

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANTUTKIMUSLAITOS

Tiedote N:o 1 1978

KALKITUKSEN PITKÄAIKAINEN VAIKUTUS
MAAPROFIILIN KEMIALLISTIIN OMINAISUUKSIIN

Mikko Sillanpää

Maatalouden tutkimuskeskus
MAANTUTKIMUSLAITOS

Tiedote N:o 1

1978

KALKITUKSEN PITKÄAIKAINEN VAIKUTUS
MAAPROFIILIN KEMIAALLISIIN OMINAISUUKSIIN

Mikko Sillanpää

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa verrataan kalkitseemattoman ja kalkitun (21 to/ha) maaprofiilin kemiallisia ominaisuuksia 35 vuotta kalkituksen jälkeen. Vaikka koeruutuja oli muutoin viljelty ja lannoitettu yhdenmukaisesti, aiheuttivat niiden satoerot ja erot apila-timoteinurmien kasvilajikoostumuksessa huomattavia eroja satojen maasta ottamissa ravinnemäärissä.

Kalkitun maan muokkauskerroksen pH oli koejakson lopussa edelleen lähes 1 pH-yksikköä korkeampi kuin kalkitseemattoman. Profiilin alemmissakin (20-70 cm) kerroksissa ero oli vielä n. 0.2 pH-yksikköä. Kalkitus oli alentanut pintamaan humuspitoisuutta ja sen seurauksena oli myös kationinvaihtokapasiteetti laskenut, mutta tilavuuspaino kasvanut.

Vaihtuvan kalkin (CaCO_3) pitoisuus oli kalkitun koeruudun muokkauskerroksessa 11.7 tn/ha³ ja kalkitseemattoman 1.4 tn/ha. Kalkituksen vaikutus näkyi myös syvemällä (20-70 cm) missä ero oli yht. 1.5 tn/ha. Kalkkitaselaskelman (kalkkitilanne ennen koetta + kalkitus + lannoitteiden sis. kalkki - satojen ottama kalkki - kalkkitilanne kokeen lopussa) mukaan on kalkitun profiilin muokkauskerroksesta huuhtoutunut 9.3 ja kalkitseemattomasta 7.5 tn/ha kalkkia. Tämä vastaa 106 ja 86 kg Ca/ha/v.

Kalium- ja fosforipitoisuudet olivat kalkitseemattomassa maassa korkeammat kuin kalkitussa ilmeisesti seurauksena pienempien satojen vähäisemmästä ravinteiden otosta. Kalkitus oli pienentänyt kaikkien tutkittujen hivenaineiden (Fe, Al, Co, Cu, Mn, Ni, Zn) liukoisia määriä seurauksena pH:n kohoamisesta.

JOHDANTO

Suomen pitkäaikaisimman kalkituskokeen, Etelä-Pohjanmaan koeaseman E.M. Tarkkasen tilalle Laihialle v. 1928 perustaman ja hoitaman kokeen tuloksista on julkaistu useita väliakatietoja (HONKAVAARA 1938, 1951, TUORILA ym. 1939, TUORILA 1946) sekä yksityiskohtaiset sato ym. tulokset koko koejakson ajalta (KERÄNEN & HONKAVAARA 1972).

Tässä tutkimuksessa on pyritty selvittämään kalkituksen pitkäaikaista vaikutusta maaprofiilin kemiallisiin ominaisuuksiin. Tarkastelun kohteena on kaksi maaprofiilia yllämainitulta koe kentältä. Näistä toinen edustaa kalkitsematonta koeruutua ja toinen ruutua, joka kokeen alussa sai suurimman, 21 tn/ha, kalkituksen. Profiileja edustavat maanäytteet analysointia varten otettiin 35 vuotta kokeen perustamisen jälkeen.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Koekenttä on maalajiltaan liejuista hiesusavea, jossa eri lajitteiden vaihtelut profiilin syvyysuunnassa ovat varsin pienet. Saviprosentti pysyy profiilin koko tutkitulla syvyydellä 40-45 prosentin vaiheilla, hiesuprosentti (hieno + karkea) on n. 50, hietaprosentti n. 5 ja hiekkaprosentti n. 2-3 (Kuva 1). Ennen kokeen perustamista oli kentän pintamaan pH 4.6 ja sen vaihtuvan kalkin pitoisuus 3.9 tn CaCO_3 /ha (KERÄNEN & HONKAVAARA 1972).

