

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANTUTKIMUSLAITOS

Tiedote N:o 12 1980

SULFAATTIMAAN SADETUKSESTA JA KALKITUKSESTA

Väinö Mäntylähti

SULFAATTIMAAN SADETUKSESTA JA KALKITUKSESTA

Väinö Mäntylähti

ISSN 0357-900X

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä tutkittiin, voidaanko sadettamalla huuhtoa sulfaattimaan rikkiä maaprofiilissa alaspäin ja siten vähentää maan kalkitustarvetta ja nopeuttaa sulfaattimaiden viljelykseen ottoa. Lisäksi tutkittiin sadetuksen ja kalkituksen vaikutusta satoon sekä maaprofiilin happamuuteen, johtolukuun ja eräiden makroravinteiden pitoisuuksiin. Koe suoritettiin Korsholman koulutilalla Etelä-Pohjanmaalla vuosina 1974-77.

Kalkitsemattoman koekentän kaurasato oli keskimäärin 2040 kg/ha. Kalkituksella (10 t/ha dolomiittikalkkia) saatiin ensimmäisenä koevuotena 1040 kg/ha, toisena 840 kg/ha ja kolmantena 20 kg/ha sadonlisäys. Dolomiittikalkkimäärän kaksinkertaistaminen ei merkitsevästi kohottanut sadonlisäyksiä. Sadetuksella ei ollut merkitsevää vaikutusta satotulokseen.

Kalkitsemattomalla koekentällä happamuus oli keskimäärin pH 4,2 profiilikerroksessa 0-10 cm. Kalkituksen vaikutuksesta (20 t/ha dolomiittikalkkia) se kohosi lukemaan pH 5,7. Vastaavat arvot kerroksessa 10-20 cm olivat pH 4,0 ja pH 4,8. Sadetuksella ei ollut selvää vaikutusta maaprofiilin happamuuteen.

Kalkitsemattoman koekentän vaihtuvan kalsiumin pitoisuus oli keskimäärin 75 mg/l maata 0-10 cm profiilikerroksessa. Kalkitus (10 t/ha dolomiittikalkkia) kohotti pitoisuuden lukemaan 387 mg/l. Kaksinkertaisen kalkituksen saaneissa koejäsenissä pitoisuus oli kokeen päättyessä 667 mg/l. Sadetus aiheutti lievää kalsiumin huuhtoutumista 0-10 cm kerroksesta 10-20 cm profiilikerrokseen.

Kalkituksen vaikutuksesta muokkauskerroksen vaihtuvan magnesiumin pitoisuus kohosi lukemasta 122 mg/l lukemaan 298 mg/l, kun käytetty dolomiittikalkkimäärä oli 10 t/ha. Kaksinkertainen dolomiittikalkkimäärä kohotti pitoisuuden lukemaan 398 mg/l. Sadetus ei vaikuttanut maaprofiilin vaihtuvan magnesiumin pitoisuuteen.

Kalkitus ja sadetus alensivat lievästi, mutta eivät tilastollisesti merkitsevästi muokkauskerroksen uuttuvan sulfaattirikin pitoisuutta.

Kalkituksella ja sadetuksella ei ollut vaikutusta maaprofiilin johtolukuun, fosfori- eikä kaliumpitoisuuteen.

JOHDANTO

Jääkauden jälkeisen Itämeren kehitysvaiheille oli ominaista veden suolapitoisuuden vaihtelu. Tämä vaikutti osaltaan veden kasvi- ja eliökunnan lajistoon ja runsauteen. Itämeren kehitysvaiheista Litorinameri edusti suolaisen veden vaihetta ja siihen kerrostuneille sedimenteille ovat ominaisia korkea rautasulfidipitoisuus ja huomattava orgaanisen aineksen määrä. Tämän vaiheen aikana tai sen jälkeen suolaiseen veteen kerrostuneet sedimentit muodostavat maamme sulfaattimaat.

Sulfaattimaiden sedimentteihin rikki on kertynyt vedessä olleista sulfaateista sekä kasvi- ja eläinkunnan valkuaisaineista. Anaerobisissa olosuhteissa rikkiyhdisteet ovat pelkistyneet rikkibakteerien vaikutuksesta sulfidirikiksi ja tämä esiintyy pohjasedimenteissä yleisesti rautasulfidina (RICKARD 1973).

Aerobisiin olosuhteisiin joutuessaan orgaaninen rikki, vapaa rikki (hapetusasteella nolla) ja sulfidit hapettuvat sulfaateiksi (PONNAMPERUMA 1972). Näihin hapettumisreaktioihin liittyy protonien vapautuminen ja siten on seurauksena maan happamuuden lisääntyminen (VAMOS 1959, BOHN ym. 1969). Reaktioihin saattaa liittyä sekä kemiallisia että biologisista tekijöistä johtuvia hapetusvaiheita (STARKEY 1966).

Sulfaattimaiden osuus Suomen viljelypinta-alasta on noin 1,5 % (PUROKOSKI 1959 b). Valtaosa näistä sijaitsee Etelä-Pohjanmaalla. ERVIÖN (1975) mukaan esimerkiksi Kyrönjoen valuma-alueella sulfaattimaiden osuus on 19 % viljelypinta-alasta.

