnerikkaan lahdistön osuutta ja lisää kasvin kaliumin tarvetta myös kuiva-aineyksikköä kohti. Nitraattityppi edistää kationien (mm. K^+) ottoa nitraatti-anionien vastaioneina. Ammoniumionit ovat kaliumionien kanssa "kilpailijoita" kasvien ravinteidenotossa, mutta ammoniumtyppi muuttuu maassa yleensä melko nopeasti nitraatiksi ja siirtyy kasviin pääosin tässä muodossa.

Kaliumlannoitus suurensi timotein kaliumpitoisuutta, mutta vaikutus oli suhteellisen pieni verrattuna koepaikkojen ja eri niittokertojen väliseen vaihteluun. Pohjois-Pohjanmaalla sadon kaliumpitoisuus laski nurmen vanhetessa suurimmallakin lannoituksella, vaikka kaliumtase oli positiivinen ja maan vaihtuva kalium lisääntyi. Keskimäärin kalium- ja typpilannoitus vaikuttivat satoon ja sen kaliumsisältöön eri koepaikoilla seuraavasti (luvut tarkoittavat prosentuaalista muutosta):

	K-lannoituksen lisäys (kg K/ha/sato)						N-lannoituksen lisäys		
	0:sta 50:een			50:sta 100:aan			50:sta 100:aan		
	LOU	HÄM	PPO	LOU	HÄM	PPO	LOU	HÄM	PPO
Sato	0	0	7	0	-1	-2	33	13	25
K:n otto	9	12	29	2	2	6	47	35	32
K-pitoisuus	9	12	21	2	3	8	10	19	6
"	N_1	9	12	20	2	3	2		
"	N_2	8	12	20	2	3	13		

Typpilannoitus vaikutti siis sadon kaliumin kokonaismäärään moninkertaisesti enemmän kuin yhtä suuret kaliumlannoituksen erot. Typpi lisäsi sadon kaliumpitoisuuttakin Lounais-Suomessa ja Hämeessä paljon tehokkaammin kuin kalium.

Sadossa poistui kaliumia vuosittain keskimäärin (taulukko 13 s.36) Lounais-Suomessa 181 kg/ha, Hämeessä 270 kg/ha ja Pohjois-Pohjanmaalla 200 kg/ha. Lounais-Suomen aitosavella ja Hämeen karkeahietamaalla vuosittaiset sadon kaliummäärät (taulukko 9 s.32) eivät osoita mitään oireita maan kaliumvarojen ehtymisestä. Pohjois-Pohjanmaan hietamaalla vuosittainen kaliumin otto väheni nopeasti, ilman kaliumlannoitusta maan kaliumvarojen ehtyessä luonnollisesti jyrkimmin, mutta myös suurimmalla kaliumlannoituksella.

Pienemmällä kaliumlannoituksella (50 K/sato) kaliumtase oli negatiivinen kaikissa kokeissa (taulukko 9 s.32). Suurimmalla lannoituksella (100 K/sato) maahan lisättiin kaliumia alhaisella typpitasolla enemmän kuin sadoissa korjattiin, mutta korkeilla typpitasoilla yleensä hiukan vähemmän kuin sadoissa poistui.

Viljavuustutkimuksen mukainen vaihtuvan kaliumin pitoisuus (mg K/l) oli kokeen alussa eri kentillä kerroksittain seuraava:

	LOU	HÄM	PPO
Muokkauskerros	262	209	138
Jankko	(295)	167	108

Lounais-Suomen aitosaven ja Pohjois-Pohjanmaan hiedan muokkauskerroksen kaliumluvut ovat lähellä maalajien keskiarvoja, mutta Hämeen kentän muokkauskerroksen kaliumluku on yli puolitoistakertainen karkean hiedan keskiarvoon verrattuna (KURKI 1972).

Maan kaliumtila kokeen lopussa (taulukko 9 s.32) riippui lähinnä maan laadusta ja kaliumlannoituksesta, mutta karkeilla mailla näkyi myös typpilannoituksen kaliuminottoa kiihdyttävä vaikutus pienempinä kaliumpitoisuuksina. Päinvastoin kuin sadossa, maan kaliumpitoisuus suureni lannoitusta lisättäessä enemmän välillä 50-100 K/sato kuin välillä 0-50 K/sato. Vaihtumattoman "reservikaliumin" vapautumisen ansiosta vaihtuvan kaliumin pitoisuus oli kokeen lopussa kaikilla kentillä suurempi kuin kaliumtase olisi edellyttänyt. Lineaarisen inter- ja ekstrapoloinnin mukaan satoa kohti annettujen kaliummäärien (kg/ha) olisi pitänyt olla muokkauskerroksen kaliumluvun ennallaan pitämiseksi ja kaliumtaseen nollla saavuttamiseksi eri tapauksissa seuraavat:

	LOU			HÄM		PPO	
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
Kaliumluku ennallaan	29	29	29	47	59	53	70
Kaliumtase nollla	75	112	130	83	107	71	99

Kokeen alussa timotein kaliumpitoisuus nousi korkeimmaksi Pohjois-Pohjanmaan hietamaalla, vaikka siinä oli vähiten vaihtuvaa kaliumia. Tässä maassa, jonka savespitoisuus on vain viisi prosenttia, ammoniumasetatin uuttamasta kaliumista on ollut suurempi osa vapaana maanesteessä kasvien saatavana. Suomen maaperässä

yleisimpien, kiilteistä muodostuneiden savimineraalien rakenne suosii kalium- ja ammoniumionien sitoutumista. Savihiukkasten pinnoilla on koloja, joihin nämä ionit kokonsa perusteella hyvin sopivat. Kaliumlannoituksen vähäinen vaikutus kasvin kaliumpitoisuuteen johtuu kaliumin lujasta sitoutumisesta maahan. Tähän liittyy maan pinnalle levitetyn kaliumin hidas liikkuminen syvemmälle juuristokerrokseen. Hämeen kiillepitoinen karkea hieta muistutti kaliumtaloudeltaan enemmän Lounais-Suomen aitosavea kuin Pohjois-Pohjanmaan hietaa eikä ole tyypillinen maalajinsa edustaja.

Muut makroravinteet

Fosforia oli sadossa vuosittain keskimäärin Lounais-Suomessa 18 kg/ha, Hämeessä 28 kg/ha ja Pohjois-Pohjanmaalla 23 kg/ha. Hietamailla pintakalkitus ja sadetus alensivat ja typpilannoitus nosti hiukan timotein keskimääräistä fosforipitoisuutta (taulukko 10 s.33). Kaliumlannoitus ei vaikuttanut sadon fosforipitoisuuteen. Aitosavella kaikki koekäsittelyt olivat fosforipitoisuuden suhteen tehottomia. Viljavuustutkimuksen fosforiluku oli kokeen alussa Lounais-Suomessa 4,7, Hämeessä 12,7 ja Pohjois-Pohjanmaalla 11,5. Koetekijöiden ei todettu vaikuttavan maan fosforitilaan.

Kalsiumia oli sadossa keskimäärin Lounais-Suomessa 20 kg/ha, Hämeessä 38 kg/ha ja Pohjois-Pohjanmaalla 22 kg/ha vuodessa. Pintakalkitus suurensi timotein kalsiumpitoisuutta (taulukko 11 s.34) Lounais-Suomessa keskimäärin 18 % ja Hämeessä 8 %. Pohjois-Pohjanmaalla kalsiittinen kalkki (1. ja 2. v.) ei muuttanut sadon magnesiumipitoisuutta, mutta dolomiittikalkki (3. ja 4. v.) alensi magnesiumin antagonistisen vaikutuksen takia sadon kalsiumpitoisuutta käsittelyvuosina keskimäärin 5 %. Sadetus ei vaikuttanut merkittävästi kalsiumpitoisuuteen. Typpilannoitus kohotti sadon kalsiumpitoisuutta kaikissa kokeissa. Kaliumlannoitus suurensi timotein kalsiumpitoisuutta Lounais-Suomessa keskimäärin 3 % ja kokeen alussa hiukan myös Hämeessä, jossa vaikutus myöhemmin kääntyi selvästi negatiiviseksi etenkin suuremmalla määrällä. Pohjois-Pohjanmaalla kalsiolla alensi sadon kalsiumpitoisuutta toisesta vuodesta alkaen selvästi, keskimäärin pienempi määrä 11 % ja suurempi määrä 15 %.

Magnesiumia oli vuoden sadossa keskimäärin Lounais-Suomessa 11 kg/ha, Hämeessä 10 kg/ha ja Pohjois-Pohjanmaalla 9 kg/ha. Timotein kevätsatojen magnesiumipitoisuus oli Hämeen karkeahietamaalla paljon normaalia alhaisempi koekäsittelyistä riippumatta (taulukko 12 s.35). Lounais-Suomen aitosavella kalsiittikalkki alensi magnesiumipitoisuutta keskimäärin 8 %. Hämeen hietamaalla 0,5 % magnesiumia sisältävä kalkkikivijauhe kohotti sadon magnesiumipitoisuutta keskimäärin 7 %.

Pohjois-Pohjanmaalla kalkkikivijauhe kohotti sadon magnesiumipitoisuutta 9 % ja dolomiittikalkki 24 %. Sadetus ei vaikuttanut magnesiumipitoisuuteen merkittävästi. Magnesiumia sisältävän (2,2 %) oulunsalpietarimäärän suurentaminen lisäsi timotein magnesiumipitoisuutta kaikissa kokeissa, aitosavella kuitenkin vähemmän (N_1-N_2 8 %) kuin hietamailla (HAM 16 %, PPO 21 %).

