

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANTUTKIMUSLAITOS

Tiedote N:o 9

1980

MAAN KALKITUSTARPEEN MÄÄRITTÄMISESTÄ
VILJAVUUSTUTKIMUKSESSA

Toivo Ylärinta ja Väinö Mäntylähti

Maatalouden tutkimuskeskus
MAANTUTKIMUSLAITOS

PL 18, 01301 Vantaa 30

Tiedote N:o 9

1980

MAAN KALKITUSTARPEEN MÄÄRITTÄMISESTÄ
VILJAVUUSTUTKIMUKSESSA

Toivo Ylärinta ja Väinö Mäntylähti

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa verrattiin viljavuustutkimuksen kalkitus-
tarpeen määrittämenetelmää ns. titrausmenetelmään, jonka
avulla voidaan laboratoriossa määrittää teoreettinen kalki-
tusainemäärä maan pH-arvon nostamiseksi halutulle tasolle.

Kun kalkitussuositus tehdään maalajiryhmissä savimaat,
karkeat kivennäismaat ja eloperäiset maat pelkän $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -
tai $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -mittauksen perusteella, saadaan tämän tutki-
muksen mukaan etenkin savimaissa ja karkeissa kivennäismaissa
viljavuustutkimusmenetelmän tuloksia todellisempi kuva kal-
kitustarpeesta. Parannuksesta huolimatta kalkitussuositus
jää varovaiseksi nimenomaan eloperäisillä mailla.

Karkeasta kolmen ryhmän maalajiluokitukselta seuraa,
että samaan ryhmään voi kuulua hyvin erilaisia maita. Näin
ollen saattavat viljavuusanalyysissä vaihtuvan kalsiumin ta-
voitepitoisuudet helposti ylittää efektiivisen kationinvai-
tokapasiteetin.

Tämän tutkimuksen perusteella voitaisiin kalsiumanalyysis-
tä luopua arvioitaessa maan kalkitustarvetta.

JOHDANTO

Viljelysmaiden happamuus lisääntyy ravinteiden huuhtoutumisen, kasvien ravinteiden oton, tehokkaan väkilannoituksen ja myös ilmasta laskeumana tulevan rikin seurauksena. Valtaosa pelloistamme onkin vaatelaidien kasvilajien ja -lajikkeiden viljelyn kannalta liian happamia. Toisaalta liiallinen happamuus vaikuttaa mm. fosforilannoitteiden hyväksikäyttöön ja heikentää maan mikro-organismien elinmahdollisuuksia.

Happamuuden kehitys on maassamme kulkenut lievästi parempaan suuntaan. Kuitenkin Pohjois-Suomen ja Pohjanmaan pelloista 85-95 %, Keski-Suomen 80-90 %, Etelä-Suomen 75-85 %, Lounais-Suomen 60-70 % ja Ahvenanmaan pelloista 40-50 % on kalkituksen tarpeessa (KURKI 1978). Kalkitustarve ei ole vähentynyt 1970-luvun kuluessa (KURKI 1979).

Maan happamuutta voidaan vähentää lisäämällä emäksisesti vaikuttavia aineita, kuten kalkkikivijauhetta (CaCO_3). Vaikeutena on arvioida optimaalisten viljelyedellytysten luomiseksi tarvittava kalkitusainemäärä. Määrittämissä nopeina ja halpoina tulevat kysymykseen laboratoriomenetelmät. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata viljavuustutkimuksen kalkitustarpeen määrittämissä ns. titrausmenetelmään, jonka avulla voidaan määrittää teoreettinen kalkitusainemäärä maan pH-arvon nostamiseksi halutulle tasolle.

TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto koostui 196 eri puolilta maata timoteinurmien muokkauskerroksesta (5-15 cm) otetuista maanäytteistä. Nämä jakautuivat kolmeen maalajiryhmään taulukon 1 mukaisesti.

Kaikista maanäytteistä määritettiin $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, johtoluku, orgaaninen hiili sekä happamaan ammoniumasetaattiin (0,5 M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, 0,5 M CH_3COOH , pH 4,65) vaihtuva kalsium. Lisäksi jokaisesta maanäytteestä määritettiin $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -lisäyksiin ns. titrauskäyrä.

