

# VAIHTUVIEN EMÄSTEN JA VAIHTUVAN VEDYN KOKONAIS- MÄÄRIEN KÄYTÖSTÄ MAAN KALKINTARPEEN ARVIOIMISESSA.

MARTTI SALONEN

*Maatalouskoelaitos, Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto, Tikkurila.*

Saapunut 20. 9. 1952

## *Johdanto.*

Kalkintarpeen selvittäminen on tärkeimpiä maasta tehtäviä maanviljelyskemiallisia määrittämiä. Näin on erityisesti asia Suomessa, jossa maat ovat happamampia ja kalkkiköyhempiä kuin ehkä missään muussa maatalousmaassa. On ilmeistä, että menetelmällä, jolla nopeasti ja halvalla saadaan luotettava selvitys maan suhtautumisesta kalkitukseen, on hyvin suuri arvo.

Kiistattomasti varmin ja selvin kalkintarpeen tutkimistapa on kenttäkoe nousevin kalkkimäärin, mutta käytännöllisistä ja taloudellisista syistä sitä voidaan käyttää vain verraten harvoin. Happamuusasteen määrittäminen on helppo, nopea ja halpa tehdä, ja se antaa paljon arvokkaita tietoja maasta, mutta kalkintarpeen osoittajana se ei ole riittävä. Jo kauan on pyritty menetelmiin, jotka olisivat helpompia, nopeampia ja halvempia kuin kenttäkoe ja antaisivat täsmällisempiä tietoja maan suhtautumisesta kalkkiin kuin pelkkä pH:n määrittäminen.

Suomessa on käytetty maan kalkintarpeen arvioimisessa jo verraten kauan ja hyvällä menestyksellä TUORILAN (3) esittämää vaihtuvan kalkin määrittämiä, jossa saatujen lukujen tulkinnassa on käytetty apuna myös maan pH-lukua (4). Vaikka tämä menetelmä onkin monessa suhteessa tyydyttävä, on siinä kuitenkin muutamia kohtia, joihin toivoisi parannusta.

TUORILAN menetelmä selvittää vain kalsiumin määrän maassa. Vaikka kalsiumilla onkin valta-asema, ei se suinkaan ole ainoa maan ns. emäksistä, vaan varsinkin magnesiumin ja myös kaliumin ja natriumin osuuksista olisi hyvä saada selvitys tai sitten vaihtuvien emästen kokonaismäärästä. TUORILAN menetelmä ei anna käsitystä maan pidätyskapasiteetista, mikä olisi kuitenkin hyvä tietää, sillä ilmeisesti pidätyskyvyltään erilaisissa maissa on paikallaan käyttää erilaista kalkitusta, vaikka niissä sattuisikin olemaan samat määrät vaihtuvaa kalkkia. TUORILAN menetelmässä käytetään uuttonesteenä 1-n. ammoniumkloridia, joka liuottaa

tehokkaasti mm. kipsiä. Siten maassa mahdollisesti olevan kipsin kalsium tulee esiintymään vaihtuvana. Tästä syystä esim. VAGELER ja ALTEN (5) selittävät ammoniumkloridilla uutetun kalsiumin arvottomaksi. Suomen olosuhteissa esiintyy kipsiä maassa sangen harvoin, mutta sen mahdollinen mukaan tulo on kuitenkin otettava huomioon ainakin kun on kysymys ns. sulfaattimaista.

Vaihtuvan kalkin määrittäminen alkuperäisellä TUORILAN (3) esittämällä menettelytavalla, jossa kalsium määritetään oksalaattina saostamalla ja titraamalla, on verraten suuritöinen ja hidas ja sen vuoksi kallis. Halvemmalla voidaan päästä, jos määrittäminen tehdään liekkifotometrillä ja muiden määrittämisten ohella samasta uutteesta, kuten on tehty esim. ns. viljavuustutkimuksissa (6).

BROWN (2) on esittänyt menettelytavan, jolla nopeasti, helposti ja yksinkertaisin välinein voidaan maasta määrittää vaihtuvien emästen ja vaihtuvan vedyn kokonaismäärät. Edelliset arvioidaan sen perusteella, paljonko maa muuttaa pH:ta tietyssä määrässä etikkahappoa ja jälkimmäinen sen perusteella, paljonko maa muuttaa pH:ta tietyssä määrässä neutraalista ammoniumasetaattia.

Maatalouskoelaitoksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osastolla haluttiin saada tietoja siitä, missä määrin BROWNIN esittämä menettelytapa olisi käyttökelpoinen maan kalkintarpeen arvioimisessa, ja olisiko sillä mahdollisesti joitakin etuja verrattuna esim. vaihtuvan kalkin määrittämiseen perustuvaan menettelytapaan.

#### *Tutkimusaineisto.*

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osastolla on vielä tallella aikaisemmissa tutkimuksissa (3) käytettyjä maanäytteitä kalkituskoekentiltä. Niistä otettiin tähän työhön näytteet, joista jo aikaisemmin oli määritetty vaihtuva kalkki ja muita tässä yhteydessä kiinnostavia ominaisuuksia. Kaikkiaan löytyi tällaisia maanäytteitä 227 kpl, jotka ovat kalkituskoekesistä eri puolilta Suomea. Osasta koekenttiä oli maanäyte sekä kentästä ennen kalkitusta, että kalkituksen saaneesta koejäsenestä muutama vuosi kalkituksen jälkeen. Tämä antoi mahdollisuuksia eräiden kiintoisien vertailujen tekemiseen.

#### *Maanäytteiden analysointi.*

Tutkimuksessa sovellettiin BROWNIN (2) menetelmää pienin muutoksin. Niinpä 1-n. ammoniumasetaatti vaihdettiin 1-n. kalsiumasetaattiin, sillä viimeksimainittu on analyyttisesti hieman mukavampaa ja katsottiin, että on paremmin paikallaan käyttää vetyionin vaihtamiseen kalsiumia kuin ammoniumia. Vertailun vuoksi tehtiin sarjasta maanäytteitä määrittäykset sekä ammonium- että kalsiumasetaatilla, mutta arvoissa ei ollut suuria eroja. BROWNIN mukaan maa ja uuttoneeste pannaan erlenmeyerpulloon ja annetaan seistä tunnin ajan välillä ravistellen, mutta tässä tutkimuksessa katsottiin täsmällisemmäksi huiskuttaa koneessa 4 tuntia. Kiven-

näismaissa käytettiin BROWNIN esittämää suhdetta maa : uuttoneste = 1 : 10, mutta turvemaissa (hehkutuskevennys 40 % tai yli) käytettiin suhdetta 1 : 20, sillä ne aiheuttivat yleensä niin suuren pH:n muutoksen, että vastaavan emäs- tai vetyioni-määrän lukeminen käyrältä olisi muodostunut epämääräiseksi.

*Käytetty menettelytapa:* Vaihtuvien emästen määrittämistä varten huiskutettiin 3 g ilmakuivaa maata 30 ml:ssa, turvemaissa 60 ml:ssa, 1.00-n. etikkahappoa, pH 2.30, 4 tuntia ja mitattiin pH käyttäen lasielektroodia. Saatuja pH-lukuja vastaavat määrät vaihtuvia emäksiä luettiin titrauskäyrältä, joka saatiin siten, että 1 l 1.00-n. etikkahappoa titrattiin 1.00-n. kalsiumasetaatilla ja tulokset merkittiin akselistoon, jossa ordinaattana oli pH ja abskissana käytetty kalsiumasetaatimäärä milliekvivalenteissa. Tältä käyrältä saatiin vaihtuvien emästen määrä m.e./100 g, jos uuttosuhde oli 1 : 10 (kivennäismaat), ja m.e./50 g, jos uuttosuhde oli 1 : 20 (turvemaat). Tulokset laskettiin lopuksi kg-ekv./ha kivennäismaitten kohdalla kertomalla luvulla 20 × maan tilavuuspaino ja turvemaitten kohdalla 40 × maan tilavuuspaino.

*Vaihtuvan vedyn* määrittäminen tehtiin aivan vastaavasti, mutta käyttäen 1.00-n. kalsiumasetaatia, pH 7.00.

Kaikki laboratoriotyöt tähän tutkimukseen on tehnyt maat.metsät. kand., agr. Ritva Rytö.