Kaliumlannoituksen sadon magnesiumipitoisuutta alentava vaikutus on yleisesti tunnettu. Tarkasteltavissa kokeissa kaliumin vaikutus oli kuitenkin epäyhtenäinen. Aitosavella kalisuola suurensi sadon magnesiumipitoisuutta ensimmäisenä vuonna ja keskimäärinkin tilastollisesti merkitsevästi (K_1 7 % ja K_2 5 %). Hämeen hietamaalla kaliumlannoitus alensi keskimääräistä magnesiumipitoisuutta (K_1 2 % ja K_2 7 %). Kevätsadon magnesiumipitoisuutta kalisuola alensi Hämeessä vasta kolmantena vuonna. Pohjois-Pohjanmaan hietamaan pitkäaikaisessa kokeessa kalisuola alensi timotein magnesiumipitoisuutta eniten (K_1 16 % ja K_2 23 %). Kaliumin saannin vähentyessä kasvua hidastavaksi kasvin magnesiumipitoisuus nousi jyrkästi.

Kasvinravinteet ovat toistensa kanssa vuorovaikutuksessa sekä kasvien aineenvaihdunnassa että maan ioninvaihtoreaktioissa. Maanesteessä olevat kationit vähentävät yleensä muiden kationien ottoa, mutta eivät tasapuolisesti. Kaliumilla on taipumus syrjäyttää magnesiumia varsinkin heinäkasveilla. Tarvitsemansa vähimmäismäärän kasvi ottaa tarkemmin valikoiden kuin sen ylittävät määrät, kuten nähdään mm. kaliumlannoituksen vaikutuksesta sadon magnesiumipitoisuuteen eri niittokerroilla Hämeessä (taulukko 12 s.35). Kaliumlannoituksen positiivinen vaikutus timotein magnesiumipitoisuuteen aitosavella selittyy negatiivisten saveshiukkasten pinnoille pidättyneiden kationien vaihtumisella. Lounais-Suomen aitosavessa oli runsaasti vaihtuvaa magnesiumia (520 mg/l). Koska savi on kaliumia suosiva kationinvaihtaja, lannoitteen kaliumista sitoutui siihen suuri osa työntäen samalla magnesiumia maanesteseen juurten saataville.

Kotieläinten vaatimukset rehun kivennäisaineiden suhteen poikkeavat rehuksien vaatimuksista. Nurmen sadossa on aina riittävästi kaliumia, jonka ylimäärä haittaa magnesiumin ja kalsiumin hyväksikäyttöä. Lypsylehmien ravinnontarpeen mukaisessa rehussa kaliumin suhde kalsiumin ja magnesiumin summaan on kirjallisuuden mukaan korkeintaa 2,2 ekvivalentteina laskettuna. Kivennäissuhde ei ollut yhdessäkään kokeessa keskimäärin tätä vaatimusta vastaava. Koetekijöistä siihen vaikutti oleellisesti kaliumlannoitus, mutta vain Pohjois-Pohjanmaan hietamaalla kokeen lopussa (taulukko 13 s.36). Niittokerroittain vaihtelu oli laaja mutta epäsäännöllinen. Suhdeluku $K/(Ca+Mg)$ oli korkein Pohjois-Pohjanmaalla ensimmäisen vuoden syysasadossa (3,8) ja alhaisin Lounais-Suomessa toisen vuoden kuivuudesta kärsineessä kesä-

syysadossa (1,6). Heinäkasvien normaali kivennäissisältö on säilörehuasteella eläimille puutteellinen ja edellyttää ruokinnan täydentämistä kivennäisrehuilla.

Maan happamuuden ja ravinnetilan kehitys

Kokeiden aikana pH-luvut laskivat ilman kalkitusta sitä enemmän mitä enemmän oulunsalpietaria käytettiin (taulukko 14 s.37). Pintakalkitus nosti maanäytteidien pH-lukuja, mutta sen vaikutus oli Hämeen kokeesta kerroksittain tehtyjen määritysten mukaan kovin pinnallinen (kuva 2 s.22). Happamuus pyrki lisääntymään voimakkaasti alle 10 cm:n syvyyteen, mutta pintakalkitus esti pH:n laskun 3-10 cm:n syvyydessä vain pienempiä typpimääriä käytettäessä.

Typpilannoitus muuttaa maata happamammaksi lisäämällä "emäksisten" metallikationien (K, Ca, Mg, Na) poistumista sadon mukana. Ammoniummuodossa olevan tyypen nitrifioituessa eli hapettuessa mikrobiologisesti muodostuu maassa happoa. Sen neutralointiin kuluu yhtä typpikiloa kohti 8,2 kg kalkkikivijauhe ykköstä, kun yhtä ammoniumionia kohti muodostuu kaksi vetyionia. Nitraatti-ionien pelkistyessä vetyioneja sitoutuu. Oulunsalpietarissa on ammonium- ja nitraattityppeä yhtä paljon ja runsas viidennes siitä on dolomiittikalkkia. Y-lannoksissa maan happamuutta lisäävän ammoniumtyypen osuus on suurempi eikä niissä ole kalkkia.

Kaikkien kenttien pH-luvut olivat vähintään Suomen peltojen keskimääräisellä tasolla, Hämeessä huomattavasti ylikin. Happamuus ei näyttänyt muodostuvan sen suhteen vaatimattomalle koekasville haitalliseksi. Pelkästään ammoniumtyppeä sisältävä ammoniumsulfaatti on aiheuttanut pitkäaikaisissa kokeissa happamuuden lisääntymisen takia jopa sadonalennusta (SALONEN ja HONKAVAARA 1970). Voimaperäisessä nurmiviljelyssä ylläpitokalkituksen tarve on huomattavan suuri vaihdellen lähinnä lannoitteissa tulevan ammoniumtyppimäärän mukaan. Typpirikasta Y-lannosta (20-4-8) käytettäessä yhden lannoitekilon hapattavan vaikutuksen neutralointiin tarvitaan lähes yksi kilo kalkkikivijauhetta.

Vaikka oulunsalpietarissa ja superfosfaatissa tuli maahan kalsiumia enemmän kuin sadoissa poistui, vaihtuva kalsium väheni kokeen aikana Pohjois-Pohjanmaalla (taulukko 14 s.37). Kalkin kalsiumista tuli analyysituloksissa näkyviin vain 15-30 %, vaikka liukenemista on ilmeisesti tapahtunut vielä maanäytettä happamalla ammoniumasetaatilla uutettaessa. Hämeen hietamaan profiilissa vaihtuvan kalsiumin minimi oli pH-luvun tapaan lähellä maan pintaa (kuva 2 s.22).

Dolomiittikalkki nosti maan vaihtuvan magnesiumin pitoisuuden Pohjois-Pohjanmaalla suunnilleen kaksinkertaiseksi, ilman kalkitusta magnesium väheni (taulukko 14 s.37). Hämeen hietamaan magnesiumpitoisuus oli kokeen alussa erittäin alhainen, muokkaus-

kerroksessa 36 mg/l ja pohjamaassa vain 18 mg/l. Koekäsittelyistä vain dolomiittikalkki vaikutti maan magnesiumtilaan tilastollisesti merkitsevästi. Magnesiumluku-
jen nousu kokeen aikana Hämeessä ei johtunut koekäsittelyistä.

Muokkauskerrosta syvempänä todettiin koekäsittelyillä merkittävää vaikutusta vain Pohjois-Pohjanmaan hiedan kaliumlukuissa, joissa erot olivatkin erittäin suuret (taulukko 9 s.32). Hämeen hiedalla kaliumlannoitus vaikutti maan kaliumtilaan 15 cm:n syvyyteen (kuva 2 s.22). Maan kaliumvarojen ryöstöllä saattaa olla pitkäaikainen negatiivinen vaikutus nurmen jälkeen viljeltäviin vaateliaampiin kasveihin. Suuretkaan lannoitemäärät eivät matalaan mullattuina tai harvoin riveihin sijoitettuna aina takaa optimaalista kaliumin saantia (PENNY ja WIDDOWSON 1980). Vaikka lannoitus ei välittömästi vaikuttaisikaan sadon määrään tai laatuun, se saattaa silti olla välttämätöntä maan kasvukunnon ylläpitämiseksi. Käytännössä nurmitilojen kotieläinten tuottama lanta vähentää erittäin merkittävästi lannoitekaliumin tarvetta, kun osa sadon ottamasta suuresta kaliummäärästä palautuu peltoon.

Kalisuolaa ja sitä runsaasti sisältäviä Y-lannoksia ei pidä levittää nurmen pintaan kerrallaan kovin suuria määriä, vaikka maan kaliumtilan säilyttämiseksi tai parantamiseksi näyttäisi tarpeelliselta. Maan pinnassa kohoava suolaväkevyyden saattaa kuivina kausina aiheuttaa sadonalennusta varsinkin heikosti vettä pidättävillä karkeilla kivennäismailla. Hämeen karkeahietamaalla vuoden 1977 kesäsadon määrässä todettu tilastollisesti merkitsevä kalisuolan negatiivinen vaikutus johtui ilmeisesti juuri tästä.

Tarkasteltaessa maan ominaisuuksien muutosten suhdetta esim. satotason vaihteluun on huomattava, ettei tilastollinen riippuvuus todista syy- ja seuraussuhteen olemassaoloa. Kasvuston kunto heikkenee tavallisesti nurmen vanhetessa luontaisen kehitysrytmin ja ympäristötekijöiden kuten talvituhojen ja koneellisen viljelyn aiheuttaman "kulumisen" mukaisesti. Esikasvien ja -käsittelyjen vaikutukset vähenevät ja peräkkäisten monokulttuurivuosien vaikutukset kasvavat maassa nurmen vanhetessa. Tällöin muuttuvat myös maan fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet kemiallisen viljavuuden ohella.