Taulukko 1. Maanäytteiden pH(H₂O), pH(CaCl₂), johtolukujen (johtavuus x 10² S/m), orgaanisen hiilen pitoisuusien (%) ja viljavuusanalyysissä vaihtuvan kalsiumin pitoisuusien (mg/l maata) keskiarvot 95 % luotettavuusrajoineen.

Maalajiryhmä	Näytteiden lukumäärä	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	Johtoluku	Orgaaninen hiili	Ca
Savimaat	69	5,63 ⁺ -0,05	4,79 ⁺ -0,05	0,70 ⁺ -0,04	3,5 ⁺ -0,3	1650 ⁺ -110
Karkeat kivennäismaat	65	5,56 ⁺ -0,08	4,77 ⁺ -0,08	0,82 ⁺ -0,08	4,2 ⁺ -0,5	910 ⁺ -80
Eloperäiset maat	62	5,05 ⁺ -0,09	4,37 ⁺ -0,09	1,5 ⁺ -0,2	26 ⁺ -3	1390 ⁺ -150

Menetelmät

Maiden $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ ja $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ määritettiin maa-neste -suspensiosta (25 ml maata ja 62,5 ml H_2O tai 0,01 M CaCl_2 -liuosta). Yön yli tapahtuneen seisotuksen jälkeen suoritettiin $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -mittaus. Sen sijaan $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ mitattiin 2 tunnin kuluttua 0,01 M CaCl_2 -liuoksen lisäyksestä. Ennen $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -mittausta mitattiin johtavuus sekoittamattoman näytteen liuososasta.

Orgaaninen hiili määritettiin ns. ALTENin märkäpolton muunnoksella (TARES ja SIPPOLA 1978).

Ns. vaihtuva kalsium määritettiin viljavuustutkimuksen analyysimenetelmällä (VUORINEN ja MÄKITIE 1955).

Titrauskäyrän saamiseksi lisättiin 25 ml maata 62,5 ml 0,01 M CaCl_2 -liuosta, joka oli 0,0055 M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ suhteen ja toiseen 25 ml näytteeseen 62,5 ml 0,01 M CaCl_2 -liuosta, joka oli 0,0103 M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ suhteen. Eloperäisistä maista vaati 12 näytettä ylimääräisen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -lisäyksen, jolloin maa-neste -suhteeksi tuli 1:5. RYTIN (1965) mukaan $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -arvot ovat käytännöllisesti katsoen riippumattomat maan ja liettämisenesteen suhteesta rajoissa 1:2,5 - 1:10.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ -liuokset valmistettiin lisäämällä litraan 0,01 M CaCl_2 -liuosta 0,5 g ja 1,0 g kiteistä $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Huolellisen sekoituksen jälkeen liuosten annettiin seistä noin 20 tuntia, jonka ajan kuluttua liuokset suodatettiin sekä suodosten moolisuus tarkistettiin titraamalla kloorivetyhapolla.

Näytteiden annettiin seistä, päivittäin niitä kuitenkin sekoittaen, 4, 6 ja 10 vuorokautta, jolloin pH mitattiin sekoitetuista näytteistä. Näytteiden seisottaminen 6 vuorokautta ennen mittaamista osoitautui riittäväksi, koska pH -arvon muuttuminen tätä pidemmän ajan kuluessa oli vähäistä.

Analyysieihin käytettiin ilmakeivää ($\leq \varnothing 2 \text{ mm}$) maata.

pH(H₂O) ja pH(CaCl₂) välinen riippuvuus

Viljavuustutkimuksen kalkitussuosituksessa pyritään maan pH(H₂O) tavallisessa viljelyssä nostamaan kivennäismailla pH 6 tienoille ja turvemailla 0,5-1 pH-yksikköä matalampaan arvoon (KURKI 1977). Koska titrausmenetelmässä mitattiin pH(CaCl₂), selvitettiin aluksi pH(H₂O) ja pH(CaCl₂) välinen riippuvuus sekä pH-arvojen erotus tutkitussa aineistossa vertailukalkitusainemäärien saamiseksi titrausmenetelmän tuloksista. Näin voitiin välttää yksittäisistä pH-mittauksista mahdollisesti johtuvat virheet.