#### *Tulosten tarkastelua.*

*Emäs- ja vetymäärät eri maalajeissa.* Taulukossa 1 esitetään tutkimusaineistosta saadut arvot maalajeittain keskiarvoina, joiden ohella esitetään myös standardipoikkeamat

$$\left( \sqrt{\frac{S(x-\bar{x})^2}{(n-1)}} \right)$$

Vaihtelut samassa maalajiryhmässä ovat suuret, kuten standardipoikkeamista näkyy. Siihen voi vaikuttaa esim. erilainen humuspitoisuus, mutta kun analyysitiedot järjestettiin maalajiryhmissä lisääntyvän humuspitoisuuden mukaan, ei voitu todeta mitään säännönmukaisuutta. Mahdollisesti maan koko pidätyskyky olisi selvemässä vuorosuhteessa humuspitoisuuteen. Käsillä olevasta aineistosta ei ole kuitenkaan haluttu laskea koko pidätyskykyä (emäsmäärä + vetymäärä), sillä ilmeisesti niiden määrittäminen pitäisi tehdä täsmällisemmin määrättyissä olosuhteissa, esim. aina laskettuna samaa loppu-pH:ta kohti.

Sekä emäs- että vetymäärille laskettiin keskiarvojen standardipoikkeamat, keskiarvojen erot eri tapauksissa ja erojen standardipoikkeamat, joiden perusteella voitiin laskea t-arvot ja siten arvioida erojen tilastolliset merkitsevyydet (1). Emäsmäärien suhteen saatiin merkitsevät erot savimaiden ja savipitoisten hiesujen sekä karkeampien maalajien välille. Samaten turvemaiden ja muiden maalajien, paitsi savimaiden, välinen erotus on merkitsevä. Erot vetymäärissä eri maalajiryhmien välillä ovat hieman suuremmat kuin emäsmäärissä. Siitä johtuen vetymäärien erot eri maalajien kesken ovat yleensä merkitsevempiä kuin emäsmäärien. Vain karkeampien maalajien (hiekkä, hieta ja hiesu) väliset erot eivät ole merkitseviä. Kun kivennäismaat yhdistetään yhdeksi ryhmäksi, tulee erotus vetymäärissä

Taulukko I. Muunnetulla BROWNIN menetelmällä saadut vaihtuvien emästen ja vaihtuvan vedyn määrät kg-ekv./ha eri maalajeissa

Table I. Amounts of the sums of exchangeable bases and exchangeable hydrogen as kg-equiv. per ha for different soil types, obtained by the modified method of BROWN.

	Tapausten lukum. Number of cases	Vaihtuvia emäksiä Sum of exchangeable bases	Vaihtuvaa vetyä Exchangeable hydrogen
Hiekkamaat — Sand	4	185 ± 46	172 ± 75
Hietamaat — Finesand	14	183 ± 65	145 ± 38
Hiesumaat — Silt	9	202 ± 51	119 ± 48
Savipitoiset hiesumaat, savea 10—30% — Silt, containing clay 10—30 %	28	252 ± 76	183 ± 40
Hieta-, hiesu- ja aitosavimaat — Finesand-, silt- and heavy clays	14	329 ± 89	164 ± 46
Urpasavimaat — Gyttja clay	5	207 ± 57	246 ± 23
Kivennäismaat yht. ja keskim. — Mineral soils, total and averages	74	241 ± 87	168 ± 52
Multamaat, humusta 15—40 % — Humus soils, humus 15—40 %	65	257 ± 83	272 ± 89
Turvemaat, humusta yli 40 % — Peat soils, humus more than 40 %	88	304 ± 117	408 ± 131
Kaikki maalajit yht. ja keskim. — All soils, total and averages	227	270 ± 102	291 ± 141

merkitseväksi kaikissa kolmessa tapauksessa, kun sitä vastoin emäsmäärissä kivennäismaiden ja multamaiden välinen erotus ei sitä ole. Voidaan olettaa, että aineiston suhteellinen suppeus, muutamia maalajejahan on mukana vain 4—5 tapausta, aiheuttaa sen, ettei näissä vertailuissa kaikkialla saada merkitseviä eroja.

*Vaihtuvien emästen kokonaismäärä ja vaihtuva kalkki.* Koska kalsium muodostaa pääosan maan vaihtuvista emäksistä, on selvää, että vaihtuvien emästen kokonaismäärän ja vaihtuvan kalkin välillä on kiinteä vuorosuhde. Kun tutkitusta aineistosta lasketaan korrelaatio vaihtuvat emäkset kg-ekv./ha: vaihtuva kalsium tn/ha  $\text{CaCO}_3$ , saadaan korrelatiokertoimeksi:  $+ 0.83 \pm 0.03$ .