Kalkitusta lukuunottamatta koeruutuja viljeltiin samalla tavoin ja sekä kalkittu että kalkitsematon koeruutu saivat samanlaisen N-P-K-lannoituksen. On kuitenkin huomattava, että vaikka viljelytoimenpiteet olivat samanlaiset, oli ruutujen välillä melkoisia eroja. Esim. sadot olivat kalkitulla ruudulla keskimäärin 33 % suuremmat kuin kalkitsematomalla. Tämä aiheutti olennaisen eron satojen maasta ottamien ravinteiden määrässä. Lisäksi apila-timoteiheinäsadot, joita koejaksoon sisältyi 16, erosivat toisistaan laadullisesti siten, että kalkitulla ruudulla apilan osuus oli keskimäärin nelinkertainen kalkitsematomaan verrattuna ja timotei oli vastaavasti hallitsevampi kalkitsematomalla ruudulla. Kun esim. apilan Ca-pitoisuus on lähes

5-kertainen timoteihin verrattuna ja timotein K-pitoisuus taas $1\frac{1}{2}$ - 2 -kertainen apilaan verrattuna, on selvää että satojen koeaikana maasta ottamien ravinteiden määrissä on melkoisia eroja ruutujen välillä.

Käytettävissä ei ole maa-analyysitietoja kokeen alussa vallinneesta tilanteesta lukuunottamatta pH:a ja kalsiumia. Näinollen kalkituksen pitkäaikaisen vaikutuksen arviointi perustuu pääasiassa kalkitun ja kalkitsemattoman profiilin vertailuun, ts. niistä 35 vuotta kalkituksen jälkeen tehtyjen analyysitulosten vertailuun.

Maaprofiilit tutkittiin 70 cm:n syvyyteen. Niitä edustavista maanäytteistä analysoitiin lajitekoostumus pipettimenetelmällä; humus määritettiin kolorimetrisesti rikkihappo-kaliumdikromaattimärkäpolton jälkeen; pH mitattiin maa: vesi (1:2,5) lietteestä; kationinvaihtokapasiteetti määritettiin muunnetulla Mehlich'in menetelmällä; vaihtuva kalsium ja kalium sekä liukoinen fosfori määritettiin hapan-ammoniumasetaattiuutteesta (pH 4,65); liukoiset hivenaineet uutettiin maasta erikoispuhtaalla happamalla ammoniumasetaatilla sekä erotettiin ja rikastettiin pyrrolidinkarbamaatteina kloroformiin.