Eri maalajiryhmissä olivat pH(H₂O) ja pH(CaCl₂) väliset lineaariset korrelaatiokertoimet ja pH-mittausmenetelmien lukuarvojen erotukset seuraavat:

Maalajiryhmä	r	Erotus pH(H ₂ O) - pH(CaCl ₂) ^{x)}
Savimaat (69)	0,91 ^{xxx}	0,83±0,02
Karkeat kivennäismaat (65)	0,95 ^{xxx}	0,79±0,02
Eloperäiset maat (62)	0,94 ^{xxx}	0,67±0,03

x) 95 % luotettavuusrajoineen

Kokonaiskorrelaatiokertoimen arvoja ei oleellisesti kohottanut johtoluvun ja orgaanisen hiilen pitoisuuden ottaminen selittäjiksi. Mittausmenetelmien välisiä pH-arvojen eroja voidaan pitää tyypillisinä suomalaisille viljelysmaille. Savimaissa pH(H₂O) ja pH(CaCl₂) erotus on suurin. Tämä käy hyvin yhteen savimaiden karkeita kivennäismaita ja eloperäisiä maita matalamman johtoluvun kanssa. Johtoluvun kaksinkertaistuminen (savimaiden ja karkeiden kivennäismaiden keskiarvoista 0,70 ja 0,82 eloperäisten maiden arvoon 1,5) pienentää menetelmien pH-arvojen erotusta 0,1 pH-yksikköä (TARES 1979).

Titraustulosten muuntaminen CaCO₃-määriksi

Tutkimuksessa käytettiin kahta Ca(OH)₂-lisäystä, jotka vastasivat 0,69 me Ca (0,0055 M Ca(OH)₂) ja 1,29 me Ca (0,0103 M Ca(OH)₂) 25 ml maaerää kohti. Kalsiumin ekvivalenttimääristä laskettiin

vastaavat CaCO_3 -määrät, jotka muunnettiin vastaamaan kalkkikivijauhetta olettamalla kalkkikivijauheen sisältävän 35 % neutraloivaa Ca (WIKSTRÖM 1978).

Kalkitustarve saatiin selville graafisesti, kun piirrettiin pH:ta esittävä käyrä $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -lisäyksen funktiona. Laskemalla kalsiumhydroksidilisäyksiä vastaavat kalkkikivijauhemäärät hehtaaria kohden (20 cm kerros) ja yhdistämällä näin saadut pisteet käyriksi voitiin lukea kalkkikivijauheen määrä savimaissa ja karkeissa kivennäismaissa $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ 5,2 kohdalta (vastaa $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 6,0). Eloperäisissä maissa vastaava arvo saatiin $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ 4,8 kohdalta (vastaa $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 5,5).

Viljavuustutkimuksen mukainen kalkitus

Viljavuustutkimuksessa kalkitustarvetta arvioitaessa otetaan huomioon kussakin maalajiryhmässä (savimaat, karkeat kivennäismaat ja eloperäiset maat) sekä happamuus että kalsiumluokka siten, että tarve määritetään näiden välisen keskimääräisen luokan mukaan. Jos esim. happamuustilanne on huononlainen (luokka 2), mutta kalsiumtilanne tyydyttävä (luokka 4), arvioidaan kalkitustarve välttävän luokan (3) mukaan (taulukot 2 ja 3, KURKI 1977).

Taulukkojen 2 ja 3 perusteella piirrettiin maan pH lisättävän kalkkikivijauhemäärän (t/ha) funktiona erikseen sekä eloperäisille maille että karkeille kivennäismaille ja savimaille. Vastaavasti piirrettiin kullekin maalajiryhmälle erikseen maan pH:ta esittävä käyrä vaihtuvan kalsiumin funktiona. Käyrien perusteella voitiin selvittää viljavuustutkimuksen mukainen tarkka kalkitusaineen määrä.

TULOKSET JA TARKASTELU

Viljavuustutkimuksen, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ - sekä $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -mittausten mukaisten kalkitustarvearvioiden ja titraustulkinnan vertailu

Kussakin maalajiryhmässä laskettiin viljavuustutkimuksen kalkitustarvearvion ja titrausmenetelmän välinen lineaarinen korrelaatio.

Taulukko 2. Viljavuustutkimuksen luokituksen mukaan savimaiden, karkeiden kivennäismaiden ja eloperäisten maiden happamuus ja vaihtuva kalsium (KURKI 1977).