Suomen viljelysmaiden happamaan ammoniumasetattiin uuttuvan sulfaattirikin pitoisuus on keskimäärin 7 - 8 mg/l maata, kun uutto suoritetaan ilmakeivista maista (KORKMAN 1973). Sulfaattimailla vastaavat pitoisuudet ovat keskimäärin 35 - 65 mg/l (ERVIÖ 1975). Tällöin sulfaattimaiksi on määritelty maat, joissa $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ on alle 5 ja happamaan ammoniumasetattiin uuttuvan sulfaattirikin määrä on yli 100 mg/l, kun näyte on otettu 50 - 70 cm syvyydeltä ja määrittäminen tehty ilmakeivästä maasta (ERVIÖ 1975).

Rikin hapettumisreaktioiden aiheuttamaa happamuuden lisääntymistä on pyritty vähentämään kalkituksella. Tämän työn tarkoituksena oli tutkia, voidaanko sadettamalla vähentää rikin haitallista kohoamista maan pintakerrokseen huuhtomalla sitä alaspäin ja siten vähentää sulfaattimaiden kalkitustarvetta.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Sulfaattimaiden sadetus- ja kalkituskoe perustettiin vuonna 1974 Korsholman koulutilalle Etelä-Pohjanmaalle. Koelohko oli avo-ojitettu eikä sitä oltu aikaisemmin viljelty. Alue oli ennen kokeen perustamista kynnetty ja kesannoitu. Koe perustettiin osaruutukoena, jossa kalkitus, dolomiittikalkki II 0, 10 ja 20 t/ha, oli pääruutuina ja sadetus, 0, 2 x 30 ja 4 x 30 mm vuodessa, osaruutuina. Ruutukoko oli 100 m² ja kerranteita oli 3.

Sadetukseen käytetty vesi otettiin koealueelta. Sen pH oli 3,8 ja se sisälsi rikkiä 46 mg/l.

Koealue kesannoitiin vuonna 1975. Vuosina 1976 ja 1977 sadetus toistettiin samanlaisena kuin ensimmäisenäkin koevuotena.

Koekasvina oli Pendek-kaura. Koealue lannoitettiin koekäsittelyjen lisäksi seuraavasti:

- v. 1974 450 kg/ha Booripitoista Super Y-lannosta (NPK 10-8,7-16,6)
- v. 1976 400 kg/ha Normaalial Super Y-lannosta (NPK 15-8,7-12,5)
- v. 1977 400 kg/ha Normaalial Super Y-lannosta (NPK 15-8,7-12,5)

Koekentältä otettiin profiilinäytteet 0-60 cm (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 ja 50-60 cm) perustamisvuonna (1974) ennen lannoitteiden levitystä sekä uudet näytteet syksyllä 1977 kokeen päätyttyä.

Maanäytteiden pH määritettiin maa-vesilietoksesta (1:2,5) vuorokauden seisotuksen jälkeen sekoitetuista näytteistä. Liukoisten suolojen pitoisuutta kuvaava johtoluku (johtavuus x 10² S/m) mitattiin samasta lietoksesta ennen sekoitusta. Epäorgaanisen aineksen lajitekoostumus määritettiin pipettimenetelmällä (ELONEN 1971). Orgaaninen hiili määritettiin ns. ALTENin märkäpolton muunnoksena (TARES ja SIPPOLA 1978). Profiilinäytteiden uutto suoritettiin viljavuusmenetelmällä ilmakeivista maista (VUORINEN ja MÄKITIE 1955). Samas-

ta suodoksesta määritettiin Ca, Mg, K ja P lisäksi sulfaattirikki turbidimetrisesti (GREWELING 1976).

SATOTULOKSET

Satotulosten mukaan kalkituksella oli satoa kohottava vaikutus kahden ensimmäisenä koevuotena. Viimeisenä koevuotena sadonlisäykset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 1). Dolomiittikalkkimäärällä 10 t/ha saatiin ensimmäisenä koevuotena sadonlisäystä 1040 kg/ha, toisena 840 kg/ha ja kolmantena 20 kg/ha. Dolomiittikalkkimäärän kaksinkertaistaminen ei merkitsevästi kohottanut sadonlisäyksiä.

Taulukko 1. Sulfaattimaan sadetus- ja kalkituskokeen kauran jyväsadot kg/ha. Satotulokset on testattu vuosittain ja samalla kirjaimella varustetut tulokset eivät eroa toisistaan riskitasolla $P=0,05$.

Koe- vuosi	Sadetus mm	Dolomiittikalkkia t/ha		
		0	10	20
1974	0	1690 ^b	2730 ^a	2870 ^a
	2 x 30	1830 ^b	3220 ^a	2780 ^a
	4 x 30	1960 ^b	3280 ^a	2790 ^a
1976	0	2430 ^b	3270 ^a	3590 ^a
	2 x 30	2350 ^b	3240 ^a	3250 ^a
	4 x 30	2620 ^b	3260 ^a	3310 ^a
1977	0	1990 ^a	2010 ^a	2100 ^a
	2 x 30	1900 ^a	2240 ^a	2340 ^a
	4 x 30	1940 ^a	2080 ^a	2140 ^a

Sadetuksella ei saatu minään koevuotena tilastollisesti merkitseviä sadonlisäyksiä (taulukko 1). Myöskään eri kalkitustasoilla sadetuksella ei ollut vaikutusta satotulokseen.