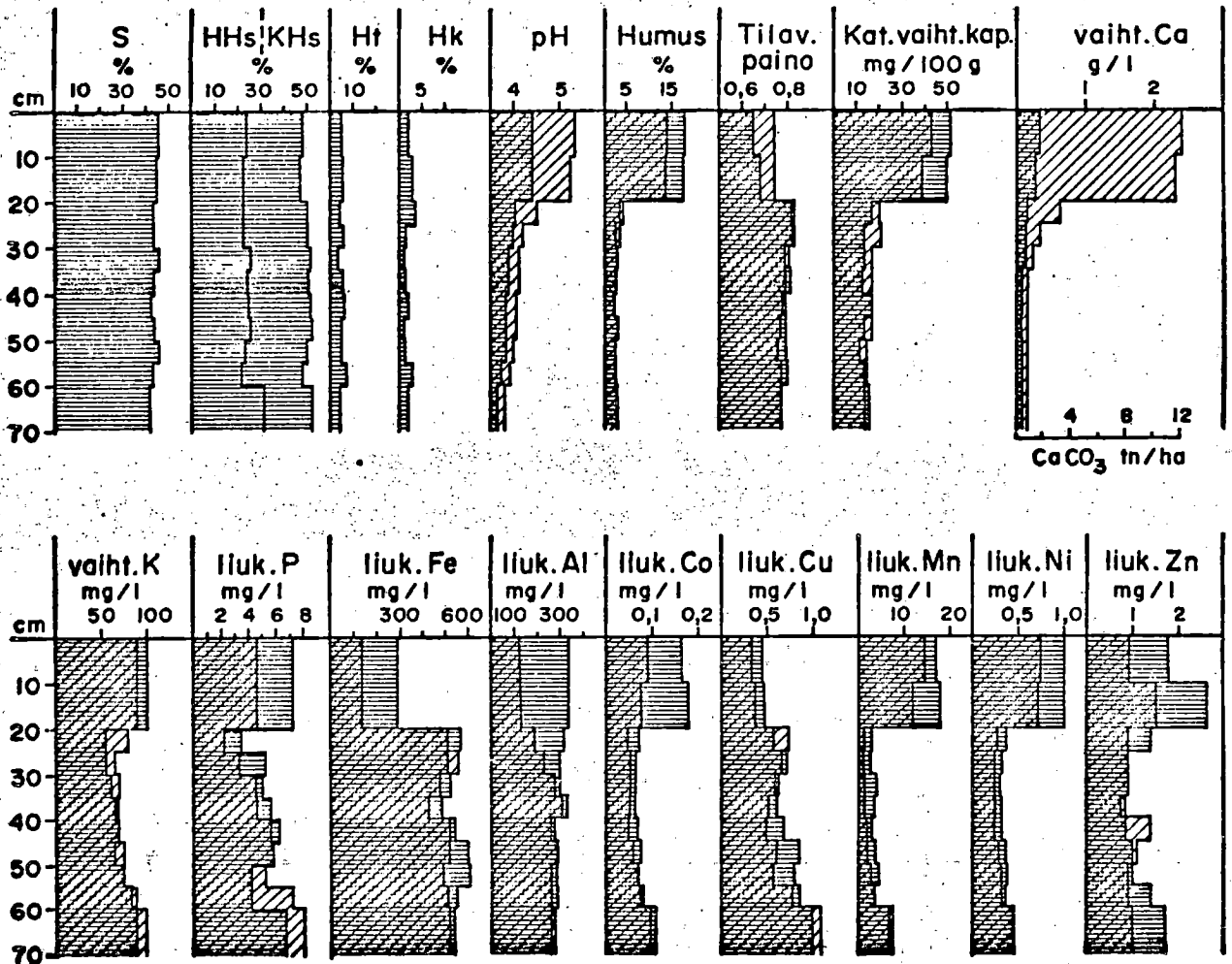
TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU



Kuvassa 1 on esitetty koemaan lajitekoostumuksen lisäksi rinnakkain kalkitun ja kalkitsemattoman koeruudun profiilin analyysitulokset.

pH. Kalkitun profiilin pintamaan pH on lähes 1 pH yksikön verran korkeampi kuin kalkitsemattoman. Kalkituksen vaikutus tuntuu myös profiilin alemmissä kerroksissa, jonne kalkkiakin on kulkeutunut. Siellä ero on tosin vain noin 0.2 pH yksikön luokkaa.

Kokeen alussa, kalkitusta seuraavana keväänä oli kalkitsemattoman profiilin pintamaan pH ollut 4.6 eli lievästi korkeampi kuin kokeen lopussa. Kalkitussa maassa vastaava pH oli ollut 6.3, josta se siis on kokeen aikana laskenut n. 1 pH-yksiköllä.

Humus. Humuspitoisuus pintamaassa on kalkituksen johdosta pienentynyt n. 4 %:lla, vaikka kalkitulla maalla kasvaneiden suurempien satojen voisi olettaa jättäneen maahan myös enemmän maanalaista eloperäistä ainetta, joka nostaisi maan humuspitoisuutta. Toisaalta kalkitus kiihoittaa mikrobitoimintaa ja siten eloperäi-



Kuva 1. Kalkitun (21 to/ha)  ja kalkitsemattoman  maaprofiilin kemialliset ominaisuudet 35 vuotta kalkituksen jälkeen. Koekentän lajitekoostumus ylhäällä vasemmalla.

sen aineksen hajotusta. Niinpä esim. Ruotsissa suoritetuissa kalkituskokeissa (WIKLANDER 1975) on kalkituksen todettu eräissä tapauksissa lisänneen toisissa taas vähentäneen maan humuspitoisuutta.

