

MAAN VILJAVUUSTEKIJÄIN KESKINÄISET VUORO-SUHTEET MAALAJEITTAIN

ESKO LAKANEN, MIKKO SILLANPÄÄ, MARTTI KURKI ja SEPPÖ HYVÄRINEN

*Maatalouden tutkimuskeskus Maantutkimuslaitos, Tikkurila
Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki*

Saapunut 12. 11. 1969

Suomessa käytössä oleva yleinen viljavuusanalyysi perustuu kalsiumin, kaliumin, fosforin, magnesiumin, nitraattitypen ja sulfaattirikin osalta näiden ravinteiden uuttamiseen maasta happamalla ammoniumasetaatilla (0.5 N CH_3COOH , 0.5 N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH 4.65) 60 minuutin ajan 1:10 tilavuussuhteessa (VUORINEN ja MÄKITIE 1955). Poiketen muissa maissa yleensä käytetystä ilmoitustavasta meillä ilmoitetaan ravinteisuus alkuaineen pitoisuutena maan tilavuusyksikköä kohti (mg/l maata), mitä ilmaisumuotoa maan tilavuuspainon suuresta vaihtelusta johtuen on oloissamme pidettävä oikeana.

Viljavuusanalyysia on tarkasteltu eri puolilta jo useissa eri tutkimuksissa. MÄKITIE (1956) selvitti uuttotapaa ja ravinteiden uuttumista. VIRO (1965) on verrannut eri pitkiä uuttoaikoja ja uutteen kemiallista analysointia. Menetelmän tarkkuutta ovat tutkineet MÄKITIE (1958) ja LAKANEN (1960). Muissa maissa käytössä olevien menetelmien kanssa on suoritettu vertailuja maa- ja kasvianalyysien perusteella (KERÄNEN ym. 1963, LAKANEN 1963). Näissä vertailuissa on menetelmä osoittautunut sopivimmaksi suomalaisien maiden viljavuusanalyysiin. KURKI (1963) on julkaissut viljavuusanalyysien perusteella laajan tilaston Suomen peltujen viljavuudesta. Viljavuusanalyysin nykyinen tulkintakaavio on tehty viimeisimmän tarkistuksen yhteydessä (KURKI et al. 1965).

Nykyaikainen maa- ja metsätalous on asettanut viljavuustutkimukselle lisää vaatimuksia. On suoritettava metsämaiden viljavuustutkimusta, tavanomaista peltomaiden viljavuusanalyysia sekä puutarha- ja kasvihuonemaiden ravinnetilan määrittäisiä. Ravinnetitoisuudet vaihtelevat niukoista ylisuuriin, jolloin tarvitaan sekä tulosten entistä yksityiskohtaisempaa tulkintaa että tarkempaa maalajikohtaista tietoutta. Myös maan hivenravinneanalyytit ovat yleistyneet viime vuosina. Nykyisin tehdään viljavuustutkimusten yhteydessä vuosittain noin 50.000 hivenravinneanalyyysia, joiden suorittamista vaikeuttaa kuitenkin analyysimenetelmien monilukuisuus. Miltei jokaiselle hivenravinteelle on oma, toisista poikkeava uuttomenetelmänsä. Viljavuusanalyysin uuttomenetelmää on sovellettu useiden helppoliukoisten hivenainesten samanaikaiseen uuttoon ja määrittämiseen (LAKANEN 1962) ja on todettu maa- ja vastaavien kasvinäytteiden hivenainepitoisuuksia.

sien välinen tilastollinen merkitsevyys (SILLANPÄÄ ja LAKANEN 1969). Uuttotavan mahdollinen hyväksikäyttö maan hivenravinnetutkimuksissa edellyttää kuitenkin vielä vertailevia tutkimuksia ja tulosten tulkinnan selvittelyä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on antaa pelkästään tilastoivin keinoin entistä tarkempi maalajikohtainen yleiskuva viljavuusanalyysin eri tekijäin (pH, Ca, K ja P) keskinäisistä vuorosuhteista. Samalla tuodaan esille suomalaisille viljelysmaille luonteenomainen ongelma, lannoitefosforin pidättyminen happamissa maissamme.