Päätelmät

Vuosittain toistettava pintakalkitus ei ole suositeltava menetelmä maan lisääntyvän happamuuden neutraloimiseksi runsaalla tyypellä lannoitetuilla heinäkasinurmilla. Pintakalkituksen vaikutus on hidas ja liian pinnallinen, vaikka happamuus voimistuu pääasiassa muokkauskerroksen yläosassa. Magnesiumlannoitteeksi dolomiittikalkki soveltuu pintalevityksessäänkin. Pintakalkituksen aiheuttaman lievän sadonvähen-
hennyksen ja timotein typpi- ja fosforipitoisuuden alenemisen todennäköisiä syitä

ovat vaalentuneen maan hitaampi lämpeneminen keväällä, typen haihtuminen ja superfosfaatin fosforin sitoutuminen sekundaarisiksi kalsiumfosfaateiksi. Happamat maat pitäisi kalkita ennen nurmen perustamista. Mahdolliset vähäiset haittavaikutukset eivät estä levittämästä kalkkia myös nurmena oleville lohkoille, jos se kalkituksen suorituksen kannalta on edullista. Säilörehunurmilla on varottava säilöntähappoa neutraloivan kalkin joutumista kasvimassaan.

Kuivuus on tärkein riskitekijä Etelä-Suomen voimaperäisillä heinäkasvinurmilla. Sen torjuminen sadetuksella varmistaa lannoituksen tehokkaan hyväksikäytön, tasoittaa sadon määrän ja laadun vaihtelua ja nostaa keskimääräistä satotasoa. Pohjois-Suomessa veden puute ei yleensä rajoita nurmen tuottoa.

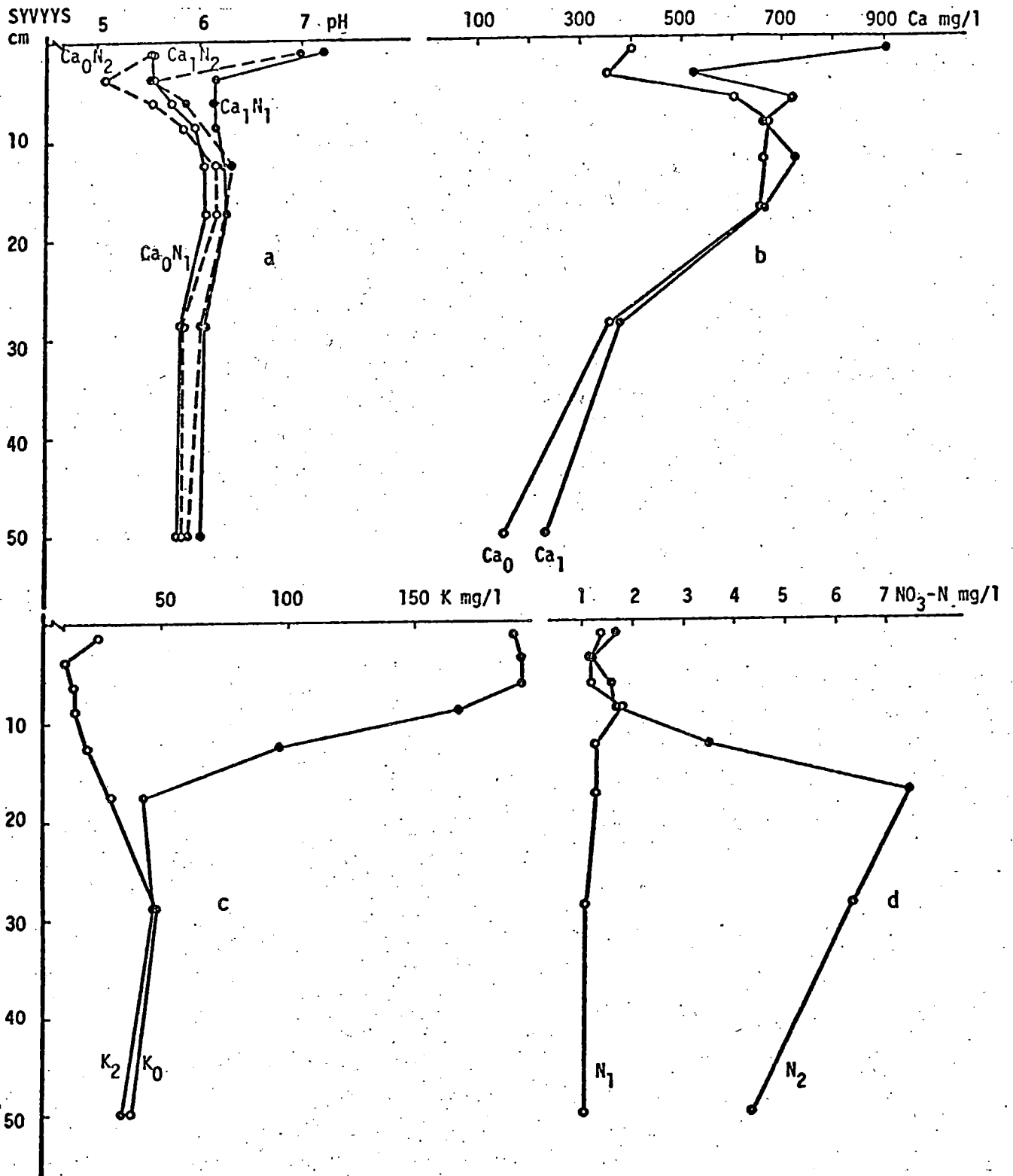
Typpilannoituksella on heinäkasvinurmilla keskeinen merkitys sekä sadon määrän että laadun suhteen. Pyrittäessä nurmirehun avulla kotoiseen karjan valkuaisruokintaan on riittävän valkuaispitoisuuden saavuttaminen ehkä tärkein typpilannoituksen mitoituksen kriteeri. Typpilannoitusta lisättäessä kuiva-ainesadon lisäys pienenee aikaisemmin kuin valkuaispitoisuuden ja -sadon lisäys. Lannoitetyypin hyväksikäytön ja sadon laadun kannalta on tärkeää, että käytettävät typpimäärät ovat oikeassa suhteessa muiden kasvutekijöiden kanssa. Mitä edullisemmat kasvuolot ovat, sitä täydellisemmin lannoitetyppi tulee käytetyksi sadonmuodostukseen. Säilörehunurmilla hehtaarille niittokertaa kohti annettavien typpimäärien tulisi hyvissä olosuhteissa olla sadan kilon luokkaa. Typpi kantaa jakaa vuoden sadoille kevätpainotteisesti varsinkin timoteilla. Syyssadolle levitettävän typpimäärän tulisi olla jäljellä olevan kasvukauden mukaisesti sitä pienempi, mitä myöhemmin lannoitus suoritetaan.

Kaliumlannoitusta tarvitaan kaliumtilaltaan keskimääräisillä kivennäismaiden timoteinurmilla tulosten mukaan vain maan kaliumtilan ylläpitämiseksi, koska kalisuola ei lisännyt lainkaan satoa ensimmäisinä vuosina. Kaliummäärä vaikuttaa sadon kivennäiskoostumukseenkin kivennäismaiden pintalannoituksessa lyhyellä tähtäyksellä suhteellisen heikosti, mutta vaikutus kasvaa maan ravinnetilan kehityksen mukaisesti. Heinänurmien kaliumin tarve kasvaa typpilannoituksen lisääntyessä. Väkilannoitekaliumin tarve pitkäaikaisessa nurmivaltaisessa viljelyssä riippuu paljolti sonnan ja virtsan sekä säilörehun puristenesteen talteenotosta ja käytöstä.