MAA-ANALYYSIT

Maanäytteet otettiin kokeen perustamisvaiheessa koko koekentältä 6 näytteenottopisteestä. Kokeen päätyttyä näytteet otettiin jokaiselta ruudulta yhdestä pisteestä. Määritykset tehtiin ilmakeivista näytteistä.

Lajitekoostumus ja orgaaninen hiili

Koekentän epäorgaanisen aineksen lajitekoostumus oli melko samanlainen eri profiilikerroksissa. Saveksen osuus oli 0-10 cm kerroksessa noin 35 %, hiesun 45 %, hienon hiedan 16 % ja karkean hiedan 3 %.

Orgaanisen hiilen pitoisuus oli muokkauskerroksessa (0-20 cm) noin 8 %. Pohjamaan orgaanisen hiilen pitoisuuden perusteella koekenttä oli liejusavea.

Koska maaprofiilissa orgaanisen hiilen pitoisuus vaihteli huomattavasti, ilmoitettiin analyysitulokset massayksikköinä maan tilavuusyksikköä kohti.

Happamuus

Koekentän profiilinäytteissä happamuus vaihteli vähän, pH 3,7 - 3,9 kokeen aloitusvaiheessa (taulukko 2).

Kalkituksella saatiin koekentän pH kohoamaan 0-10 cm kerroksessa keskimäärin 1,0 pH-yksikköä, kun dolomiittikalkkia käytettiin 10 t/ha. Vastaavasti kaksinkertainen dolomiittikalkkimäärä vähensi happamuutta keskimäärin 1,3 pH-yksikköä (taulukko 2). Tosin käytettyjen dolomiittikalkkimäärien vaikutusten välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kalkituksen vaikutus näkyi myös 10-20 cm profiilikerroksessa, mutta ei enää tätä syvempänä.

Sadetuksella ei ollut merkitsevää vaikutusta kalkitsemattomien koe-

Taulukko 2. Sulfaattimaan sadetus- ja kalkituskokeen happamuus maaprofiilissa aloitusvuonna 1974 ja kokeen päättyessä 1977. Samalla kirjaimella varustetut tulokset eivät eroa toisistaan riskitasolla $P=0,05$.

Syvyys cm	pH(H ₂ O) koetta perustettaessa	Sadetus mm	pH(H ₂ O) kokeen päättyessä Dolomiittikalkkia t/ha		
			0	10	20
0-10	3,9 ^A	0	4,4 ^{efg}	5,4 ^{ab}	5,7 ^a
10-20	3,8 ^A		4,0 ^{ghij}	4,5 ^{ef}	4,8 ^{cde}
20-30	3,8 ^A		3,8 ^{ij}	3,9 ^{hij}	3,9 ^{hij}
30-40	3,7 ^B		3,8 ^{ij}	3,8 ^{ij}	3,8 ^{ij}
40-50	3,8 ^A		3,8	3,8	3,8
50-60	3,8 ^A		3,8	3,9	3,8
0-10		2 x 30	4,2 ^{fghi}	5,1 ^{bc}	5,1 ^{bc}
10-20			3,9 ^{hi}	4,3 ^{fgh}	4,6 ^{def}
20-30			3,8 ^{ij}	3,7 ^j	3,8 ^{ij}
30-40			3,8 ^{ij}	3,9 ^{hij}	3,7 ^j
0-10		4 x 30	4,2 ^{fghi}	5,0 ^{bcd}	5,8 ^a
10-20			3,9 ^{hij}	4,6 ^{def}	5,1 ^{bc}
20-30			3,7 ^j	3,9 ^{hij}	3,8 ^{ij}
30-40			3,7 ^j	3,8 ^{ij}	3,7 ^j
40-50			3,7	3,8	3,8
50-60			3,8	3,9	3,9

jäsenten happamuuteen. Neljästi kasvukauden aikana suoritetulla sadetuksella oli tosin lievä happamuutta vähentävä vaikutus kalkitustasolla 20 t/ha profiilikerroksessa 10-20 cm, mutta tällöinkään ero sadettamattomaan ei ollut merkitsevä.

Johtoluku

Perustamisvuoden profiilinäytteissä johtoluku vaihteli välillä 3,7 - 8,1. Lukemat olivat sitä suurempia mitä syvemmästä kerroksesta oli kysymys.

Kalkituksella ei ollut vaikutusta johtolukuun. Myöskään sadetuksella ei ollut merkittävää vaikutusta, joskin keskiarvojen perusteella sadettamattoman alueen johtoluku 3,1 aleni 2x 30 mm sadetuksella lukemaan 2,8 ja 4x 30 mm sadetuksella lukemaan 2,5 profiilikerroksessa 0-10 cm. Sama lievä suuntaus oli todettavissa profiilikerroksissa 10-20 cm ja 20-30 cm.