Aineisto ja menetelmät

Aineisto on sama, jota alustavasti käytettiin hyväksi jo viljavuusanalyysin tulosten ilmoitustapaa ja tulkintaa tarkistettaessa (KURKI et al. 1965). Eri puolilta maata olevien Viljavuuspalvelu Oy:n n. 80.000 maanäytteen analyysitulokset on tietokonekäsittelevän avulla esitetty toistensa funktiona maalajeittain siten, että kunkin viljavuustekijän analyysitulokset jaettiin viiteentoista pitoisuusluokkaan ja näiden osalta saatujen tietojen perusteella piirrettiin kuvissa 1—4 esitetyt pyöristetyt murtoviivat. Näin esitetyille vuorosuhteille ei ole laskettu tilastollista merkitsevyyttä, mutta ne voivat epäilemättä tuoda

Taulukko 1. Maalajiryhmitys ja viljavuusanalyysin keskiarvot.

Table 1. Soil classification and mean values of soil testing.

Maalajiryhmät <i>Soil groups</i>	N	Maalajit <i>Soil types</i>	n	pH	mg/l maata of soil		
					Ca	K	P
Moreeni- ja hiekkamaat <i>Moraine and sand soils</i>	8983	HkMr <i>Sand moraine</i>	721	5.75	1120	119.3	7.25
		HtMr <i>Finesand moraine</i>	7302				
		HsMr <i>Silt moraine</i>	44				
		KHk <i>Coarse sand</i>	274				
		HHk <i>Sand</i>	642				
Hietamaat <i>Finesand soils</i>	27804	KHt <i>Finesand</i>	12974	5.72	1295	111.5	6.60
		HHt <i>Finer finesand</i>	14830				
Hiesumaa <i>Silt soi</i>	8712	Hs <i>Silt</i>	8712	5.67	1425	129.1	4.28
Savimaat <i>Clay soils</i>	11760	HtS <i>Finesand clay</i>	5754	5.67	2070	189.4	4.30
		HsS <i>Silty clay</i>	919				
		AS <i>Heavy clay</i>	397				
		LjS <i>Cyttja clay</i>	4690				
Lieju- ja järvimutamaat <i>Mud and lake mud soils</i>	2109	Lj <i>Cyttja</i>	654	5.14	1325	74.8	2.86
		Jm <i>Lake mud</i>	1455				
Multamaa <i>Mould soil</i>	12152	Mm <i>Mould</i>	12152	5.26	1705	86.5	3.25
Turvemaat <i>Peat soils</i>	8225	Ct <i>Carex peat</i>	1237	5.04	1615	62.4	5.07
		LCt <i>Ligno Carex peat</i>	4320				
		SCt <i>Sphagnum Carex peat</i>	1650				
		CSt <i>Carex Sphagnum peat</i>	168				
		LSt <i>Ligno Sphagnum peat</i>	735				
		St <i>Sphagnum peat</i>	115				
Kaikki maat <i>All soils</i>	79745			5.56	1500	116.0	5.31

esiin eri seurausilmiöille ominaisia yksityiskohtia paremmin kuin lasketut kuvaajat, mistä on esimerkkinä pH:n ja fosforin välinen vuorosuhde kuvassa 2 C. Lisäksi suuren aineiston ansiosta, nk. suurten lukujen lain mukaan, päätelmien tietyistä syy-yhteyksistä ja riippuvuussuhteista voidaan uskoa olevan oikeutettuja ja ainakin ne antanevat viitteitä vastaisen, yksityiskohtaisempien tutkimusten suunnittelulle.

Johtuen aineiston epätasaisesta jakautumisesta eri maalajeihin on tulosten käsittely suoritettu taulukossa 1 esitetyn ryhmittelyn mukaisesti. Viljavuusanalyysien keskiarvoista ilmenee suomalaisille maille tyypillinen alhainen pH. Nykyisen tulkintakaavion mukaisesti vain multamaa edustaa tyydyttävää pH-tasoa, muiden maalajien kuulussa välttävään viljavuusluokkaan. Kalsium myötäilee pH-luokkia. Lukuunottamatta lieju- ja järvi-mutamaita kali- ja fosforitilanne on vain välttävä.