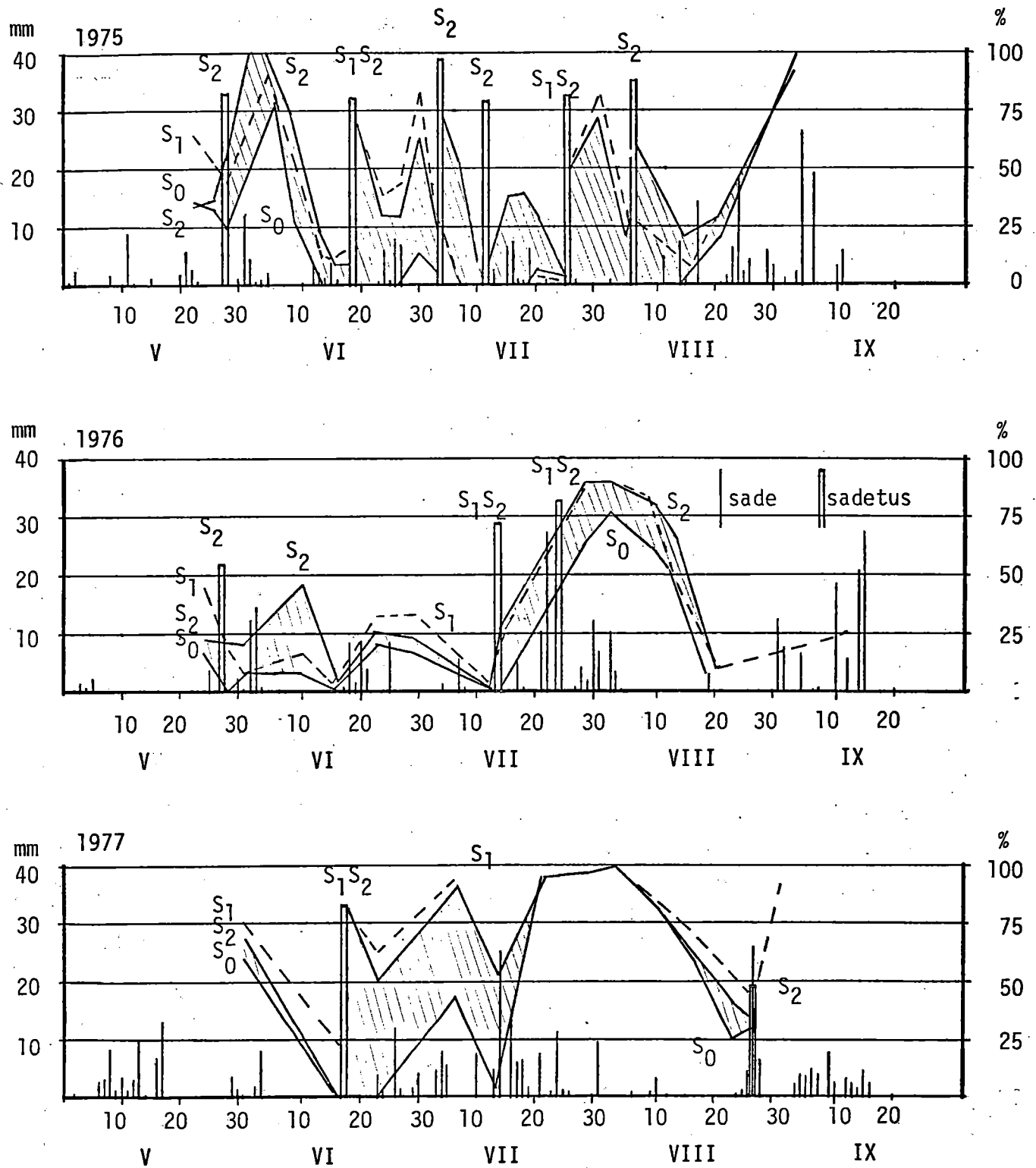
KIRJALLISUUTTA

- ELONEN, P. 1974. Sadetus satovaihtelujen tasaajana. Käytännön Maamies 3/74: 16-20.
- HAKKOLA, H. 1978. Nurmikasvikokeiden tuloksia. Pohjois-Pohjanmaan koeaseman Tiedote 5: 28 s.
- HAKKOLA, H. 1980. Timotei Pohjois-Suomen nurmikasvi. Hankkijan Siemenjulkaisu 1980: 143-150.
- HIIVOLA, S.-L., HUOKUNA, E. & RINNE, S.-L. 1974. The effect of heavy nitrogen fertilization on the quantity and quality of yields of meadow fescue and cocksfoot. Ann. Agric. Fenn. 13: 149-160.
- HUOKUNA, E. & HIIVOLA, S.-L. 1974. The effect of heavy nitrogen fertilization on sward density and winter survival of grasses. Ann. Agric. Fenn. 13: 88-95.
- KERÄNEN, T. & TAINIO, A. 1968. Hiesu- ja savimaiden kalilannoitustarpeesta. Kenttäkokeiden tuloksia vuosilta 1951-66. Ann. Agric. Fenn. 7: 161-174.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki 1972: 182 s.
- KÄHÄRI, J. 1978. Nurmen pintakalkitus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen Tiedote 8: 93-98.
- PELTOMAA, R., POHJANHEIMO, O. & HUOKUNA, E. 1979. Pintakalkituksen ja K-lannoituksen vaikutus nurmen satoon ja sen N-, P-, K-, Ca- ja Mg-pitoisuuteen. Maantutkimuslaitoksen Tiedote 6: 24 s.
- PENNY, A. & WIDDOWSON, F. V. 1980. An experiment begun in 1958 measuring effects of N, P and K fertilizers on yield and N, P and K contents of grass. 2. Residual effects on arable crops, 1968-76. J. Agric. Sci. 95: 583-595.
- RAININKO, K. 1968. The effects of nitrogen fertilization, irrigation and number of harvestings upon leys established with various seed mixtures. Acta Agr. Fenn. 112: 137 s.
- RINNE, S.-L., SILLANPÄÄ, M., HUOKUNA, E. & HIIVOLA, S.-L. 1978. The effects of nitrogen fertilization on K/(Ca+Mg) ratio in grass. Ann. Agr. Fenn. 17: 83-88.
- SAARELA, I. 1980. Voimaperäisen nurmen vaikutus maahan. Koetoiminta ja Käytäntö 23.9.1980.
- SALONEN, M. & HONKAVAARA, T. 1970. Karjanlannan ja väkilannoitteiden vaikutuksen vertailua II. Erilaiset lannoitukset ja kalkitus. Ann. Agr. Fenn. 9: 336-342.
- SALONEN, M. & TAINIO, A. 1961. Kalilannoitusta koskevia tutkimuksia. Selostus kiinteillä koekentillä vuosina 1932-59 suoritetuissa eri kalimäärien kokeissa saaduista tuloksista. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 185: 60 s.
- SILLANPÄÄ, M. 1978. Lannoitus ja kalkitus "vihreänlinjan" viljelyssä. Maantutkimuslaitoksen Tiedote 4: 16 s.

- SILLANPÄÄ, M. & RINNE, S.-L. 1975. The effect of heavy nitrogen fertilization on the uptake of nutrients and on some properties of soils cropped with grasses. *Ann. Agr. Fenn.* 14: 210-226.
- SIPPOLA, J. & MARJANEN, H. 1978. Viljavuusluokittaiset sadonlisäykset paikallisissa nousevien fosfori- ja kaliummäärien kokeissa. Maantutkimuslaitoksen Tiedote 3: 16 s.
- TAHTINEN, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen Tiedote 9: 42 s.
- TAHTINEN, H., KÖYLIJÄRVI, J. & TEITTINEN, P. 1977. Niittonurmen syyslannoitus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen Tiedote 3: 12 s.
- ZITTING, M. & HEIKKILÄ, R. 1980. Timotein viljely Pohjois-Karjalassa. Karjalan koeaseman Tiedote 3: 30 s.



Kuva 2. Maan happamuus (a), kalsium (b), kalium (c) ja nitraattityppi (d) kerroksittain kokeen lopussa Hämeen hietamaalla. (Ca_0) = kalkitsematon, (Ca_1) = pintakalkittu vuosittain; typpilannoitus: N_1 = 50 kg N/ha/sato, N_2 = 100 kg N/ha/sato; kaliumlannoitus: K_0 = ei kaliumlannoitusta, K_2 = 100 kg K/ha/sato)



Kuva 3. Vuorokautiset sademäärät (mm) ja maan kosteus (% hyötykapasiteetista) Hämeen koasemalla kasvukausina 1975-77.

S_0 = sadettamaton, S_1 = niukka sadetus, S_2 = runsas sadetus

Taulukko 1. Kasvukauden lämpötila ja sademäärä kuukausittain sekä tehoisan lämpötilan summa.

	1931 - 60		1974		1975		1976		1977		1978	
LOU	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
touko	8,9	25	8,3	21	10,9	28	10,4	16				
kesä	13,8	45	14,6	37	13,3	41	12,6	58				
heinä	17,1	53	15,1	132	17,4	20	15,2	65				
elo	15,7	77	14,7	40	16,0	37	15,1	29				
syys	10,6	62	12,4	89	13,1	43	7,9	50				
$\sum >5 \text{ } ^\circ\text{C} \times \text{vrk.}$			1232		1403		1141					
HÄM												
touko	8,8	40			11,2	41	10,9	12	8,6	61		
kesä	13,9	48			13,1	38	12,6	61	14,4	36		
heinä	17,0	66			17,1	27	15,3	84	14,7	115		
elo	15,3	71			15,5	63	15,1	31	14,2	45		
syys	10,4	54			12,2	94	7,4	90	8,3	52		
$\sum >5 \text{ } ^\circ\text{C} \times \text{vrk.}$					1404		1146		1086			
PPO												
touko	7,3	32	5,9	16	9,0	42	9,2	15	6,1	42	8,4	3
kesä	12,8	57	13,9	59	11,2	39	10,9	46	12,1	37	12,9	53
heinä	16,2	71	15,6	118	14,4	28	14,0	104	14,2	102	14,6	31
elo	14,0	71	13,6	71	12,1	51	13,4	19	11,7	57	11,7	70
syys	8,4	57	10,3	64	10,3	63	4,6	52	6,6	38	6,9	57
$\sum >5 \text{ } ^\circ\text{C} \times \text{vrk.}$			1103		1022		891		801		968	

Taulukko 2. Sadetus-pintakalkitus-kaliumlannoitus-typpilannoitus -monitekijäkokeiden vuotuiset kuiva-ainesadot koejäsenittäin, kg/ha.