Kalsium

Happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvan kalsiumin pitoisuus oli maaprofiilin pintakerroksessa (0-20 cm) 36 mg/l kokeen perustamisvaiheessa. Mitä syvemmästä kerroksesta oli kysymys, sitä suurempia olivat vaihtuvan kalsiumin pitoisuudet. Profiilikerroksessa 50-60 cm pitoisuus oli keskimäärin 238 mg/l maata.

Kokeen päätyttyä kalkitsemattoman alueen vaihtuvan kalsiumin pitoisuus 0-10 cm profiilikerroksessa oli keskimäärin 75 mg/l. Dolomiittikalkkimäärä 10 t/ha nosti pitoisuuden lukemaan 387 mg/l ja kaksinkertainen kalkitusainemäärä lukemaan 667 mg/l. Vastaavasti profiilikerroksessa 10-20 cm uuttuvaa kalsiumia oli kalkitsemattomassa koejäsenessä 33 mg/l sekä kalkituskäsittelyt saaneissa tapauksissa 83 mg/l ja 200 mg/l.

Sadetus aiheutti kalsiumin huuhtoutumista 0-10 cm profiilikerroksesta 10-20 cm kerrokseen. Tosin erot tässäkin tapauksessa eivät olleet tilastollisesti merkittäviä, mutta keskiarvojen perusteella 0-10 cm kerroksessa oli vaihtuvaa kalsiumia 376 mg/l sadettamattomalla alueella kaikkien kalkituskäsittelyjen keskiarvona. Vastaavasti 2x 30 mm sadetuksen saaneella alueella pitoisuus oli 250 mg/l ja 4x 30 mm sadetuksen saaneella 267 mg/l. Profiilikerroksessa 10-20 cm pitoisuudet olivat vastaavasti 105, 134 ja 189 mg/l maata.

Fosfori

Happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvan fosforin pitoisuus vaihteli maaprofiilissa 5,8 - 7,6 mg/l kokeen perustamisvaiheessa.

Kokeen päättyessä kalkitseemattoman koejäsenen fosforipitoisuus oli 6,9 mg/l. Kalkitus, 10 t/ha dolomiittikalkkia, alensi pitoisuuden lukemaan 5,6 mg/l ja kaksinkertainen dolomiittikalkkimäärä lukemaan 4,6 mg/l. Muutokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä riskitasolla $P=0,05$. Sen sijaan sadetetuilla koejäsenillä, 4x 30 mm vuodessa, kalkitus alensi uuttuvan fosforin pitoisuuden arvosta 9,4 mg/l arvoihin 5,0 mg/l ja 5,1 mg/l profiilikerroksessa 0-10 cm, kun käytetyt dolomiittikalkkimäärät olivat 10 ja 20 t/ha. Ero oli tilastollisesti merkitsevä 95 % todennäköisyydellä.

Kalium

Happamaan ammoniumasetattiin uuttuvan kaliumin pitoisuus kohosi siirryttäessä vertikaalisuunnassa muokkauskerroksesta alaspäin. Profiilikerroksessa 0-10 cm pitoisuus oli 103 mg/l ja vastaavasti 50-60 cm kerroksessa 283 mg/l.

Kalkituksella oli lievä positiivinen vaikutus 0-10 cm profiilikerroksen kaliumpitoisuuteen sadettamattomissa koejäsenissä, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Sadetuksella ei ollut vaikutusta kalkitseemattoman kentän vaihtuvan kaliumin pitoisuuteen. Sen sijaan kalkitustasolla 20 t/ha sadetus alensi vaihtuvan kaliumin pitoisuuden lukemasta 150 mg/l keskimäärin lukemaan 88 mg/l. Ero oli tilastollisesti merkitsevä 95 % todennäköisyydellä.

Magnesium

Happamaan ammoniumasetattiin uuttuvan magnesiumin pitoisuus oli 0-10 cm profiilikerroksessa keskimäärin 50 mg/l koetta perustettaessa. Syvyysuunnassa pitoisuus kohosi siten, että 50-60 cm kerroksessa se oli 235 mg/l.

Kalkitus aiheutti vaihtuvan magnesiumin pitoisuuden kohoamisen.

Kalkitsemattoman koejäsenen keskimääräisestä arvosta 122 mg/l se kohosi 10 t/ha dolomiittikalkkimäärällä lukemaan 298 mg/l ja vastaavasti kaksinkertaisella dolomiittikalkkimäärällä arvoon 398 mg/l. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä tässä 0-10 cm profiilikerroksessa. Sama suuntaus todettiin 10-20 cm kerroksessa, jossa kalkitsemattoman koejäsenen lukema 78 mg/l kohosi vastaavasti arvoihin 157 ja 255 mg/l.

Sadetuksella ei ollut vaikutusta koekentän profiilinäytteiden vaihtuvan magnesiumin pitoisuuteen.

Sulfaattirikki

Kokeen perustamisvaiheessa todettiin happamaan ammoniumasetattiin uuttuvaa rikkiä olevan 0-10 cm profiilikerroksessa keskimäärin 543 mg/l. Vastaava pitoisuus 50-60 cm syvyydessä oli 1010 mg/l (taulukko 3).