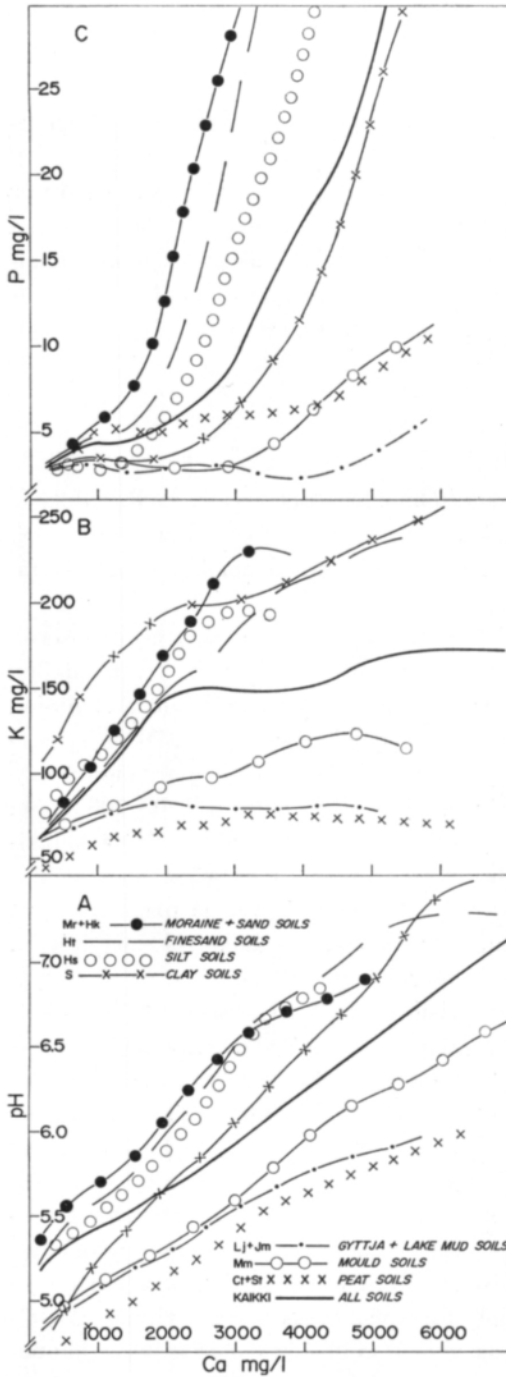
Tulosten tarkastelu

Joskaan kaikkien tutkittavina olevien viljavuustekijöiden (pH, Ca, K ja P) välillä ei voida olettaa vallitsevan suoranaisia, eikä edes aina mielekkäitäkään riippuvuussuhteita, esitetään kuvissa 1—4 kukin näistä tekijöistä toistensa funktiona maalajiryhmittäin tai maalajeittain (Hs ja Mm).

V a i h t u v a k a l s i u m. Peltomaiden kalsiumin pitoisuus määräytyy pääasiassa maan luontaisen kalsiumin pitoisuuden perusteella, mikä ilmenee mm. eri maalajien välisten Ca-pitoisuuksien selvinä eroina. Suomessa on myyntitilastojen mukaan vuosina 1923—1968 käytetty yhteensä n. 8.640.000 tonnia kalkkia eli keskimäärin n. 70 kg/ha vuodessa. Tämän ei voida katsoa aiheuttaneen maan pH:ssa keskimäärin olennaista muutosta. Vasta viimeisten kymmenen vuoden aikana on kalkin käyttö noussut 150—200 kg/ha tasolle. Kalkituksen voidaan kuitenkin katsoa tasoittaneen eri maalajien välisiä kalkkipitoisuuseroja, koska se on epäilemättä kohdistunut pääasiassa luontaisesti vähäkalkkisiin ja kalkituksen tarpeessa oleviin maihin. Kuvan 1 korkeimmat Ca- ja pH-luvut eivät enää edusta näiden maiden luontaisia pitoisuuksia, vaan ovat jo kalkituksesta johtuvia. On merkittävää, että maalajien väliset erot silti yhä säilyvät.