Viljavuusluokka	Savimaat		Karkeat kivennäismaat		Eloperäiset maat	
	pH(H ₂ O)	Ca mg/l	pH(H ₂ O)	Ca mg/l	pH(H ₂ O)	Ca mg/l
Hyvä (5)	6,2 - 6,6	2600 - 3600	6,2 - 6,6	2000 - 2600	5,6 - 6,0	2600 - 3600
Tyydyttävä (4)	5,8 - 6,2	2000 - 2600	5,8 - 6,2	1400 - 2000	5,2 - 5,6	1600 - 2600
Välttävä (3)	5,4 - 5,8	1500 - 2000	5,4 - 5,8	800 - 1400	4,8 - 5,2	1000 - 1600
Huononlainen (2)	5,0 - 5,4	1000 - 1500	5,0 - 5,4	400 - 800	4,4 - 4,8	600 - 1000
Huono (1)	< 5,0	< 1000	< 5,0	< 400	< 4,4	< 600

Taulukko 3. Kalkkikivijauhemäärät eri viljavuusluokissa heinäkasvien viljelyssä viljavuustutkimuksen suosituksen mukaan (KURKI 1977).

Viljavuusluokka	Kalkkikivijauhe (t/ha)
Hyvä (5)	-
Tyydyttävä (4)	2 - 4
Välttävä (3)	4 - 6
Huononlainen (2)	6 - 8
Huono (1)	8 - 12

pH(H₂O)-tulkinta saatiin viljavuustutkimuksen tulkintakaaviosta huomioimalla yksinomaan pH(H₂O)-arvot (KURKI 1977). Vastaava pH(CaCl₂)-tulkinta saatiin samasta taulukosta, kun lisäksi otettiin huomioon, että pH(H₂O) ja pH(CaCl₂) erotus oli savimaiden ryhmässä 0,83, karkeiden kivennäismaiden ryhmässä 0,79 ja eloperäisten maiden ryhmässä 0,67 pH-yksikköä. Korrelaatiokertoimet olivat seuraavat:

Maalajiryhmä	Viljavuus- tutkimus	pH(H ₂ O)- tulkinta	pH(CaCl ₂)- tulkinta
Savimaat (69)	0,61 ^{xxx}	0,87 ^{xxx}	0,95 ^{xxx}
Karkeat kivennäismaat (65)	0,77 ^{xxx}	0,89 ^{xxx}	0,92 ^{xxx}
Eloperäiset maat (62)	0,53 ^{xxx}	0,72 ^{xxx}	0,82 ^{xxx}

Korrelaatiokertoimien poikkeaminen nollostani oli merkitsevä riskitasolla 0,1 % kaikissa tapauksissa. Kun kalsiumanalyysin tulos jätettiin pois viljavuustutkimuksen kalkitustarvearviosta (pH(H₂O)- ja pH(CaCl₂)-tulkinta), kasvoivat korrelaatiokertoimien arvot jokaisessa maalajiryhmässä. Korrelaatiokertoimien keskinäisten erojen merkitsevyys testattiin "z-transformaatiotestillä" (SNEDECOR ja COCHRAN 1972, s. 185). pH(H₂O)-tulkinnan mukaiset korrelaatiokertoimien arvot erosivat merkitsevästi viljavuustutkimuksen mukaisista kertoimien arvoista savimaiden ryhmässä <0,1 % riskillä, karkeiden kivennäismaiden ryhmässä 3 % riskillä ja eloperäisten maiden ryhmässä 9 % riskillä. Vastaavasti pH(CaCl₂)-tulkinnan mukaiset korrelaatiokertoimien arvot erosivat merkitsevästi viljavuustulkinnan kertoimista savimaiden ryhmässä <0,1 % riskillä, karkeiden kivennäismaiden ryhmässä 0,2 % riskillä ja eloperäisten maiden ryhmässä 0,3 % riskillä. Savimaiden ryhmässä pH(H₂O)- ja pH(CaCl₂)-tulkintojen korrelaatiokertoimien arvot erosivat toisistaan 95 % todennäköisyydellä.

Pelkän pH(H₂O)-mittauksen perusteella tehty kalkitussuositus näyttää antavan viljavuustutkimuksen arviota todellisemman kuvan kalkitustarpeesta kaikissa maalajiryhmissä, kun vertailuperusteena on titraustulkinnan mukainen kalkitustarve.