Kalkitus, 10 t/ha dolomiittikalkkia, alensi sadettamattomalla kentällä uuttuvan sulfaattirikin pitoisuuden lukemasta 445 mg/l lukemaan 249 mg/l. Kaksinkertainen dolomiittikalkkimäärä alensi pitoisuuden vastaavasti lukemaan 293 mg/l. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 3).

Sadetuksen saaneissa koejäsenissä kalkituksen vaikutus uuttuvan sulfaattirikin pitoisuuteen oli samansuuntainen kuin sadettamattomien koejäsenissä (taulukko 3).

Sadetuksella ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta profiilinäytteiden uuttuvan sulfaattirikin pitoisuuksiin (taulukko 3).

TULOSTEN TARKASTELUA

Kun luonnontilaisia sulfaattimaita otetaan viljelykseen, on aluksi huolehdittava niiden kunnollisesta ojituksesta (KIVINEN 1944). Tällä tavoin estetään happamuutta aiheuttavien suolojen kulkeutuminen

Taulukko 3. Sulfaattimaan sadetus- ja kalkituskokeen SO_4^{2-} -S mg/l maaprofiilissa aloitusvuonna 1974 ja kokeen päättyessä 1977. Samalla kirjaimella varustetut tulokset eivät eroa toisistaan riskitasolla $P=0,05$.

Syvyys cm	SO_4^{2-} -S mg/l koetta pe- rustettaessa	Sadetus mm	SO_4^{2-} -S mg/l kokeen päättyessä		
			Dolomiittikalkkia t/ha		
			0	10	20
0-10	543 ^D	0	445 ^{ghijk}	249 ^k	293 ^{jk}
10-20	616 ^{CD}		617 ^{bcdefghi}	557 ^{defghij}	621 ^{bcdefghi}
20-30	718 ^{BC}		736 ^{abcdef}	776 ^{abcde}	710 ^{abcdef}
30-40	826 ^{AB}		854 ^{ab}	891 ^{ab}	807 ^{abcd}
40-50	972 ^A		958	923	900
50-60	1010 ^A		1118	1109	1028
0-10		2 x 30	485 ^{fghijk}	263 ^k	391 ^{ijk}
10-20			508 ^{efghijk}	650 ^{bcdefgh}	695 ^{abcdefg}
20-30			721 ^{abcdefg}	799 ^{abcd}	875 ^{ab}
30-40			976 ^a	848 ^{abc}	975 ^a
0-10		4 x 30	367 ^{ijk}	250 ^k	249 ^k
10-20			577 ^{cdefghi}	413 ^{hij}	358 ^{ij}
20-30			737 ^{abcdef}	743 ^{abcdef}	780 ^{abcde}
30-40			785 ^{abcde}	822 ^{abcd}	781 ^{abcde}
40-50			870	778	901
50-60			1174	822	894

pohjaveden mukana muokkauskerrokseen ja toisaalta edistetään niiden huuhtoutumista ojastoon. Tämän huuhtoutumisvaiheen katsotaan kestävän vähintään 5-10 vuotta (ANON. 1973). Toinen tärkeä edellytys sulfaattimaan viljelykuntoon saattamiseksi on riittävä kalkitus (PUROKOSKI 1959 a, KERÄNEN ja HONKAVAARA 1972).

Tässä tutkimuksessa koe perustettiin avo-ojitetulle, kalkitsemattomalle ja viljelemättömälle sulfaattimaalle. Tarkoituksena oli tutkia, voidaanko sadettamalla vähentää rikin haitallista kohoamista maan pintakerrokseen huuhtomalla sitä alaspäin ja siten vähentää sulfaattimaiden kalkitustarvetta. Samalla pyrittiin selvittämään

sadetuksen ja kalkituksen vaikutus satoon sekä maaprofiilin happamuuteen, johtolukuun ja eräiden makroravinteiden pitoisuuksiin.

Käsittelemättömien koeruutujen satotulokset olivat yleisesti samaa tasoa kuin muissakin samantyyppisissä kokeissa (PUROKOSKI 1959 a, KERÄNEN ja HONKAVAARA 1972).

Koekentän profiilianalyysit osoittivat kentän epätasaiseksi orgaanisen hiilen pitoisuuden osalta. Tämä vaihteli 0-10 cm kerroksessa 6,1 - 9,1 %, 10-20 cm kerroksessa 3,5 - 12,8 % ja 20-30 cm kerroksessa 2,4 - 12,3 %. Tätä syvemmissä kerroksissa erot olivat vähäisiä. Syynä muokkauskerroksen epätasaisuuteen saattoi olla kivennäismaan epätasainen sekoittuminen pintakerrokseen vain muutamien kyntö- ja muokkauksetojen suorittamisen takia. Samantapaista heterogeenisuutta oli KERÄSEN ja HONKAVAARAN (1972) mukaan Laihialla 40 vuotta jatkuneessa kokeessa sulfaattimaalla. Epäorgaanisen aineksen osalta tämän tutkimuksen kohteena ollut kenttä oli kohtalaisen tasainen.