Vuosi	Sadetus mm	Kalkitsematon										Pintakalkitus vuosittain-xx																															
		0					3 ^x x50					3 ^x x100					K-lannoitus, kg/ha 0					3 ^x x50					3 ^x x100																
		3 ^x x50	3 ^x x100	3 ^x x150	3 ^x x50	3 ^x x100	3 ^x x150	3 ^x x50	3 ^x x100	3 ^x x150	3 ^x x50	3 ^x x100	3 ^x x150	3 ^x x50	3 ^x x100	3 ^x x150	3 ^x x50	3 ^x x100	3 ^x x150	3 ^x x50	3 ^x x100	3 ^x x150	3 ^x x50	3 ^x x100	3 ^x x150																		
Lounais-Suomen koeasema (LOU)																																											
1974	-	6620	8380	8540	6750	8420	8860	6550	9610	9100	5690	8780	9720	6720	8440	9490	7060	8510	8620	1975*	-	4120	5210	5560	3730	5250	5570	3700	5090	5020	4150	5330	6160	3920	5270	5250	3760	4780	5480				
1976	-	4880	6600	6360	4970	6730	6850	4860	6500	7300	4690	5650	6760	4310	6010	6240	4360	5480	6610	1976	-	33+32+38	33+32+38	33+32+38	4970	6730	6850	3700	5090	5020	4150	5330	6160	3920	5270	5250	3760	4780	5480				
1975	-	6880	7210		6780	6870		5650	5910		5710	6280		5450	6460		6680	6300	1977	-	9110	8980		8170	8360		7980	9630		8120	9680		8380	10190		9640	8920		8210	9280		7640	8950
1976	-	8020	9880		8440	10380		8720	9970		8120	9680		8850	9880		8810	9230	1977	-	9050	10600		9690	9680		9080	10790		9440	10260		8850	9880		8810	9230		8810	9230		8810	9230
		10610	13900		10300	12750		10050	12730		10020	12840		9270	10950		14210	12960	1977	-	7580	8450		7920	8670		7180	7820		7410	8680		7290	8730		7290	8220		7290	8220		7290	8220
		9110	8980		8170	8360		7980	9630		8120	8880		8210	9280		7640	8950	1977	-	7610	9410		7650	8900		8310	8800		7900	9550		7660	9050		7660	9050		7660	9050		7660	9050
		7420	8600		8020	8750		7830	8340		7420	8300		7530	8610		7340	8130	1977	-	7420	8600		8020	8750		7830	8340		7900	9550		7660	9050		7660	9050		7660	9050		7660	9050
Pohjois-Pohjanmaan koeasema (PPO)																																											
1974	-	8040	9500		7660	9670		7320	9630		8250	9630		8440	7960		7510	9460	1975*	-	30	8000	9710		8990	9540		8470	9320		8140	9500		8580	9650		8780	8630		8780	8630		
1975*	-	3900	4890		3880	5030		3040	4400		3450	4550		3240	4520		3330	4670	1976	-	30+30	3580	5300		4280	5470		3460	4760		2810	5040		3050	5360		3410	5000		3410	5000		
1976	-	3580	5300		4280	5470		3550	4160		3880	4440		3240	4390		3390	4330	1976	-	30+30	3580	5300		4280	5470		3460	4760		2810	5040		3050	5360		3410	5000		3410	5000		
1977	-	6670	8390		6710	8570		6680	8500		6800	8960		7310	7990		7060	8720	1977	-	30	6360	7870		7350	9860		6160	8620		6090	9080		6780	8370		6150	8810		6150	8810		
1978**	-	4760	5720		5390	6990		4490	6470		4720	6070		4340	6750		4820	7240	1977	-	30+30	4580	5980		5860	7390		5540	7460		4200	5640		4890	6110		4330	6930		4330	6930		
1978**	-	4580	5090		5260	6160		4920	5790		4760	5080		5020	6150		5240	6210	1977	-	30+30	4580	5980		5860	7390		5540	7460		4200	5640		4890	6110		4330	6930		4330	6930		
1978**	-	5160	4780		5050	6040		4750	6440		4050	5190		4550	5470		4720	6660	1977	-	30+30	5190	6210		5460	6920		5560	6360		3880	4840		4860	5630		4410	6530		4410	6530		
1978**	-	4550	4630		4850	6450		5130	6460		4430	4680		4610	6000		4990	6470	1978**	-	30+30	4550	4630		4850	6450		5130	6460		4430	4680		4610	6000		4990	6470		4990	6470		

* Lannoitus ja korjuu kaksi kertaa, LOU ja PPO 1975, PPO 1978.

** Pintakalkitusta ei suoritettu, PPO 1978.

Taulukko 3. Vuosittain toistetun pintakalkituksen ja sadetuksen sekä typpi- ja kaliumlannoituksen vaikutus säilörehusatoihin niittokerroittain, kg k.a./ha.

Koe- paikka	Käsit- tely	Vuosi ja niittokerta													
		1974			1975			1976			1977			1978	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
LOU	Ca ₀	1490	2720	3840	3320	1480		3610	1230	1260					
	Ca ₁	1460	2800	3850	3420	1480		3220	1190	1160					
HAM	Ca ₀				5010	1790	2320	5420	2930	1080	4190	2900	1090		
	Ca ₁				4970	1930	2340	5270	2740	1190	4130	2690	1250		
PPO	Ca ₀	3360	3080	2310	(4200)			2790	2680	2170	2430	2990	490	3890	1450
	Ca ₁	3210	3280	2200	(4010)			2340	3190	2000	2270	2570	510	3960	1280
PPO	S ₀	3170	3130	2290	(4080)			2610	2900	2190	2020	3130	500	3940	1410
	S _{1a}	3420	3280	2240	(4290)			2570	3090	1970	2590	2650	510	3830	1410
	S _{1b}	3270	3140	2240	(3950)			2510	2810	2090	2450	2550	490	4000	1270
HAM	S ₀ N ₁				4560	590	890	5220	2330	660	4480	1890	1070		
	N ₂				4950	630	930	5600	2600	810	5100	2010	1320		
	S ₁ N ₁				4840	1320	2390	5000	2790	1370	3790	2800	1150		
N ₂				5360	1890	2580	5350	3280	1440	4210	3700	1160			
	S ₂ N ₁				4860	2750	3430	4970	2830	1230	3580	2830	1180		
N ₂				5390	3960	3780	5950	3210	1290	3810	3530	1120			
LOU	N ₁	1360	2300	2830	2990	910		2780	1170	730					
	N ₂	1520	2910	4260	3610	1550		3500	1220	1440					
	N ₃	1550	3070	4440	3510	1990		3960	1240	1470					
PPO	N ₁	3070	3060	1940	(3460)			2350	2530	1740	2300	2070	480	3840	970
	N ₂	3510	3300	2570	(4470)			2780	3340	2420	2400	3480	520	4010	1770
LOU	K ₀	1490	2700	3700	3520	1540		3300	1190	1320					
	K ₁	1450	2730	3940	3380	1450		3530	1200	1130					
	K ₂	1490	2860	3900	3250	1420		3420	1230	1200					
HAM	K ₀				5000	1790	2300	5360	2810	1220	4050	2920	1230		
	K ₁				4990	1870	2280	5370	2820	1140	4180	2890	1160		
	K ₂				4980	1840	2420	5320	2890	1050	4260	2580	1120		
PPO	K ₀	3210	3270	2230	(4160)			2400	2970	2070	2200	2460	500	3640	1110
	K ₁	3320	3240	2270	(4200)			2670	2950	2180	2450	2920	510	3980	1490
	K ₂	3330	3040	2270	(3960)			2630	2890	2000	2400	2950	490	4150	1490

Kalkitus: Ca₀ = kalkitsematon, Ca₁ = kalkittu

Sadetus: S₀ = sadettamaton, S₁ = niukka sadetus (a = aikaisempi, b = myöhempi),
S₂ = runsas sadetus

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Kaliumlannoitus: K₀ = ei K-lann., K₁ = 50 kg K/sato, K₂ = 100 kg K/sato

Taulukko 4. Pintakalkituksen, sadetuksen ja typpilannoituksen vaikutus säilörehusatojen raakavalkuaispitoisuuteen, % k.a:ssa.

Koe- paikka	Käsit- tely	Vuosi ja niittokerta														
		1974			1975			1976			1977			1978		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
LOU	Ca ₀	16,8	18,1	14,4	14,4	15,6		16,8	17,1	18,3						
	Ca ₁	17,6	18,3	14,9	14,5	16,7		17,0	16,7	18,7						
HÄM	Ca ₀				13,1	17,0	17,0	13,6	17,5	22,3	15,1	14,2	20,1			
	Ca ₁				12,9	15,6	15,8	13,4	17,3	21,4	14,6	13,7	19,9			
PPO	Ca ₀	20,1	16,0	19,9	12,6	22,7		15,2	14,8	19,3	15,9	14,1	23,1	12,6	15,6	
	Ca ₁	19,4	15,2	19,6	12,2	21,9		15,3	13,3	19,1	14,2	14,1	22,0	12,8	15,7	
HÄM	S ₀				12,9	20,5	24,1	14,6	19,3	22,9	15,3	16,7	20,3			
	S ₁				12,9	17,5	17,1	13,4	16,7	21,8	14,5	13,1	20,0			
	S ₂				13,2	15,5	13,9	12,5	16,6	20,8	14,8	13,6	20,1			
PPO	S ₀	20,4	16,1	19,9	12,8	23,6		15,3	14,4	19,2	15,7	13,9	23,1	12,8	16,0	
	S _{1a}	19,6	15,4	19,5	12,1	22,2		15,1	13,7	19,0	14,7	14,8	22,1	12,8	15,4	
	S _{1b}	19,3	15,4	19,8	12,1	21,1		15,3	13,9	19,4	14,7	13,7	22,4	12,5	15,5	
LOU	N ₁	15,2	15,1	10,6	11,6	14,6		13,9	14,4	14,4						
	N ₂	17,5	19,3	15,2	14,8	17,0		17,5	18,6	19,6						
	N ₃	18,9	20,3	18,1	16,9	16,6		19,2	19,2	21,5						
HÄM	N ₁				11,1	14,4	13,3	11,7	14,2	19,2	12,4	11,8	17,6			
	N ₂				14,7	18,1	19,1	15,1	20,4	23,3	16,9	15,8	22,3			
PPO	N ₁	18,5	13,6	16,5	11,5	19,8		13,4	12,8	16,3	13,4	13,3	20,3	11,9	14,4	
	N ₂	21,1	17,7	23,0	13,1	24,7		17,0	15,3	22,1	16,6	15,0	24,8	13,6	16,9	

Kalkitus: Ca₀ = kalkitsematon, Ca₁ = kalkittu

Sadetus: S₀ = sadettamaton, S₁ = niukka sadetus (a = aikaisempi, b = myöhempi),

S₂ = runsas sadetus

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Taulukko 5. Sadetus-pintakalkitus-kaliumlannoitus-typpilannoitus -monitekijäkokeiden vuotuiset raakavaluaissadat koeyksiköittäin, kg/ha.