Pyrittäessä titraustulkinnalla selittämään viljavuustutkimuksen ja

toisaalta $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ - ja $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -tulkintojen avulla tehtyjä kalkitussuosituksia, saatiin seuraavat lineaariset regressioyhtälöt (kuva 1):

Maalajiryhmä	Viljavuustutkimus	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -tulkinta	$\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -tulkinta
Savimaat (69)	$y=4,02+0,49x$	$y=3,37+0,61x$	$y=3,26+0,67x$
Karkeat kivennäismaat (65)	$y=4,17+0,47x$	$y=3,27+0,68x$	$y=3,22+0,70x$
Eloperäiset maat (62)	$y=4,15+0,16x$	$y=3,72+0,24x$	$y=3,52+0,27x$

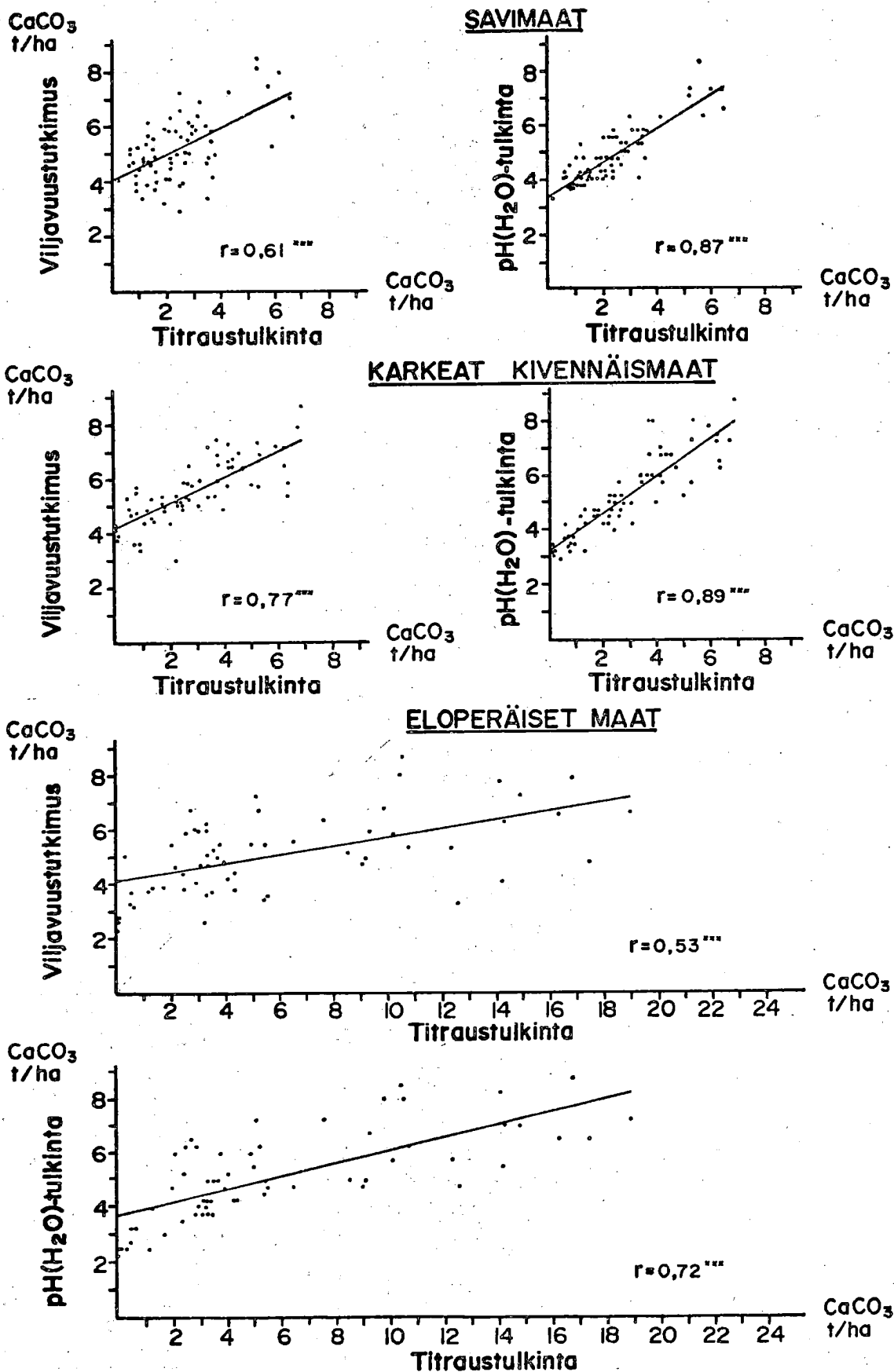
Regressioyhtälöistä havaitaan, että viljavuustutkimus suosittelee kalkkikivijauhetta noin 4 t/ha, kun taas titraustulkinnan mukaan kalkitus on tarpeeton. Viljavuustutkimukselle on myös ominaista vain vähäinen kalkitusainemäärän kasvu titraustulkinnan mukaiseen kalkitustarpeeseen verrattuna. Tämä tulee korostetusti näkyviin eloperäisten maiden kalkitussuosituksissa. Myös MÄKITIE (1965) on todennut viljavuustutkimuksen mukaisten suositusten johtavan eloperäisillä mailla liian niukkaan kalkitukseen.