Dolomiittikalkkimäärällä 10 t/ha saadut sadonlisäykset olivat huomattavia kahtena ensimmäisenä koivuotena. Tulokset olivat samansuuntaisia mm. PUROKOSKEN (1959 a, b) sekä KERÄSEN ja HONKAVAARAN (1972) tulosten kanssa. Dolomiittikalkkimäärän kaksinkertaistaminen ei merkitsevästi enää vaikuttanut satotulokseen 10 t/ha dolomiittikalkkimäärään verrattuna. Tulos poikkesi tältä osin muista sulfaattimaiden kalkituskoetuloksista (PUROKOSKI 1959 a, KERÄNEN ja HONKAVAARA 1972).

Profiilikerroksen 0-10 cm pH kohosi 10 t/ha dolomiittikalkkimäärän vaikutuksesta 1,0 pH-yksikköä ja kaksinkertaisella kalkitusainemäärällä vastaavasti 1,3 pH-yksikköä. Vastaavat muutokset 10-20 cm kerroksessa olivat 0,5 ja 0,8 pH-yksikköä (kuva 1).

Kalkituksella oli vaikutusta muokkauskerroksen viljavuusmenetelmällä uuttuvan kalsiumin pitoisuuteen (kuva 1). Tosin vaikutus jäi vähäiseksi, sillä lisätystä kalsiumista saatiin uuttumaan 0-20 cm profiilikerroksesta noin 9 - 14 %. Mahdollisesti osa dolomiittikalkin kalsiumista saostui niukkaliukoisina sulfaatteina eikä siten

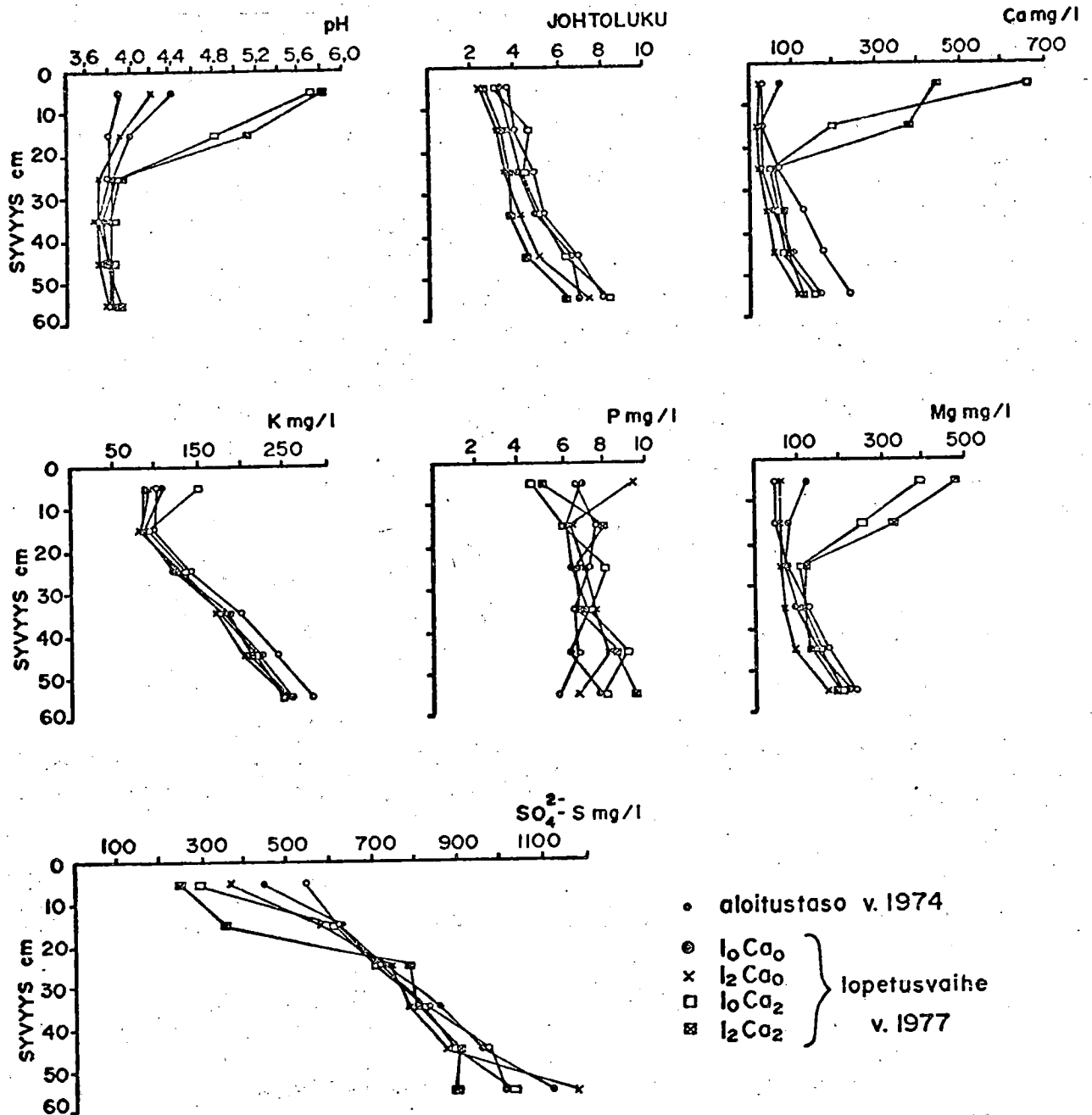
ollut uutettavissa käytetyllä uuttonesteellä. Tulos erosi tässä suhteessa huomattavasti Laihian sulfaattimaakokeesta, jossa vielä 40 vuoden kuluttua 33 - 57 % annetusta kalsiumista oli happamaan ammoniumasetattiin uuttuvassa muodossa (KERÄNEN ja HONKAVAARA 1972).