Vuorosuhde on siis verraten korkea, mikä onkin odotettavissa. Regressiokertoimeksi saatiin sellainen arvo, että sen mukaan vaihtuvan kalkin lisääntyminen 1 tn/ha vastaa 17 kg-ekv./ha lisääntymistä koko emästen määrässä. Arvo on selvästi pienempi kuin teoreettisesti laskien pitäisi, sillä 1 tn  $\text{CaCO}_3$  vastaa 20 kg-ekv. Poikkeavaan tulokseen vaikuttaa mahdollisesti se, että BROWNIN menetelmässä ei tule mukaan jo liuoksessa oleva kalsium, kun se taas vaihtuvan kalkin määrittämisessä tulee mukaan.

*Kalkituksen vaikutus vaihtuvien emästen ja vedyn määriin.* Osasta tässä käytettyä aineistoa on maanäytteet sekä kalkitsemmattomasta että kalkitusta koejäse-

Taulukko 2. 4 tn/ha kalkkikivijauhetta aiheuttamat muutokset vaihtuvien emästen kokonaismäärissä ja vaihtuvan vedyn määrissä eri maalajeilla.

Table 2. Changes caused by 4 tons of ground limastone per hectare in the sum of exchangeable bases and exchangeable hydrogen in different soil types.

	Tutkittuja tapauksia	Kalkitsemattomassa		Kalkituksen aiheuttama	
		kg-ekv./ha		muutos kg-ekv./ha	
		<i>In unlimed kg.-equiv. per hectare</i>		<i>Changes caused by liming kg.-equiv. per hectare</i>	
		<i>Number of cases</i>	<i>vaihtuvia emäksiä</i>	<i>vaihtuvaa vetyä</i>	<i>vaihtuvia emäksiä</i>
	<i>Sum of exch. bases</i>	<i>Exch. hydrogen</i>	<i>Sum of exch. bases</i>	<i>Exch. hydrogen</i>	
Hiekkamaat — Sand	4	185 ± 46	172 ± 75	+107 ± 45	—45 ± 13
Hietamaat — Finesand	7	198 ± 45	130 ± 19	+83 ± 44	—15 ± 15
Hiesumaat — Silt	3	193 ± 51	93 ± 19	+89 ± 11	—29 ± 5
Savipitoiset hiesumaat, savea 10—30 % — Silt containing clay 10—30 %	14	272 ± 75	185 ± 50	+94 ± 38	—29 ± 25
Hieta-, hiesu- ja aitosavimaat — Finesand-, silt- and heavy clays	11	334 ± 100	166 ± 52	+54 ± 50	—24 ± 23
Urpasavimaat — Gyttja clay	2	206(±75)	239(±1)	+126(±48)	—11(±44)
Kivennäismaat yht. ja keskim. — Mineral soils, total and averages	41	258 ± 91	165 ± 56	+84 ± 46	—26 ± 22
Multamaat, humusta 15—40 % — Humus soils, 15—40 % humus	31	246 ± 77	236 ± 56	+87 ± 62	—31 ± 45
Turvemaat, humusta yli 40 % — Peat soils, humus more than 40 %	48	303 ± 116	415 ± 121	+82 ± 75	—54 ± 78
Kaikki maalajit yht. ja keskim. — All soils, total and averages	120	273 ± 101	283 ± 142	+84 ± 63	—38 ± 57

nestä. Tämä antaa mahdollisuuden tutkia, miten kalkitus vaikuttaa menetelmällä saataviin emästen ja vedyn kokonaismääriin. Mukaan otettiin vain tapaukset, joissa oli käytetty 4 tn/ha kalkkikivijauhetta. Niistä saadut tulokset nähdään taulukossa 2, johon on otettu kalkitsemattomasta saadut arvot ja 4 tn/ha kalkkikivijauhetta aiheuttamat muutokset. Taulukkoon on merkitty myös standardipoikkeamat.