Maan kalkitustarpeen arviointi $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -mittauksen ja $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -mittauksen avulla

Analyysitulosten perusteella todettiin viljavuustutkimukseen perustuvan kalkitussuosituksen poikkeavan titraustulkinnan mukaisista kalkitusainemääristä. Toisaalta todettiin $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ - ja $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -mittauksiin perustuvien tulkintojen kuvaavan titrausmenetelmällä määritettyä kalkitustarvetta paremmin kuin viljavuustutkimuksen mukainen tulkinta. Tämän johdosta laskettiin titraustulkinnan mukainen kalkitustarve mitatun pH :n funktiona:

Maalajiryhmä	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -mittaus	$\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -mittaus
Savimaat (69)	$y=48,22-8,14x$ 5,9	$y=35,16-6,83x$
Karkeat kivennäismaat (65)	$y=34,78-5,74x$ 6,1	$y=31,49-6,01x$
Eloperäiset maat (62)	$y=60,52-10,97x$ 5,5	$y=58,09-12,13x$

Korrelaatiokertoimien arvot ovat näille yhtälöille lukuarvoiltaan



Kuva 1. Viljavuustutkimuksen sekä $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -tulokinnan mukaisten kalkitus-suositusten riippuvuus titraustulokinnasta maalajiryhmittäin.

samat kuin asetelmassa sivulla 8, mutta negatiiviset. Tulokset perustuvat tällöin aineistoon, jossa mitatut pH-arvot vaihtelivat seuraavasti:

Maalajiryhmä	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Savimaat (69)	4,9-6,0	4,2-5,1
Karkeat kivennäismaat (65)	5,0-6,0	3,9-5,4
Eloperäiset maat (62)	4,2-5,6	3,3-4,8

Maan ns. vaihtuvan kalsiumpitoisuuden merkitystä kalkitustarpeen arvioimisessa tutkittiin myös siten, että se oli pH(H₂O)-mittauksen ohella selittävänä tekijänä titraustulkinnan mukaisessa kalkitus-tarvearviossa. Savimaiden ryhmässä se lisäsi selvitysastetta 1,4, karkeiden kivennäismaiden ryhmässä 0,3 ja eloperäisten maiden ryhmässä 1,8 prosenttiyksikköä.

Tulosten tarkastelu

Optimaalisena vedyn ja metallikationien suhteena kasvien ravinteiden otolle pidetään kivennäismaissa suhdetta 1:3; emäskyllästysasteen täytyy näin ollen olla suunnilleen 75 % kationinvaihtokapasiteetista (JONSSON 1978).

Viljavuustutkimuksen suosituksissa luokassa tyydyttävä on esim. karkeilla kivennäismailla vaihtuvaa kalsiumia 1400 mg/l ja pH(H₂O) 5,8. Jota maassa voisi olla näin paljon vaihtuvaa kalsiumia tässä pH:ssa, pitäisi kationinvaihtokapasiteetin olla yli 10 me/100 g maata eli yli 10 me/100 ml maata, kun suomalaisten kivennäismaiden keskimääräinen tilavuuspaino on SIPPOLAN ja TAREKSEN (1978) mukaan noin 1. Lisäksi on otettava huomioon, että viljavuusmenetelmä vaihtaa VUORISEN ja MÄKITIEN (1955) mukaan tavallisista viljelysmaista keskimäärin 80 % vaihdettavissa olevasta kalsiumista. Efektiivinen kationinvaihtokapasiteetti on pintanäytteissä (0-20 cm) hiesu- ja hiuemaissa (pH(CaCl₂) 5,0) sekä hieta- ja hiekkamaissa, mukana myös moreeninäytteitä (pH(CaCl₂) 4,9) KAILAN (1971) mukaan keskimäärin noin 9 me/100 g maata. Kationinvaihtokapasiteetin suurista eroista johtuu, ettei erilaisissa maissa jossakin tietyssä pH:ssa voi olla