Kalkituksen vaikutuksesta muokkauskerroksen magnesiumpitoisuus kohosi huomattavasti (kuva 1). Tämä johtui ilmeisesti dolomiittikalkin sisältämästä magnesiumista. Kokeen päätyttyä maan magnesiumpitoisuuden kohoaminen 0-20 cm profiilikerroksessa vastasi noin 28 - 32 % tähän kerrokseen annetusta magnesiumista.

Maaprofiilin johtolukuun, fosfori- ja kaliumpitoisuuteen kalkituksella ei ollut sanottavaa vaikutusta (kuva 1). Mahdolliset pienet erot saattoivat johtua satojen ottamien ravinnemäärien aiheuttamista eroista.

Kalkitus aiheutti 0-10 cm profiilikerroksessa happamaan ammoniumasetattiin uuttuvan sulfaattirikin pitoisuuden alenemisen (kuva 1). Suuresta hajonnasta johtuen erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Koko tutkitussa profiilikerroksessa aleni uuttuvan sulfaattirikin pitoisuus kalkituksen vaikutuksesta (10 t/ha dolomiittikalkkia) noin 5 % ja kaksinkertaisella kalkitusainemäärällä 8 %. Sadetuksen vaikutuksesta vastaava muutos oli kalkitsemattomalla kentällä noin 5 % ja kalkituilla koeruuduilla 15 % ja 9 % (taulukko 3). Todettu suuntaus johtui mahdollisesti osaksi sulfaattirikin saostumisesta kalsiumsulfaattina. Tosin uuttuvan sulfaattirikin pitoisuuden aleneminen 0-20 cm profiilikerroksessa keskimäärin 130 mg/l, kun käytetty dolomiittikalkkimäärä oli 10 t/ha, merkitsisi vain noin 10 % tähän kerrokseen annetun kalkitusaineen sisältämästä kalsiumista. Kun toisaalta dolomiittikalkin kalsiumista uuttui happamaan ammoniumasetattiin 97 % kalkitusta ja maanäytteidien uuttoa vastaavissa olosuhteissa, niin tämän mukaan dolomiittikalkin sisältämästä kalsiumista oli sitoutunut mahdollisten sulfaattisaostumien lisäksi happamaan ammoniumasetattiin uuttumattomaan muotoon 73 - 78 %.

Sadetuksella ei ollut vaikutusta satoon eikä maaprofiilin kemialli-



Kuva 1. Sadetuksen (I₂), 4 x 30 mm vuodessa, ja kalkituksen (Ca₂), 20 t/ha dolomiittikalkkia, vaikutus sulfaattimaan kemiallisiin ominaisuuksiin.

siin ominaisuuksiin. Maan kosteusmittausten mukaan kasvusto ei karsinyt veden puutteesta, sillä sadetusajankohtina maan kosteus oli lähellä kenttäkapasiteettia tai selvästi tätä suurempi. Toisaalta sadetusvesi otettiin koealueen läheisyydestä, joten se saattoi vaikuttaa negatiivisesti koekäsittelyihin, koska se todettiin happamaksi (pH 3, 8) ja sisälsi rikkiä 46 mg/l. Sadetettaessa 2 x 30 mm tuli siten kasteluveden mukana rikkiä 27,6 mg maaprofiilin dm^2 kohti. Maa-analyysitulosten perusteella tätä rikkilisäystä ei voitu todeta. Kun sadetusmäärä oli 4 x 30 mm, tuli kasteluveden mukana rikkiä 55,2 mg/dm^2 . Myöskään tätä ei voitu havaita maa-analyysitulosten perusteella.

Sadetuksen vaikutuksesta kalsiumpitoisuuksissa oli nähtävissä keskiarvojen perusteella kalsiumin siirtymistä 0-10 cm profiilikerroksesta 10-20 cm kerrokseen sadetuksen vaikutuksesta (kuva 1), mutta hajonnasta johtuen erot eivät olleet merkitseviä. Samoin sadetus aiheutti lievää sulfaattirikin pitoisuuden alenemista muokkauskerroksessa, mutta tämäkään muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä (kuva 1). Ilmeisesti sadetuksessa käytetty suurin vesimäärä, 4 x 30 mm vuodessa, ei ollut riittävän suuri aiheuttamaan sulfaattien merkittävää huuhtoutumista profiilikerroksessa alaspäin. Huuhtoutumiskokeissa sulfaattirikin on todettu liikkuvan helposti alaspäin (ANON. 1973), mutta tällöin käytetyt vesimäärät ovat olleet suuria. GREGGIN ja GOHIN (1979) mukaan lannoitteena annettun sulfaattirikin liikkuminen maaprofiilissa riippuu ratkaisevasti sääoloista ja maalajista.