Vuosi	Sadetus mm	Kalkitseminen											
		Kalkitseminen					Pintakalkitus vuosittain x						
		0	3*x50	3*x100	3*x150	3*x100	K-lannoitus, kg/ha 0	3*x50	3*x100	3*x150	3*x100		
		3*x50	3*x100	3*x150	3*x50	3*x100	3*x150	3*x50	3*x100	3*x150	3*x50	3*x100	3*x150
		N-lannoitus, kg/ha											
		3*x50	3*x100	3*x150	3*x50	3*x100	3*x150	3*x50	3*x100	3*x150	3*x50	3*x100	3*x150
Lounais-Suomen koeasema													
1974	-	770	1310	1600	920	1400	1700	850	1640	1720	770	1530	1860
1975*	-	480	770	950	460	810	960	440	780	790	510	830	960
1976	-	640	1220	1240	720	1200	1370	650	1140	1420	670	1030	1340
Hämeen koeasema													
1975	-	910	1240		810	1180		790	1080		750	1020	
	32+32	1020	1720		1060	1690		1090	1660		1000	1660	
	33+32+38}	1220	2260		1160	2030		1200	2270		1120	2070	
	+31+32+35}												
1976	-	1110	1690		1210	1760		1110	1640		1190	1680	
	29+33	1250	1780		1150	1810		1140	1650		1170	1880	
	22+29+33	1140	1810		1160	1730		1080	1680		1200	1680	
1977	-	1140	1660		1130	1640		960	1480		980	1610	
	33	990	1550		940	1490		1030	1410		940	1600	
	33+19	980	1460		1040	1480		1020	1360		990	1390	
Pohjois-Pohjanmaan koeasema													
1974	-	1290	1940		1330	2020		1330	2060		1250	1940	
	30	1230	2000		1510	2040		1330	1910		1310	1800	
	30	1210	1910		1450	1850		1210	1990		1170	1770	
1975*	-	700	1080		690	1060		560	1010		590	980	
	30+30	610	900		770	1110		570	1050		460	1050	
	30+30	570	930		510	990		580	850		630	830	
1976	-	930	1560		960	1580		1000	1520		950	1670	
	30	900	1470		980	1700		840	1560		830	1460	
	30	980	1540		1040	1610		870	1560		910	1380	
1977	-	710	990		770	1100		710	1060		620	1050	
	30+30	720	1030		840	1210		800	1230		570	980	
	30+30	730	1020		830	1070		730	1060		520	820	

* Merkittyinä vuosina lannoitus ja korjuu kaksi kertaa.

Taulukko 6. Pintakalkituksen, sadetuksen ja typpilannoituksen vaikutus säilörehunurmen raakavalkuaissatoihin.

Koe- paikka	Käsit- tely	1974		1975		1976		1977		1978		Keskimäärin	
		kg/ha	s1	kg/ha	s1	kg/ha	s1	kg/ha	s1	kg/ha	s1	kg/ha	s1
LOU	Ca ₀	1297	100	709	100	1046	100					1017	100
	Ca ₁	1345	104	743	105	978	93					1022	100
HAM	Ca ₀			1355	100	1488	100	1263	100			1369	100
	Ca ₁			1316	97	1438	97	1219	96			1324	97
PPO	Ca ₀	1650	100	825	100	1256	100	925	100	719	100	1075	100
	Ca ₁	1575	95	762	92	1175	94	806	87	706	98	1005	93
HAM	S ₀			951	100	1425	100	1297	100			1224	100
	S ₁			1363	143	1506	106	1231	95			1367	112
	S ₂			1688	177	1438	101	1194	92			1440	118
PPO	S ₀	1625	100	831	100	1250	100	881	100	731	100	1064	100
	S _{1a}	1638	101	819	99	1200	96	894	101	713	97	1053	99
	S _{1b}	1575	97	725	87	1194	96	819	93	694	95	1001	94
LOU	N ₁	855	100	478	100	659	100					664	100
	N ₂	1473	172	798	167	1122	173					1131	170
	N ₃	1720	200	926	194	1296	199					1314	198
HAM	N ₁			1048	100	1175	100	987	100			1070	100
	N ₂			1623	155	1735	148	1494	151			1617	151
PPO	N ₁	1306	100	588	100	919	100	681	100	590	100	817	100
	N ₂	1913	146	994	169	1513	165	1056	155	838	142	1263	154

Kalkitus: Ca₀ = kalkitseminen, Ca₁ = kalkittu

Sadetus: S₀ = sadettamaton, S₁ = niukka sadetus (a = aikaisempi, b = myöhempi),

S₂ = runsas sadetus

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Taulukko 7. Lannoitetyypin lisäyksen näennäinen hyväksikäyttöprosentti, N_2 N_1 :een N_3 N_2 :een verrattuna.

Koepaikka	Käsittely	Vuosi ja niittokerta													
		1974			1975			1976			1977			1978	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
LOU	N_2	19	68	111	61	42	72	19	56						
	N_3	9	20	50	19	22	47	-2	11						
HAM	S_0N_2				68	10	16	82	68	18	98	40	36		
	S_1N_2				72	44	68	76	80	34	82	76	18		
	S_2N_2				90	108	76	92	80	12	80	68	10		
PPO	S_0N_2	58	54	90	(53)		52	52	76	20	96	14	20	50	
	$S_{1a}N_2$	46	56	84	(53)		42	70	96	38	86	8	38	52	
	$S_{1b}N_2$	58	54	86	(50)		52	70	72	32	82	6	28	50	
	Lannoituspäivät														
LOU		2.5.	14.6.23.7.	17.4.10.6.	6.5.	17.6.	2.8								
HAM			13.5	18.6.23.7.	5.5.	24.6.	6.8	3.5.	15.6.	9.8.					
PPO		21.5	18.6.24.7	1.7.	8.8.	2.5.	15.6.	21.7	20.5.	4.7.	18.8	16.5.	30.6.		

Typpilannoitus: N_1 = 50 kg N/sato, N_2 = 100 kg N/sato, N_3 = 150 kg N/sato
 Sadetus: S_0 = sadettamaton, S_1 = niukka sadetus (a = aikaisempi, b = myöhempi), S_2 = runsas sadetus

Taulukko 8. Pintakalkituksen ja sadetuksen sekä kalium- ja typpilannoituksen vaikutus säilörehusatojen kaliumpitoisuuteen, % k.a:ssa.

Koe- paikka	Käsit- tely	Vuosi ja niittokerta													
		1974			1975			1976			1977			1978	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
LOU	Ca ₀	2,85	3,40	2,99	2,73	1,87		3,12	2,46	2,38					
	Ca ₁	3,05	3,36	3,13	2,73	2,02		3,15	2,47	2,39					
HAM	Ca ₀				2,82	3,14	3,18	2,94	3,51	3,07	2,99	3,16	3,23		
	Ca ₁				2,82	3,06	3,20	2,93	3,36	3,01	2,96	3,11	3,19		
PPO	Ca ₀	4,30	3,82	4,14	3,00	3,57		2,63	2,95	2,86	2,77	2,78	2,87	2,47	2,41
	Ca ₁	4,24	3,78	4,06	2,87	3,41		2,56	2,74	2,77	2,61	2,70	2,69	2,50	2,44
HAM	S ₀				2,82	2,87	3,75	3,05	3,42	2,67	3,06	3,37	3,20		
	S ₁				2,79	3,10	2,96	2,89	3,48	3,18	2,93	2,98	3,16		
	S ₂				2,85	3,33	2,86	2,86	3,41	3,27	2,94	3,07	3,27		
PPO	S ₀	4,41	3,87	4,17	2,96	3,53		2,67	2,88	2,88	2,84	2,82	2,88	2,55	2,52
	S ₁	4,20	3,75	4,02	2,98	3,50		2,62	2,79	2,79	2,65	2,77	2,74	2,44	2,42
	S ₂	4,21	3,79	4,12	2,86	3,42		2,49	2,86	2,78	2,50	2,64	2,71	2,46	2,34
LOU	K ₀	2,79	3,22	2,82	2,54	1,88		2,92	2,42	2,30					
	K ₁	2,95	3,39	3,16	2,75	2,01		3,23	2,45	2,44					
	K ₂	3,11	3,53	3,19	2,90	1,95		3,24	2,53	2,42					
HAM	K ₀				2,60	2,96	3,06	2,64	3,21	2,78	2,57	2,88	2,92		
	K ₁				2,88	3,18	3,20	3,03	3,54	3,12	3,07	3,23	3,30		
	K ₂				2,98	3,15	3,31	2,89	3,56	3,21	3,30	3,31	3,41		
PPO	K ₀ N ₁	3,99	3,52	3,60	2,44	3,01		2,10	2,33	2,22	2,02	2,25	2,28	1,79	1,79
	K ₀ N ₂	4,17	3,75	4,03	2,73	3,42		2,01	2,27	2,37	1,82	1,95	2,04	1,60	1,72
	K ₁ N ₁	4,26	3,85	3,93	3,03	3,35		2,58	2,87	2,83	2,90	3,02	2,99	2,78	2,74
	K ₁ N ₂	4,34	3,90	4,46	2,94	3,83		2,81	3,10	3,08	2,84	2,80	2,99	2,44	2,41
	K ₂ N ₁	4,33	3,87	3,90	2,98	3,33		2,91	3,05	2,91	3,22	3,13	3,06	3,11	2,86
	K ₂ N ₂	4,54	4,03	4,70	3,48	3,98		3,14	3,45	3,49	3,36	3,29	3,31	3,18	3,04
LOU	N ₁	2,55	3,29	2,63	2,41	1,78		2,93	2,37	2,02					
	N ₂	3,06	3,39	3,23	2,80	2,07		3,08	2,53	2,49					
	N ₃	3,24	3,47	3,32	2,98	1,99		3,37	2,50	2,65					
HAM	N ₁				2,65	2,99	2,92	2,63	3,15	2,89	2,85	2,91	3,09		
	N ₂				2,99	3,21	3,46	3,07	3,72	3,19	3,10	3,36	3,33		

Kalkitus: Ca₀ = kalkitseminen, Ca₁ = kalkittu

Sadetus: S₀ = sadettamaton, S₁ = niukka sadetus (a = aikaisempi, b = myöhempi),

S₂ = runsas sadetus

Kaliumlannoitus: K₀ = ei K-lann., K₁ = 50 kg K/sato, K₂ = 100 kg K/sato

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Taulukko 9. Typpi- ja kaliumlannoituksen vaikutus satojen kaliummäärään ja kaliumtaseeseen sekä maan kaliumtilaan kokeen lopussa (PPO syksyllä 1977).