Vaikka taulukossa 2 on vain vähän enemmän kuin puolet taulukossa 1 esitetyistä tapauksista, tulevat vaihtuvien emästen ja vaihtuvan vedyn keskiarvot suunnilleen samoiksi, eivätkä standardipoikkeamatkaan paljoa kasva. Siten voitaneen päätellä, että taulukon 2 aineiston edustavuus on lähes sama kuin taulukon 1. Tässä yhteydessä kiinnostavin on kalkituksen aiheuttama muutos vaihtuvien emästen ja vaihtuvan vedyn kokonaismäärissä. Näyttäisi että sama kalkitus, 4 tn/ha

kalkkikivijauhetta, on aiheuttanut eri maalajeilla hyvin erilaisia muutoksia vaihtuvien emästen ja vaihtuvan vedyn määrissä. Jos erojen merkitsevyyttä tutkitaan edellä mainitulla menetelmällä (1), huomataan, että erot vaihtuvien emästen muutosten suhteen eivät ainoassakaan tapauksessa tule merkitseviksi, sillä havaintoja on vähän ja hajonta suuri. Jokseenkin samoin on asianlaita vaihtuvan vedyn määrien muutosten suhteen, mutta sillä erolla, että turvemaassa muutos on tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin useimmissa muissa maalajeissa.

Jos vertaillaan kalkituksen aiheuttamaa muutosta toisaalta vaihtuvien emästen kokonaismäärään ja toisaalta vaihtuvan vedyn määrään, voidaan panna merkille, että muutos vaihtuvien emästen kohdalla on kauttaaltaan suurempi kuin vaihtuvan vedyn kohdalla, ja erotus on myös tilastollisesti merkitsevä. Onko saatu tulos todellisuuden perustuva, vai johtuuko se vain siitä, että menetelmä antaa vaihtuvien emästen määrän tarkemmin kuin vedyn, ei ole näiden havaintojen perusteella selvitetävissä.

Kaikkien tapausten keskimääräksi saatu vaihtuvien emästen kokonaismäärän lisääntyminen, 84 kg-ekv./ha, vastaa kalsiumkarbonaatiksi laskettuna  $50 \times 84 = 4.2$  tn/ha. Määrä on n. 5 % suurempi kuin teoreettisesti laskien pitäisi sillä edellytyksellä, että kalkkia ei olisi lainkaan huuhtoutunut maasta. Liian korkea arvo voi johtua, paitsi analyysivirheistä ja menetelmän puutteellisuudesta, myös siitä, että annettu kalkki on tullut mullatuksi etupäässä muokkauskerroksen pintaosaan ja näytteen otossa on pintamaata tullut mukaan enemmän kuin syvemmällä olevaa muokkauskerrosta, mutta analyysitulokset on kuitenkin laskettu 20 cm kerrosta kohti.

*Vaihtuvien emästen kokonaismäärän ja vaihtuvan vedyn määrän suhde kalkituksen antamaan sadonlisäykseen.* Kaikki tutkimuksessa käytetyt maanäytteet on saatu kalkituskokeista, joista tiedetään kalkituksen antama sadonlisäys. Tämän mukaan voidaan tutkimusten tuloksia verrata kalkituksen antamaan sadonlisäykseen.

BROWNIN menetelmällä maasta saadaan arvio vaihtuvien emästen kokonaismäärästä ja vaihtuvan vedyn määrästä. Ilmeisesti ei kumpikaan näistä sinänsä ja yksinään sovellu maan kalkintarpeen ilmaisijaksi. Jotta saataisiin molemmat arvot mukaan on menetelty siten, että kumpikin kg-ekv.-määrä on laskettu yhteen ja sitten laskettu, montako prosenttia emästen määrä on summasta, jonka voidaan katsoa ilmaisevan maan koko pidätyskykyä. Näin saatua lukua sanotaan tässä »emäsprosentiksi». Sen voidaan katsoa kuvastavan sitä, missä määrin maan pidätyskapasiteetti on tyydytetty. Jos emäsprosentti on alhainen, on suuri osa maan pidätyskapasiteetista täytetty vetyioneilla ja kalkituksen (= emästen lisäämisen) pitäisi olla eduksi.

Tätä ns. emäsprosenttia on verrattu kokeessa saatuun prosenttiseen sadonlisäykseen. Aineistoon kuuluu sekä yksi- että useampivuotisia kokeita. Sen käsittelyssä on otettu huomioon koevuosien lukumäärä siten, että yksivuotinen koe on mukana yhtenä, mutta monivuotinen koe niin monena kuin on koevuosia. Siten on kukin koe mukana sillä painolla, minkä koevuosien määrä edellyttää. Kun laskettiin korrelaatio emäsprosentin ja prosenttisen sadonlisäyksen välillä (1),

saatiin, kun mukana oli kaikki kokeet (koevuosia yhteensä 586) korrelaatiokertoimeksi:  $-0.56 \pm 0.03$