Tilavuuspaino. Kalkitun pintamaan tilavuuspaino (0.75) on selvästi korkeampi kuin kalkitsemattoman (0.65-0.69). Vaikka koeman tilavuuspaino on melko alhainen, ei kalkituksella sinänsä voi olla siihen ratkaisevaa suoranaista vaikutusta. Tilavuuspainon nousua onkin pidettävä ilmeisenä seurauksena humuspitoisuuden vähenemisestä koejakson aikana.

Kationinvaihtokapasiteetti. Kalkituksen pintamaan kationinvaihtokapasiteettiä pienentävä vaikutus lienee myös laskettava lähinnä humushäviön tiliin.

Kalsium. Maan vaihtuvan kalsiumin pitoisuus on kuvassa 1 ilmoitettu sekä kalsiumina (mg/l) että kalsiumkarbonaattina (tn/ha).

CaCO₃:ksi laskettuna on kalkkia kalkitun profiilin pintamaassa 11.7 tn/ha ja kalkitseemattomassa 1.4 tn/ha, ero siis 10.3 tn/ha. Kalkituksen vaikutus on näkyvissä myös profiilin alemmissä kerroksissa aina tutkitun 70 cm:n syvyyteen asti.

Taulukossa 1 on esitetty laskelma, jossa on pyritty selvittämään, miten kalkitun ja kalkitseemattoman profiilin kalkkipitoisuuksien erot ovat 35:n vuoden koejakson aikana muodostuneet. Siinä kaikki luvut on muunnettu CaCO₃:ksi, jotta niitä voidaan laskea yhteen ja vähentää. Laskelma ei ole kovin tarkka, koska eri satojen Ca-pitoisuudet perustuvat keskimääräisiin kalenteriarvoihin vain muutamia analysoituja satoja lukuunottamatta.

Kohdassa 1 on esitetty koekentän vaihtuvan kalkin pitoisuus ennen kalkitusta. Se on kummankin profiilin pintamaassa sama, 3.1 tn CaCO₃/ha.

Kohtaan 2 on merkitty kalkituksen, 21 tn/ha, vaikutus happamella ammoniumasetaatilla määritettävään maan vaihtuvan kalkin pitoisuuteen, jota se nostaa n. 80 %:lla annetun kalkin määrästä eli 16.8 tn/ha.

Kohdassa 3 on kalkkitilanne koejakson alussa, kalkituksen jälkeen.

Kohtaan 4 on laskettu koejakson aikana lannoitteissa maahan lisätyn kalsiumin vaikutus kalkkilukuun. Se on ollut kummankin profiilin kohdalla yhtä suuri eli 7.3 tn/ha.

Kohdassa 5 on esitetty satojen koejakson aikana maasta ottamat kalkkimäärät, 4.7 tn/ha kalkitusta ja vain 1.5 tn/ha kalkitseemattomasta maasta. Näin suuri ero johtuu osaksi satojen suuruuseroista, mutta vielä olennaisemmin siihen ovat vaikuttaneet erot heinäsatujen kasvilajikoostumuksessa (vrt. viimeinen kappale sivulla 2).

Jonkin verran kalkkia on siirtynyt profiileissa pintamaasta alaspäin ja päinvastoin sadot ovat ottaneet osan kalsiumistaan jankosta ja sen alapuolelta. Määrällisesti näitä siirtymisiä ei käytettävissä olevien tietojen perusteella voida arvioida. Kuitenkin voidaan todeta, että kalkitussa profiilissa on 20 cm alapuolella n. 1.5 tn enemmän CaCO₃ kuin kalkitseemattomassa, mikä on ilmeisesti siirtynyt sinne ylhäältä päin.