läheskään samansuuruisia määriä vaihtuvaa kalsiumia. Jos halutaan ilmoittaa joitakin tavoitteita maan vaihtuvan kalsiumin pitoisuuksille, niin niiden olisi viljavuustutkimuksen suosituksissa paremmin vastattava efektiivisen kationinvaihtokapasiteetin kuvaamia mahdollisuuksia. Viljavuustutkimuksessa vaihtuvan kalsiumin mukaanottoa ei puolla se, että maan pH:n ja vaihtuvan kalsiumin välille saadaan matemaattinen riippuvuus.

Viljavuustutkimuksen kalkitussuositus näyttää olevan varovainen. Niukka suositus tulee voimakkaimmin esille eloperäisissä maissa ja yleensä maissa, joiden kationinvaihtokapasiteetti on suuri. Lisäksi kalsiumtilanteen mukaanotto huonontaa kalkitustulkintaa kaikissa tutkituissa maalajiryhmissä ja erityisen selvästi savimaissa. Maasta happamaan ammoniumasetattiin vaihtuvaa kalsiumia voidaan käyttää kalkitustarpeen mittana vain sillä edellytyksellä, että kationinvaihtokapasiteettiin ja sen emäskyllästysasteeseen vaikuttavat tekijät ovat samoja. Näin ei yleensä ole asianlaita. Tutkimuksen mukaan $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -mittaus ilman kalsiumtilannetta kuvaakin paremmin maan kalkitustarvetta.

Saatu pH-arvo antaa kuitenkin yksinään vain kvalitatiivisen mitan kalkitustarpeesta. Maassa, jossa pH on matala ja kationinvaihtokapasiteetti pieni, tarvitaan pH:n kohottamiseksi jollekin tietylle tasolle oleellisesti vähemmän kalkitusainetta, kuin yhtä happamassa maassa, mutta jossa kationinvaihtokapasiteetti on suuri. Tällöin kalkitusainemäärä on selvitettävä $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ - tai $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -mittausta tarkemmin menetelmin, esim. tutkimuksessa kuvatulla titrausmenetelmällä. Käytännössä tällöin tarvitaan vain yksi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -lisäys (esim. 0,005 M kivennäismailla ja 0,01 M eloperäisillä mailla) maa-neste-suhteen ollessa 1:5.

Tämän tutkimuksen perusteella maan kalkitustarvetta arvioitaessa voitaisiin kalsiumanalyysi jättää pois rutiininomaisesta viljavuustutkimuksesta. Pelkän $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ - tai $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -mittauksen mukainen kalkitussuositus kuvaa titraustulkinnan mukaista kalkitustarvetta paremmin kuin viljavuustutkimukseen perustuva suositus.

KIRJALLISUUTTA

- JONSSON, E. 1978. Kalkitustarpeen määritysmenetelmät. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 8:16-24.
- KAILA, A. 1971. Effective cation-exchange capacity in Finnish mineral soils. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 43:178-186.
- KURKI, M. 1977. Viljavuustutkimuksen hyväksikäyttö. 20 p. Helsinki.
- 1978. Åkerjordens pH- och kalktillstånd i Finland. Nord. Jordbr.forskn. 60:682-683.
- 1979. Suomen peltojen viljavuuden kehityksestä. 41 p. Helsinki.
- MÄKITIE, O. 1965. On determination of lime requirement of soils. Ann. Agric. Fenn. 4:238-252.
- RYTI, R. 1965. On the determination of soil pH. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 37:51-60.
- SIPPOLA, J. & TARES, T. 1978. The soluble content of mineral elements in cultivated Finnish soils. Acta Agric. Scand. Suppl. 20:11-25.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. 1972. Statistical methods. 593 p. 6th Ed. Ames.
- TARES, T. 1979. Maan pH-mittausmenetelmien vertailu. Maantutkimuslaitoksen tiedote 8:1-7.
- & 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.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Agrogeol. Publ. 63:1-44.
- WIKSTRÖM, L. 1978. Maanviljelyskalkkitekiteollisuus ja markkinat. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 8:27-28.