Regressiokertoimeksi saatiin arvo, jonka mukaan emäsprosentin lisääntyessä prosenttiyksiköllä kalkituksen antama sadonlisäys vähenee 0.61 %. Eri maa-lajeille ei korrelaatiota kannattanut laskea, kun koevuosia olisi tullut kovin vähän, lukuunottamatta turvemaiden ryhmää, johon koevuosia tulee 242. Siinä saatiin korrelaatiokertoimeksi  $-0.55 \pm 0.04$ , mikä on melkein sama kuin kaikille maa-lajeille yhteensä saatu korrelaatio.

Lisäksi laskettiin korrelaatio emäsprosentti: sadonlisäys rehuyksiköissä, jolloin saatiin:  $-0.40 \pm 0.03$ .

Regressiokertoimeksi saatiin arvo, jonka mukaan emäsprosentin lisääntyessä prosenttiyksiköllä kalkituksella saatava sadonlisäys pienenee 8.6 ry. Näin laskien saatiin siis vieläkin huonompi korrelaatio kuin edellisellä tavalla.

Jos vastaavalla tavalla samasta aineistosta lasketaan maan pH-luvun (maa : vesi 1 : 4) ja prosenttisen sadonlisäyksen välinen korrelaatio, saadaan:  $-0.44 \pm 0.03$ .

Jos korrelaatio lasketaan maan vaihtuvan kalkin mukaan vastaavasti, saadaan, kun tutkitaan vaihtuvan kalkin määrän suhdetta prosenttiseen sadonlisäykseen:  $-0.46 \pm 0.03$ .

Jos lasketaan vaihtuvan kalkin määrän ja ry:ssä ilmoitetun sadonlisäyksen korrelaatio, saadaan:  $-0.51 \pm 0.03$ .

Regressiokertoimen mukaan vaihtuvan kalkin lisääntyessä 1 tonnilla kalkituk-sella saatava sadonlisäys vähenee 22.5 ry.

Korrelaatiolaskujen mukaan ei mikään menetelmä näytä antavan kovinkaan selvää tietoa maan suhtautumisesta kalkitukseen. Korrelaatiokertointen perusteella ei esim. ole mahdollista ratkaista kumpi menetelmä, vaihtuvan kalkin määrittäminen vaiko emäsprosentin selvittäminen, olisi parempi, vaan ne tulevat jokseenkin samanarvoisiksi.

Lisävalaistuksen saamiseksi ryhmiteltiin aineisto kalkituksen antaman tulok-sen mukaan. Jos sadonlisäys oli sekä 10 % tai yli että 200 ry tai yli, katsottiin kalkituksen vaikutus selvästi positiiviseksi. Jos sadonlisäys ei ollut kumpaakaan, katsottiin vaikutus epävarmaksi. Välimuodon muodostivat tapaukset, jotka täyt-tivät vain jommankumman ehdoista. Tämä ryhmittely tehtiin erikseen kivennäis-, multa- ja turvemaiden luokissa. Yksityiset tapaukset järjestettiin ryhmissä lisään-tyvän vaihtuvan kalkin määrän mukaan. Erityinen huomio kohdistettiin: 1. tapauk-siin, joissa kalkituksen vaikutus on ollut joko epäselvä tai negatiivinen alhaisesta vaihtuvan kalkin määrästä (alle 12 tn/ha) huolimatta ja 2. tapauksiin, joissa kalki-tuksella on ollut selvästi positiivinen vaikutus, vaikka vaihtuvaa kalkkia on ollut runsaasti (yli 12 tn/ha). Erityisesti haluttiin tutkia, antaako emäsprosentti valais-tusta kalkituksen vastoin odotuksia olevaan vaikutukseen. Vertailussa ilmeni, että vain kivennäismaiden ryhmässä tapauksissa, joissa kalkituksen vaikutus on huono alhaisesta vaihtuvan kalkin määrästä huolimatta, emäsprosentti voi selittää syyn. Tähän ryhmään tulee kaikkiaan 17 tapausta, joista 15:sta emäsprosentti on 57—76 välillä huolimatta alhaisesta vaihtuvan kalkin määrästä. Tämän mukaan kalkitus ei ole ollut paikallaan, koska maan pidätyskapasiteetista jo pääosa on ollut emästen

hallussa. Kahdessa tapauksessa tässä ryhmässä on emäsprosentti 45 ja 47, joten näissä tapauksissa ei emäsprosenttikaan anna valaistusta kalkin huonon vaikutuksen syihin. Tämän vertailun mukaan emäsprosentin määrittämisellä on kivennäismailla mahdollista välttyä ylikalkituksesta tapauksissa, joissa maan pidätyskapasiteetti on pieni.