Koe- paikka	Käsit- tely	Satojen kaliummäärä					K-lan- noitus	Kalium- tase	Maan vaihtuva kalium Muokk.kerros	kalium Jankko	
		1974	1975	1976	1977	1978 yht.					
		kg K/ha							mg K/l		
LOU	K ₀ N ₁	227	113	203		543	0	-543	233	298	
		355	163	300		818	0	-818	230	297	
		387	184	344		913	0	-913	233	280	
	K ₁ N ₁	256	115	221		592	400	-192	288	290	
		385	182	315		882	400	-482	273	295	
		402	198	334		934	400	-534	288	300	
	K ₂ N ₁	255	127	223		605	800	+195	328	303	
		394	187	315		896	800	- 96	325	288	
		426	197	376		999	800	-199	348	290	
HAM	K ₀ N ₁	209	240	199		648	0	-648	124		
		299	294	248		841	0	-841	103		
	K ₁ N ₁	231	270	226		727	450	-277	215		
		322	325	292		939	450	-489	189		
	K ₂ N ₁	260	258	234		752	900	+148	349		
		313	351	293		957	900	- 57	322		
PPO	K ₀ N ₁	295	106	145	98	82	726	0	-726	49	80
		377	163	185	109	80	914	0	-914	39	52
	K ₁ N ₁	338	114	189	152	136	929	650	-279	130	127
		391	191	260	188	147	1177	650	-527	87	78
	K ₂ N ₁	318	112	192	154	152	928	1300	+372	288	225
		416	181	287	226	199	1309	1300	+ 9	214	175

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Kaliumlannoitus: K₀ = ei K-lann., K₁ = 50 kg K/sato, K₂ = 100 kg K/sato

Taulukko 10. Pintakalkituksen, sadetuksen ja typpilannoituksen vaikutus säilörehusatojen fosforipitoisuuteen, g/kg k.a.

Koe- paikka	Käsit- tely	Vuosi ja niittokerta														
		1974			1975			1976			1977			1978		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
LOU	Ca ₀	2,62	3,48	2,85	2,84	2,26		3,15	2,55	2,75						
	Ca ₁	2,57	3,45	2,91	2,75	2,36		3,10	2,59	2,87						
HAM	Ca ₀				2,80	2,80	3,63	2,91	3,96	3,98	3,34	3,30	3,99			
	Ca ₁				2,76	2,71	3,60	2,68	3,56	3,61	3,00	3,18	3,87			
PPO	Ca ₀	5,17	3,90	4,33	3,38	4,54		3,65	3,63	3,14	3,56	3,21	4,33	3,35	3,14	
	Ca ₁	5,04	3,73	4,25	3,11	4,15		3,43	3,31	3,06	3,12	3,21	4,25	3,36	3,14	
HAM	S ₀				2,78	2,63	4,64	2,93	3,87	3,34	3,15	3,46	3,83			
	S ₁				2,76	2,52	3,26	2,71	3,71	3,93	3,18	3,10	3,97			
	S ₂				2,81	3,12	2,06	2,73	3,70	4,12	3,19	3,16	3,98			
PPO	S ₀	5,30	3,94	4,41	3,39	4,51		3,53	3,49	3,12	3,62	3,23	4,28	3,34	3,16	
	S _{1a}	5,02	3,73	4,22	3,17	4,27		3,52	3,40	3,07	3,20	3,20	4,26	3,36	3,10	
	S _{1b}	5,00	3,78	4,23	3,19	4,25		3,58	3,51	3,12	3,21	3,20	4,33	3,35	3,16	
LOU	N ₁	2,61	3,52	2,75	2,79	2,36		3,18	2,67	2,61						
	N ₂	2,64	3,53	3,03	2,80	2,37		3,10	2,57	2,88						
	N ₃	2,54	3,36	2,87	2,80	2,20		3,02	2,46	2,95						
HAM	N ₁				2,67	2,78	3,36	2,69	3,48	3,62	3,05	3,00	3,88			
	N ₂				2,90	2,73	3,87	2,89	4,04	3,98	3,30	3,48	4,04			
PPO	N ₁	4,97	3,71	3,98	3,15	4,07		3,37	3,39	2,93	3,22	3,21	4,20	3,29	3,14	
	N ₂	5,24	3,92	4,59	3,34	4,61		3,71	3,54	3,27	3,47	3,22	4,38	3,41	3,14	

Kalkitus: Ca₀ = kalkitsematon, Ca₁ = kalkittu

Sadetus: S₀ = sadettamaton, S₁ = niukka sadetus (a = aikaisempi, b = myöhempi),
S₂ = runsas sadetus

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Taulukko 11. Pintakalkituksen sekä kalium- ja typpilannoituksen vaikutus säilörehusatojen kalsiumpitoisuuteen, g/kg k.a.

Koe- paikka	Käsit- tely	Vuosi ja niittokerta														
		1974			1975			1976			1977			1978		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
LOU	Ca ₀	2,76	3,37	2,93	2,48	3,37		2,74	3,32	4,00						
	Ca ₁	3,19	3,46	3,45	2,81	4,00		3,35	4,13	4,75						
HAM	Ca ₀				3,88	4,73	4,30	3,23	4,31	5,32	3,73	5,17	5,44			
	Ca ₁				4,00	4,88	4,66	3,38	4,67	5,92	3,98	6,07	6,30			
PPO	Ca ₀	3,92	3,03	3,08	2,84	3,78		3,48	3,43	4,05	3,51	3,37	4,83	3,14	4,48	
	Ca ₁	3,98	3,09	3,06	2,85	3,69		2,97	3,14	3,98	3,07	3,51	4,77	3,07	4,60	
LOU	K ₀	2,89	3,39	3,02	2,55	3,67		3,04	3,61	4,31						
	K ₁	3,01	3,36	3,31	2,75	3,71		3,06	3,79	4,43						
	K ₂	3,02	3,49	3,24	2,65	3,68		3,03	3,79	4,38						
HAM	K ₀				3,75	4,64	4,47	3,26	4,66	5,67	3,94	5,81	6,19			
	K ₁				3,99	4,76	4,54	3,37	4,50	5,66	3,92	5,65	5,94			
	K ₂				4,08	4,90	4,44	3,28	4,31	5,51	3,70	5,40	5,48			
PPO	K ₀	3,99	3,07	3,07	2,92	3,93		3,83	3,55	4,40	3,83	3,90	5,70	3,58	5,31	
	K ₁	4,03	3,12	3,18	2,75	3,68		2,89	3,18	3,92	3,12	3,38	4,54	2,92	4,48	
	K ₂	3,83	3,08	2,96	2,86	3,59		2,96	3,12	3,73	2,92	3,05	4,17	2,63	3,84	
LOU	N ₁	2,82	3,30	3,00	2,39	3,29		2,69	3,64	3,28						
	N ₂	3,03	3,43	3,72	2,71	3,71		2,95	3,76	3,62						
	N ₃	3,12	3,51	3,45	2,85	4,21		3,15	3,79	4,47						
HAM	N ₁				3,70	4,77	4,09	3,05	4,19	5,31	3,47	5,44	5,67			
	N ₂				4,18	4,84	4,87	3,56	4,79	5,92	4,24	5,80	6,07			
PPO	N ₁	3,82	2,96	2,96	2,84	3,71		2,77	3,07	3,93	3,03	3,46	4,48	2,87	4,37	
	N ₂	4,08	3,22	3,18	2,89	2,75		3,68	3,50	4,10	3,55	3,43	5,11	3,21	4,71	

Kalkitus: Ca₀ = kalkitsematon, Ca₁ = kalkittu

Kaliumlannoitus: K₀ = ei K-lann., K₁ = 50 kg K/sato, K₂ = 100 kg K/sato

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Taulukko 12. Pintakalkituksen sekä kalium- ja typpilannoituksen vaikutus säilörehusatojen magnesiumpitoisuuteen, g/ka k.a.