Taulukko 1. Kalkkitase. Laskelmassa kalkkitilanne ja sen muutokset koskevat 20:n cm:n muokkauskerrosta.

| | Kalkittu | Kalkitse- maton | Erotus |
|---|----------|--------------------|--------|
| 1. Tilanne ennen kalkitusta maa-analyysin mukaan (CaCO ₃ , tn/ha) | 3.1 | 3.1 | 0 |
| 2. Kalkitus, 21 tn/ha, josta 80 % vaihtuvaa (- " -) | +16.8 | - | |
| 3. Tilanne koejakson alussa (- " -) | 19.9 | 3.1 | 16.8 |
| 4. Lannoitteissa koekauden ai- kana annettu kalsium (- " -) | + 7.3 | + 7.3 | |
| 5. Satojen maasta ottama kal- sium (- " -) | - 4.7 | - 1.5 | |
| 6. Muokkauskerroksesta pro- fiilin alempiin osiin siirt. kalsium (- " -) | - 1.5 | - | |
| 7. Taseen osoitt. tilanne (il- man huuhtoum.) 35 v. myöhemm. (- " -) | 21.0 | 8.9 | 12.1 |
| 8. Maa-analyysin osoittama ti- lanne 35 v. myöhemmin (- " -) | 11.7 | 1.4 | 10.3 |
| 9. Huuhtoutuminen ym. kalkki- häviöt (kohtien 7-8 erotus) (- " -) | 9.3 | 7.5 | 1.8 |
| Huuhtoutuminen ym./vuosi (- " -) | 0.27 | 0.21 | |
| -"- " / -"- (Ca, kg/ha) | 106 | 86 | |

Kohdassa 7 on esitetty kalkkitilanne, joka maassa pitäisi teoreettisesti olla, ellei yhtään kalkkia olisi poistunut maasta huuhtoutumalla. Profiilien välinen ero on 12.1 tn/ha.

Kohdassa 8 on annettu kokeen lopussa tehdyn maan kalkki-analyysin tulos. Siinä ovat kummankin profiilin kalkkiluvut noin puolta pienemmät kuin kohdassa 3, joka osoittaa kalkkitilannetta koejakson alussa. Samanlainen tulos on saatu myös Ruotsissa, Lanna'n 37 vuotisesta kalkituskoikeesta, jossa lähes puolet annetusta kalkista oli säilynyt muokkauskerroksessa (WIKLANDER 1975).

Kohdassa 9 on esitetty teoreettisesti laskettujen ja analyytisten kalkkilukujen erotus, jota voidaan pitää pääasiassa huuhtoutumisesta johtuvana. Tämän mukaan kalkitusta profiilista olisi 35 vuoden aikana huuhtoutunut 9.3 tonnia ja kalkitseemattomasta 7.5 tonnia hehtaarilta, mikä vastaisi 0.27 ja 0.21 tn CaCO_3 /ha eli 106 ja 86 kg Ca/ha vuodessa keskimäärin. Ts. tällainen ylläpito-kalkitus olisi vuosittain tarvittu pitämään maan kalkkitilanne muuttumattomana.

Huuhtoutuminen on ollut suuruudeltaan samaa tasoa kuin esim. Marstan huuhtoutumiskokeissa saavutettu tulos, 87 kg Ca/ha/v. (WIKLANDER & HALLGREN 1960). Huuhtoutumisen suuruus vaihtelee kuitenkin paikasta toiseen riippuen useista tekijöistä kuten maala-jeista, maan vedenläpäisevyydestä, mineraalikoostumuksesta, sademäärästä ja sen jakautumisesta sekä kalkitus-, lannoitus- ja muista viljelytoimenpiteistä. Niinpä esim. Ruotsissa on arvioitu kalsiumin huuhtoutumisen olevan Norrbottenissa 18-37, Skånessa 86-173 ja koko maassa keskimäärin 45-90 kg Ca/ha vuodessa (ERIKSSON 1960, WIKLANDER 1970). Noin neljänneksen tästä, 10-21 kg Ca/ha, arvioidaan palautuvan maahan ilman kautta laskeutumana.