#### *Päätelmät.*

Kuten näkyy, ei mikään tutkituista kalkintarpeen arvioimismenetelmistä anna täysin selvää ja varmaa tietoa siitä, minkälaisen tuloksen kalkitus tulee antamaan. Kalkituksen vaikutus riippuu niin monista erilaatuisista tekijöistä, että niiden kaikkien huomioon ottaminen tuskin on mahdollista. Kuitenkin on varsinkin vaihtuvan kalkin määrää ja myös maan pH-lukua voitu menestyksellä käyttää kalkintarpeen arvioimiseen. Tässä tarkastellussa aineistossa näyttää ns. emäsprosentti olevan muutamissa tapauksissa hivenen parempi kuin vaihtuva kalkki. Ilmeisesti sitä voitaisiin ainakin yhtä hyvin käyttää kalkintarpeen selvittämiseen kuin esim. vaihtuvan kalkin määrää. Tämän tarkastelun mukaan ero on kuitenkin siksi pieni, että tuntuu siltä, että laboratorio- ja analyysitekniilliset seikat ratkaisevat, kumpaa on edullisempi käyttää.

#### *Yhteenveto.*

On tutkittu BROWNIN esittämän maan emäs- ja vetymäärän määrittämenetelmän käyttöä maan kalkintarpeen arvioimiseksi. Menetelmä on verraten yksinkertainen ja vähätöinen ja näyttää siltä, että sillä voidaan arvioida maan kalkintarve suunnilleen samalla varmuudella kuin esim. vaihtuvan kalkin määrittämisellä. Analyysitekniillisistä ym. käytännöllisistä seikoista riippuu, kumpaa menetelmää on edullisempi käyttää.

#### KIRJALLISUUTTA.

- (1) BONNIER, G. och O. TEDIN 1940. Biologisk variationsanalys. Stockholm.
- (2) BROWN, I. C. 1943. A rapid method of determining exchangeable hydrogen and total exchangeable bases of soils. Soil Sci. 56, s. 353—357.
- (3) TUORILA, P., A. TAINIO ja A. TERÄSVUORI 1939. Suomen viljelysmaiden kalkitustarpeesta. Valt. maatalouskoet. julk. 104.
- (4) TUORILA, P. 1946. Viljelysmaittemme kalkituskysymyksestä. Maatalous ja koetoiminta I, s. 54—67.
- (5) VAGELER, P. und F. ALTEN 1931. 2. Böden des Nil und Gash III. Z. f. Pfl., Düng. u. Bodenk. 22, s. 21—51.
- (6) VUORINEN, J. 1952. Koetilojen peltojen viljavuudesta. Agrogeol. julk. 59.



## SUMMARY:

## ON THE USE OF EXCHANGEABLE HYDROGEN AND THE SUM OF EXCHANGEABLE BASES AT DETERMINING THE LIME REQUIREMENT OF SOIL.

By

MARTTI SALONEN

*Agricultural Research Centre, Department of Agricultural Chemistry and Physics, Tikkurila.*

In this investigation BROWNS (2) method was employed with slight modifications. At the determination of exchangeable hydrogen, normal calcium acetate was used instead of normal ammonium acetate. In some respects calcium acetate is more suitable than ammonium acetate, and it is probably better to exchange hydrogen with calcium than with ammonium. For mineral soils the ratio between soil and liquid was the same as was employed by BROWN, or 1 : 10, but for organic soils with loss of ignition more than 40 %, the ratio used was 1 : 20. The mixture of soil and calcium acetate, resp. acetic acid, was shaken in a machine for 4 hours. All results of analyses were calculated as kg.-equiv. per hectare.

The soil samples used in this investigation were the same as in an earlier investigation at this laboratory (3), and they were all taken from field experiments. Therefore the effect of liming upon the soil is known.

The amounts of exchangeable bases and hydrogen are seen in table I as averages for different soils, with standard deviations. All mineral soils are summed, and average values for all mineral soils are presented, too. As standard deviations indicate, variation in the same type of soil may be considerable.