Koe- paikka	Käsit- tely	Vuosi ja niittokerta														
		1974			1975			1976			1977			1978		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
LOU	Ca ₀	1,49	1,87	1,65	1,28	1,66		1,47	1,68	1,75						
	Ca ₁	1,53	1,88	1,69	1,23	1,61		1,37	1,63	1,69						
HAM	Ca ₀				0,94	1,32	1,19	0,88	1,19	1,38	1,01	1,26	1,37			
	Ca ₁				0,95	1,33	1,26	0,99	1,36	1,56	1,07	1,35	1,42			
PPO	Ca ₀	1,41	1,34	1,43	1,12	1,62		1,18	1,44	1,43	1,26	1,34	1,77	1,20	1,56	
	Ca ₁	1,55	1,33	1,55	1,31	1,84		1,41	1,58	1,82	1,55	1,67	2,29	1,54	2,03	
LOU	K ₀	1,45	1,78	1,55	1,23	1,65		1,38	1,68	1,74						
	K ₁	1,54	1,92	1,74	1,28	1,66		1,47	1,65	1,73						
	K ₂	1,53	1,94	1,72	1,25	1,60		1,41	1,64	1,70						
LOU	N ₁	1,41	1,66	1,43	1,16	1,60		1,29	1,58	1,66						
	N ₂	1,55	1,94	1,71	1,27	1,64		1,41	1,66	1,71						
	N ₃	1,56	2,03	1,89	1,33	1,67		1,52	1,72	1,80						
HAM	K ₀ N ₁				0,85	1,32	1,16	0,86	1,25	1,51	0,99	1,31	1,38			
	N ₂				1,00	1,38	1,34	1,04	1,48	1,66	1,23	1,51	1,63			
	K ₁ N ₁				0,88	1,29	1,13	0,87	1,18	1,38	0,94	1,25	1,33			
	N ₂				1,01	1,34	1,34	1,01	1,35	1,51	1,09	1,32	1,46			
	K ₂ N ₁				0,88	1,28	1,10	0,87	1,12	1,34	0,92	1,15	1,26			
	N ₂				1,04	1,33	1,29	0,96	1,28	1,44	1,05	1,30	1,33			
PPO	K ₀ N ₁	1,40	1,20	1,36	1,20	1,66		1,32	1,58	1,70	1,50	1,67	2,23	1,56	2,12	
	N ₂	1,58	1,45	1,68	1,36	2,07		1,74	1,97	2,19	1,98	2,06	3,04	1,95	2,63	
	K ₁ N ₁	1,45	1,25	1,32	1,18	1,61		1,13	1,28	1,38	1,14	1,35	1,63	1,14	1,38	
	N ₂	1,54	1,45	1,68	1,16	1,80		1,35	1,57	1,68	1,49	1,54	2,05	1,40	2,04	
	K ₂ N ₁	1,41	1,23	1,28	1,09	1,55		1,00	1,24	1,35	1,07	1,19	1,51	1,03	1,24	
	N ₂	1,48	1,45	1,64	1,29	1,69		1,12	1,33	1,40	1,26	1,24	1,72	1,15	1,35	

Kalkitus: Ca₀ = kalkitsematon, Ca₁ = kalkittu

Kaliumlannoitus: K₀ = ei K-lann., K₁ = 50 kg K/sato, K₂ = 100 kg K/sato

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Taulukko 13. Pintakalkituksen ja sadetuksen sekä kalium- ja typpilannoituksen vaikutus säilörehusatojen kuiva-aine- ja ravinmääriin koko koeaikana keskimäärin, kg/ha/v ja suhdeluku, K/(Ca+Mg)-suhde ekvivalenttinen.

Koe- paikka	Käsit- tely	Kuiva-aine kg/ha sl	Typpi kg/ha sl	Fosfori kg/ha sl	Kalium kg/ha sl	Kalsium kg/ha sl	Magnesium kg/ha sl	K/(Ca+Mg)
LOU	Ca ₀	6320 100	165 100	18 100	182 100	18 100	11 100	2,6
	Ca ₁	6190 98	166 100	18 99	180 99	21 116	10 90	2,5
HAM	Ca ₀	8910 100	219 100	29 100	273 100	36 100	10 100	2,7
	Ca ₁	8830 99	212 97	27 92	267 98	39 108	10 106	2,5
PPO	Ca ₀	6370 100	172 100	24 100	205 100	22 100	9 100	2,8
	Ca ₁	6170 97	161 93	22 93	194 95	21 94	10 113	2,6
HAM	S ₀	7610 100	196 100	24 100	235 100	33 100	8 100	2,6
	S ₁	9070 119	219 112	28 115	273 116	39 118	10 119	2,5
	S ₂	9950 131	230 118	31 127	302 128	42 129	11 131	2,6
PPO	S ₀	6280 100	170 100	24 100	205 100	22 100	9 100	2,8
	S ₁	6370 101	168 99	23 98	202 99	22 101	10 104	2,7
	S ₂	6150 98	160 94	23 95	193 94	21 96	9 100	2,8
LOU	K ₀	6250 100	161 100	18 100	170 100	19 100	10 100	2,4
	K ₁	6270 100	168 104	18 100	185 109	20 103	11 107	2,5
	K ₂	6250 100	166 103	18 100	189 111	20 103	11 105	2,5
HAM	K ₀	8890 100	217 100	28 100	248 100	38 100	10 100	2,4
	K ₁	8920 100	216 100	28 100	278 112	38 99	10 98	2,6
	K ₂	8840 99	213 98	28 100	284 115	37 96	9 92	2,8
PPO	K ₀	6040 100	161 100	23 100	164 100	23 100	10 100	2,1
	K ₁	6440 107	172 107	24 105	211 129	22 96	9 90	2,9
	K ₂	6320 105	171 106	23 104	224 136	20 89	8 81	3,5
LOU	N ₁	5020 100	106 100	15 100	133 100	15 100	8 100	2,5
	N ₂	6670 133	181 170	20 136	195 147	22 145	11 144	2,5
	N ₃	7080 141	210 198	20 139	216 162	24 158	12 165	2,5
HAM	N ₁	8320 100	172 100	25 100	236 100	33 100	9 100	2,5
	N ₂	9440 113	259 151	31 125	319 135	43 130	11 131	2,7
PPO	N ₁	5560 100	131 100	19 100	172 100	18 100	8 100	2,8
	N ₂	6970 125	202 154	26 133	227 132	25 139	11 151	2,7

Kalkitus: Ca₀ = kalkitsematon, Ca₁ = kalkittu

Sadetus: S₀ = sadettamaton, S₁ = niukka sadetus (a = aikaisempi, b = myöhempi),
S₂ = runsas sadetus

Kaliumlannoitus: K₀ = ei K-lann., K₁ = 50 kg K/sato, K₂ = 100 kg K/sato

Typpilannoitus: N₁ = 50 kg N/sato, N₂ = 100 kg N/sato, N₃ = 150 kg N/sato

Taulukko 14. Muokkauskerroksesta kokeiden alussa ja lopussa (PPO syks. 1977) otettujen maanäytteiden pH-luku sekä vaihtuva kalsium ja magnesium. Analyysimenetelmät viljavuustutkimuksen mukaiset.

		pH(H ₂₀)	Ca mg/l	Mg mg/l
<u>Lounais-Suomi, aitosavi</u>				
Kokeen alussa keskimäärin		5,7	1670	520
Kokeen lopussa				
Kalkitsematon	N ₁	5,6	1640	520
	N ₂	5,5	1660	490
	N ₃	5,2	1660	500
Pintakalkittu	N ₁	6,0	2270	470
	N ₂	5,8	2220	480
	N ₃	5,7	2130	450
<u>Häme, karkea hieta</u>				
Kokeen alussa keskimäärin		6,0	1160	36
Kokeen lopussa				
Kalkitsematon	N ₁	6,0	1240	61
	N ₂	5,8	1130	56
Pintakalkittu	N ₁	6,4	1670	76
	N ₂	6,1	1400	63
<u>Pohjois-Pohjanmaa, hieta</u>				
Kokeen alussa keskimäärin		5,6	790	73
Kokeen lopussa				
Kalkitsematon	N ₁	5,5	670	46
	N ₂	5,4	640	44
Pintakalkittu	N ₁	5,9	850	131
	N ₂	5,8	880	153

N₁ = typpilannoitus 50 kg N/ha/sato

N₂ = " 100 " " " "

N₃ = " 150 " " " "

Tiedote n:o

- 1 Jokinen, R. 1977. Perunan magnesium- ja mangaanilannoitus. 11 p.
- 2 Jokinen, R. 1977. Kalkituksen ja runsaan kaliumlannoituksen vaikutus magnesiumlannoituksella saatavaan tulokseen. 29 p.
- 3 Tähtinen, H., Köylijärvi, J. ja Teittinen, P. 1977. Niittonurmen syyslannoitus. 12 p.
- 4 Salonen, M. ja Kähäri, J. 1977. Suoturvelisäyksen typpivaikutuksesta humusköyhässä savimaassa. 13 p.
- 5 Tähtinen, H. 1977. Perunan typpi- ja kaliumlannoitus. 21 p.
- 6 Jokinen, R. 1977. Magnesiumsulfaattilannoitus kevätiljoille. 18 p.
- 7 Kähäri, J. ja Paasikallio, A. 1978. Timotein kivennäisainepitoisuudet Suomessa kunnittain. 19 p.
- 8 Yhteisphjoismainen kalkitusseminaari Savonlinnassa 24.-25.5.1978. 100 p.
- 9 Tähtinen, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. 42 p.
- 10 Jaakkola, A. 1979. Kalkkikivijauheen, dolomiittikalkin ja terässulaton kuonan vertailu. 18 p.
- 11 Jokinen, R. 1979. Talkkiteollisuuden sivutuotemaanparannusaineena ja magnesiumlannoitteena. 16 p.
- 12 Jaakkola, A. 1980. Olkien, olkituhkan ja sokerijuurikkaan naattien arvo kaliumlannoitteina. 14 p.
- 13 Jaakkola, A. 1980. Astiakoe ohran typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitustarpeen osoittajana.
Sippola, J. ja Jaakkola, A. 1980. Maasta eri menetelmillä määritetyt typpi, fosfosri ja kalium lannoitustarpeen osoittajina astia- ja kenttäkokeissa. 42 p.
- 14 Kempainen, E. ja Heimo, M. 1981. Karjanlannan hyväksikäytön tehostaminen. Kirjallisuustutkimus. 89 p.
- 15 Saarela, I., Hakkola, H., Linnomäki, H. ja Köylijärvi, J. 1981. Nurmen pinta-kalkitus, sadetus, typpi- ja kaliumlannoitus. Monitekijäkokeiden tuloksia. 37 p.