Kalium. Maan kalium-, fosfori- sekä hivenainetilanteesta kokeen alussa ei ole analyysitietoja. Ilmeisesti K-tilanne on ollut varsin hyvä, koska kalilannoituksen vaikutus on ollut hyvin huono, useina vuosina jopa negatiivinen (KERÄNEN & HONKAVAARA 1972). Tätä käsitystä tukee myös se, että maan kaliumtilanne kokeen lopussa vastaa lähes Suomen keskiarvoa, vaikka kokeessa 35 v:n aikana on maasta otettu yli 1000 kg enemmän kaliumia (K) kuin siihen lannoitteissa on annettu. Kun kalkitun koejäsenen sadot ovat olleet suuremmat on myös kaliumin otto maasta ollut tällä koejäsenellä suurempi, mikä näkyy myös kuvassa 1 kalkitun koeruudun muokkauskerroksen n. 10 mg/l alhaisempana vaihtuvan kaliumin pitoisuutena. Kaliumtaselaskelman (taulukko 2) mukaan K-lannoitus ja K-poistumat sadoissa ovat aiheuttaneet 160 kg/ha eli 80 mg/l eron profiilien välillä. Noin 30 % tästä erosta eli 24 mg/l tulisi näkyä happamalla ammoniumasetaatilla määritettävän kaliluvun, vaihtuvan kaliumin arvoissa. Maa-analyysien osoittama ero on kuitenkin vain n. 10 mg/l, mikä ainakin osaksi johtunee suuremmasta huuhtoutumisesta kalkitseemattomasta profiilista, jonka kaliumpitoisuus on

Taulukko 2. Kaliumtase.

| | Kalkittu | Kalkitsematon | Erotus |
|--|----------|---------------|--------|
| Tilanne koejakson alussa (K, kg/ha) | ? | ? | 0 |
| Lannoitus koejakson aikana (-"-) | + 1510 | + 1510 | 0 |
| Satojen ottama kalium (-"-) | - 2720 | - 2560 | 160 |
| Kalium-pitoisuuden muutos (ilman huuhtoutumista) (-"-) | - 1210 | - 1050 | 160 |

koko koejakson ajan ollut korkeampi kuin kalkitun profiilin. Koejakson alun kaliumanalyysien tulosten puuttuessa ei kaliumin huuhtoutumista maasta voida määrällisesti arvioida. Mainittakoon, että ruotsalaiset arviot kaliumin huuhtoutumisesta ovat 3-13 kg/ha (1.5-6.5 mg/l) vuodessa, josta noin puolet palautuu maahan ilmasta (ERIKSSON 1960, WIKLANDER 1970).

Fosfori. Fosforia on lannoitteissa annettu koejakson aikana 675 kg/ha kummallekin koeruudulle (taulukko 3). Kalkitulta ruudulta ovat sadot ottaneet yhteensä 725 kg/ha eli 50 kg enemmän kuin fosforia on lannoitteissa annettu. Kalkitseemattoman ruudun sadot ovat ottaneet vain 460 kg fosforia, joten maahan olisi pitänyt jäädä 215 kg fosforia. Teoreettinen ero profiilien välillä on siis 50 + 215 kg eli 265 kg P/ha.

Fosforin huuhtoutuminen maasta on suhteellisen vähäistä, ruotsalaisten laskelmien mukaan 0.02-0.05 kg P/ha/v. (ERIKSSON 1960, WIKLANDER 1970). Pääosa lannoitteina annetusta fosforista pidättyy maahan. Pidättyminen on voimakkainta savimaissa ja kasvaa logaritmisesti ajan funktiona (SILLANPÄÄ 1961 a). Happameen ammoniumasetattiin uuttuu 2 vrk:n kuluttua lannoituksesta n. 10 %, 10 vrk:n kuluttua n. 8 % ja 200 vrk:n kuluttua n. 5 % annetun fosforin määrästä. Hyvin pitkän ajan kuluttua lannoituksesta, kuten tässä kokeessa, voidaan uuttumisprosentiksi arvioida n. 3 %.