The amounts of exchangeable calcium were known for all soil samples (3). In order to compare the amounts of exchangeable calcium to the sum of exchangeable bases, the correlation between exchangeable calcium and the sum of exchangeable bases was calculated; it was  $+0.83 \pm 0.03$ , which indicates a close relationship between both.

For part of experiment fields, the soil samples were taken from unlimed soil as well as from soil limed with ground limestone at the rate of 4 tons per hectare. Averages with standard deviations for different types of soil of these experiment fields are given in table 2, which also gives the changes due to liming. On the average, the increase in the sum of exchangeable bases due to 4 tons of ground limestone per hectare was for all experiment fields  $+84 \pm 63$  kg.-equiv. per hectare, corresponding to 4.2 tons of limestone. On the basis of the available material it was impossible to decide, whether the difference is due to the defectiveness of the employed method, or to the fact that the ground limestone was worked into the surface layer of soil, and the soil samples mostly taken from the surface of soil, but the results of analyses were calculated for 20 cm. layer of soil. As table 2 shows, liming increased the sum of bases more than it decreased the exchangeable hydrogen. The difference is statistically significant.

The most interesting detail in this investigation was the correlation between the results of analyses and the effect of liming upon the yields. Neither the sum of exchangeable bases nor the exchangeable hydrogen alone seems to be suitable for estimating lime requirement. In this investigation the sum of both, and the percentage of the sum of bases in total amount were calculated. The obtained value is called the «base percentage».

When the correlation between any chemical test and the increase in yield should be calculated, there are two possibilities, 1. to report the increase in yield as percentages, or 2. to report the increase in kilograms, fodder units, etc. Here, both ways were used. The correlation coefficient between the base percentage and the increase in yield as percentages was  $-0.56 \pm 0.03$ , and between the base percentage and the increase in yield in fodder units  $-0.40 \pm 0.03$ . — As seen, the correlation is poor in both cases.

The method used most in Finland at the determination of lime requirement is the method of TUORILA (3), according to which exchangeable calcium is determined with normal ammonium chloride,

and if the amount of exchangeable calcium is less than 12 tons per hectare, the soil is regarded as lime requiring. In these experiments the correlation coefficient between exchangeable calcium and the increase in yield as percentage was  $-0.46 \pm 0.03$ , and between exchangeable calcium and the increase in yield in fodder units  $-0.51 \pm 0.03$ .

As can be seen, neither of these methods gives a good correlation with the effect of liming. Further study of the results of analyses showed that for mineral soils, but not for humus and peat soils, in cases when the soil did not respond positively to liming in spite of a low amount of exchangeable calcium, the base percentage was high, 57—76, and therefore liming was unnecessary. Only in two cases out of seventeen the base percentage was contradictory to the response of soil to liming. Thus it may be possible that the determination of the base percentage can protect from too much liming in mineral soils, if the total exchange capacity of the soil is low.

## MAATALOUSTIETEELLINEN AIKAKAUSKIRJA

### TOIMITUSKUNTA

*Ilmari Poijärvi*  
Päätoimittaja

*E. A. Jamalainen*  
Toimitussihteeri

Tikkurila. Puh. 831 244 ja 831 308

Tikkurila. Puh. 831 419 ja 831 318

*E. Kitunen, J. O. Sauli, Erkki Kivinen, Aarne Virtamo*

### MAATALOUSTIETEELLISTÄ AIKAKAUSKIRJAA

ilmestyy 4 vihkoa vuodessa sisältäen kukin 2—4 painoarkkia

*Käsikirjoitukset* lähetetään joko päätoimittajalle tai toimitussihteerille (os. Tikkurila) tai jollekin toimitusvaliokunnan jäsenelle

### SUOMEN MAATALOUSTIETEELLINEN SEURA

*Puheenjohtaja:*

Professori Nils Westermarck,  
Iso Puistotie 1, Munkkiniemi

*Sihteeri:*

Professori V. Vainikainen,  
Kasarmik. 38 A 8, Helsinki

*Varapuheenjohtaja:*

Professori Onni Pohjakallio,  
Viikin kartano, Helsinki

*Rahastonhoitaja:*

Maisteri Aarne Virtamo,  
Maataloushallitus, Helsinki

*Kirjastonhoitaja:*

Maisteri Majlis Tulander, Hallituskatu 3, Helsinki