Tämän tutkimuksen mukaan sadetuksella ei ratkaisevasti kyetty vaikuttamaan maaprofiilin sulfaattirikkipitoisuuksiin. Koska sulfaattimääritykset tehtiin ilmakeivillä maanäytteistä, ei näiden tulosten perusteella voida arvioida, oliko sadetuksella mahdollisesti vaikutusta sulfidien liikkumiseen. Näiden havaintojen perusteella ei sulfaattimaan sadetuksella voida korvata happamuuden vähentämiseksi tarvittavaa kalkitusta eikä se riitä tutkitun koejakson mittaisena aikana aiheuttamaan olennaista muutosta muokkauskerroksen sulfaattirikkipitoisuuksissa.

KIRJALLISUUTTA

- ANON. 1973. Vesihallituksen Vaasan vesipiirin selvitys Kyrönjoen edustan merialueen kalakuolemien syistä. Moniste, 101 p.
- BOHN, H. L., FENN, D. B. & MOORE, W. J. 1969. Electrode potentials of nitrogen and sulfur half-reactions. *Soil Sci.* 108:95-101.
- ELONEN, P. 1971. Particle-size analysis of soils. *Acta Agr. Fenn.* 122:1-122.
- ERVIÖ, R. 1975. Kyrönjoen vesistöalueen rikkipitoiset viljelysmaat. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 47:550-561.
- FROSTERUS, B. 1914. Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten V. *Geol. Komm. Finland Geotekn. Medd.* 14:1-124.
- GREGG, P. E. H. & GOH, K. M. 1979. Field studies with radioactive sulphur-labelled gypsum fertilizer. *N. Z. J. Agric. Res.* 22: 425-429.
- GREWELING, T. 1976. Sulfur as barium sulfate, turbidimetrically. *Search Agriculture, Agronomy* 6,8:15-16.
- KERÄNEN, T. & HONKAVAARA, T. 1972. Kalkituskoeläihialla vuosina 1928-67. *Kehittyvä Maatalous* 6:15-39.
- KIVINEN, E. 1944. Aluna- eli sulfaattimaista. *Maatal.tiet. Aikak.* 16:147-161.
- KORKMAN, J. 1973. Sulphur status in Finnish cultivated soils. *J. Scient. Soc. Finl.* 45:121-214.
- PONNAMPERUMA, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.* 24:29-96.
- PUROKOSKI, P. 1959 a. Kalkituksen vaikutuksesta rannikkoseudun rikkipitoisissa maissa. *Agrogeol. Julk.* 72:1-21.
- 1959 b. Rannikkoseudun rikkipitoisista maista. *Agrogeol. Julk.* 74:1-27.
- RICKARD, D. T. 1973. Sedimentary iron sulphide formation. *Intern. Inst. Land Reclamation Improvement. Publ.* 18,1:28-63.
- STARKEY, R. L. 1966. Oxidation and reduction of sulfur compounds in soils. *Soil Sci.* 101:297-306.
- TARES, T. & SIPPOLA, J. 1978. Changes in pH, in electrical conductivity and in the extractable amounts of mineral elements in soil, and the utilization and losses of the elements in some field experiments. *Acta Agric. Scand. Suppl.* 20:90-113.
- VAMOS, R. 1959. Prevention of the formation of hydrogen sulfide in flooded soils. *Agrokem. Talajtan* 8:321-330.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeol. Publ.* 63:1-44.

Maatalouden tutkimuskeskus
MAANTUTKIMUSLAITOS

Tiedote

- N:o 1. Kalkituksen pitkäaikainen vaikutus maaprofiilin kemiallisiin ominaisuuksiin. - Sillanpää, M. 1978.
- N:o 2. Tutkimus ojattomien ja avo-ojitettujen peltojen viljelystä. - Virri, K. 1978.
- N:o 3. Viljavuusluokittaiset sadonlisäykset paikallisissa nousevien fosfori- ja kaliummäärien kokeissa. - Sippola, J. & Marjanen, H. 1978.
- N:o 4. Lannoitus ja kalkitus "Vihreän linjan" viljelyssä. - Sillanpää, M. 1978.
- N:o 5. Uttuvien kivennäisaineiden pitoisuudet Suomen viljelymaissa kunnittain. - Sippola, J. 1978.
- N:o 6. Pintakalkituksen ja K-lannoituksen vaikutus nurmen satoon ja sen N-, P-, K-, Ca- ja Mg- pitoisuuteen. - Peltomaa, R., Pohjanheimo, O. & Huokuna, E. 1979.
- N:o 7. Rivilannoituksen vaikutus viljavuustutkimuksen tulokseen. - Urvas, L. & Jussila, L.M. 1979.
- N:o 8. Maan pH-mittausmenetelmien vertailu. - Tares, T. 1979.
- N:o 9. Maan kalkitustarpeen määrittämisestä viljavuustutkimuksessa. - Yläranta, T. & Mäntylähti, V. 1980.
- N:o 10. Viljavuustutkimuksen tuloksin ja nousevien fosfori- ja kaliummäärien kokeiden tulosten vertailu. - Sippola, J. 1980.
- N:o 11. Viljelysmaiden seleenistä. - Yläranta, T. ; Kasvien seleenistä. - Yläranta, T. 1980.