Profiilien välinen ero, 265 kg P/ha (= 132.5 mg/l), vastaisi siten maan fosforianalyyseissä eroa 4.0 mg P/l. Tämä on jonkin verran suurempi kuin kokeen lopussa suoritettujen maan fosfori-

Taulukko 3. Fosforitase.

| | Kalkittu | Kalkitsematon | Erotus |
|---|----------|---------------|--------|
| Tilanne koejakson alussa (P, kg/ha) | ? | ? | 0 |
| Lannoitus koejakson aikana (-"-) | + 675 | + 675 | 0 |
| Satojen ottama fosfori (-"-) | - 725 | - 460 | 265 |
| Fosfori-pitoisuuden muutos (ilman huuhtoutumista) (-"-) | - 50 | + 215 | 265 |

analyysien osoittama profiilien välinen ero, 2.5 mg/l. Osa laskelman ja maa-analyysien antaman tuloksen eroavuudesta johtuu todennäköisesti kalkituksen fosforin liukoisuutta parantavasta vaikutuksesta. Esim. liejusavessa, joka on saanut 20 tonnin/ha kalkituksen on lannoitefosforin liukoisuusasteen todettu pysyvän yli 15 % korkeampana kuin kalkitsemattomassa maassa (SILLANPÄÄ 1961 b).

Hivenaineet. Kalkituksen vaikutus hivenaineiden liukoisiin määriin on ollut varsin selvä, kaikkien seitsemän hivenaineen (Fe, Al, Co, Cu, Mn, Ni, Zn) pitoisuuksia laskeva. Tämä olikin odotettua, koska pH:n noustessa kaikkien näiden aineiden liukoisuuden tiedetään laskevan. Lasku on ollut huomattavin pintamaassa, mutta useiden aineiden kohdalla sama trendi on todettavissa myös profiilin alemmassa osassa. Kummankin profiilin kaikkien hivenaineiden liukoiset pitoisuudet edustavat suomalaisten viljelymaiden keskimääräistä tai sitä korkeampaa tasoa.

Kirjallisuutta

- ERIKSSON, E. 1960. Luftburna näringsämnen. NJF:s Elfte Kongr. Oslo 1959, Del 1: 67-68.
- HONKAVAARA, T. 1938. Tuloksia kalkituskoikeesta Laihialla vv. 1928-37. Sementtityhd. Maatal.os. 15 p. Helsinki.
- HONKAVAARA, T. 1951. Tuloksia huomattavimmasta kalkituskoikeestamme. Koetoim. ja Käyt. 3: 1-3.
- KERÄNEN, T. & HONKAVAARA, T. 1972. Kalkituskoee Laihialla vuosina 1928-67. Referat: Kalkningsförsök i Laihia 1928-67. Kehittyvä Maatalous 6: 15-39.
- SILLANPÄÄ, M. 1961 a. Fixation of fertilizer phosphorus as a function of time in four Finnish soils. Selostus: Lannoitefosforin pidätyimisestä maahan ajan funktiona. Agrogeol. Julk. 80: 1-22.
- SILLANPÄÄ, M. 1961 b. The effect of liming on the solubility of phosphorus in a muddy clay soil. Acta Agric. Scand. 12: 360-368.
- TUORILA, P. 1946. Viljelysmaittemme kalkituskysymyksestä. Maatal. ja Koetoim. 1: 54-67.
- TUORILA, P., TAINIO, A. & TERÄSVUORI, A. 1939. Suomen viljelysmaiden kalkitustarpeesta. Valtion koetoiminnan tuloksia vuosilta 1928-38. Referat: Über den Kalkdüngungsbedarf der finnischen Böden. Ergebnisse der staatlichen landwirtschaftlichen Versuchs-tätigkeit von den Jahren 1928-1938. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 104: 1-529.
- WIKLANDER, L. 1970. Utlakning av näringsämnen. 1. Halten i dräneringsvatten. Grundförbättring 23: 117-141.
- WIKLANDER, L. 1975. Om kalkens markkemiska effekter. Nord. Jordbr. forsk. 4: 970-972.
- WIKLANDER, L. & HALLGREN, G. 1960. Utlakning av näringsämnen ur dränerad jord. Grundförbättring 13: 71-77.