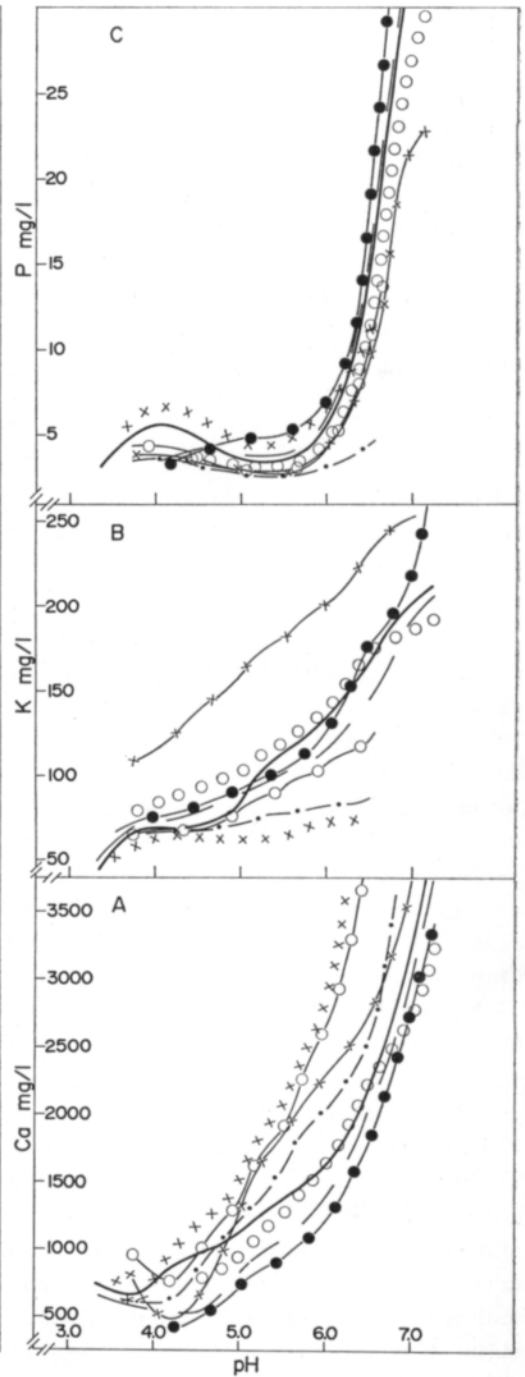
Kuvasta 1 A ilmenevät, paitsi eri maalajien pH-tasojen väliset selvät erot, myös kalkituksen erilainen vaikutus pH:n kasvuun eri maalajeissa. Alhaisella kalsiumtasolla (0—1000 mg/l) on eri maalajien keskimääräisten pH-tasojen vaihteluväli n. 0.7—0.8 pH-yksikköä, mutta kasvaa siitä kaksinkertaiseksi siirryttäessä 5000—6000 mg/l kalsiumtasolle. Eloperäisissä maissa, erityisesti turvemaisissa, joissa pH-taso yleensäkin on huomattavasti kivennäismaiden tasoa alhaisempi, myös pH:n kasvu kalsiumin seurausilmiönä on heikompi. Tämä johtuu orgaanisen aineksen suuresta puskurikapasiteetista. Karkeiden kivennäismaiden (Mr, Hk, Ht, Hs) kuvaajat muodostavat yhtenäisen ryhmän, jota savia edustava kuvaaja myötäilee suunnaltaan, tosin selvästi tasoltaan alempana poiketen erityisesti alhaisella pH- ja kalsiumtasolla. Tämä johtunee pääasiassa savien ryhmän sisältämästä 4690 (= 40 %) liejusavinäytteestä, jotka ovat luonteeltaan muita savia happamampia. Kokonaisuutena ottaen maan pH muuttuu lähes suoraviivaisesti kalsiumin funktiona.

Vaihtuvan kaliumin pitoisuus (kuva 1 B) kasvaa kalsiumin funktiona kaikissa maalajiryhmissä, joskin vuorosuhteet ovat selvästi epäyhtenäisempiä ja eri maalajien kuvaajat hajanaisempia kuin Ca-pH-funktioissa. Tämä johtuu ilmeisesti suoranaisen syy-yhtey-



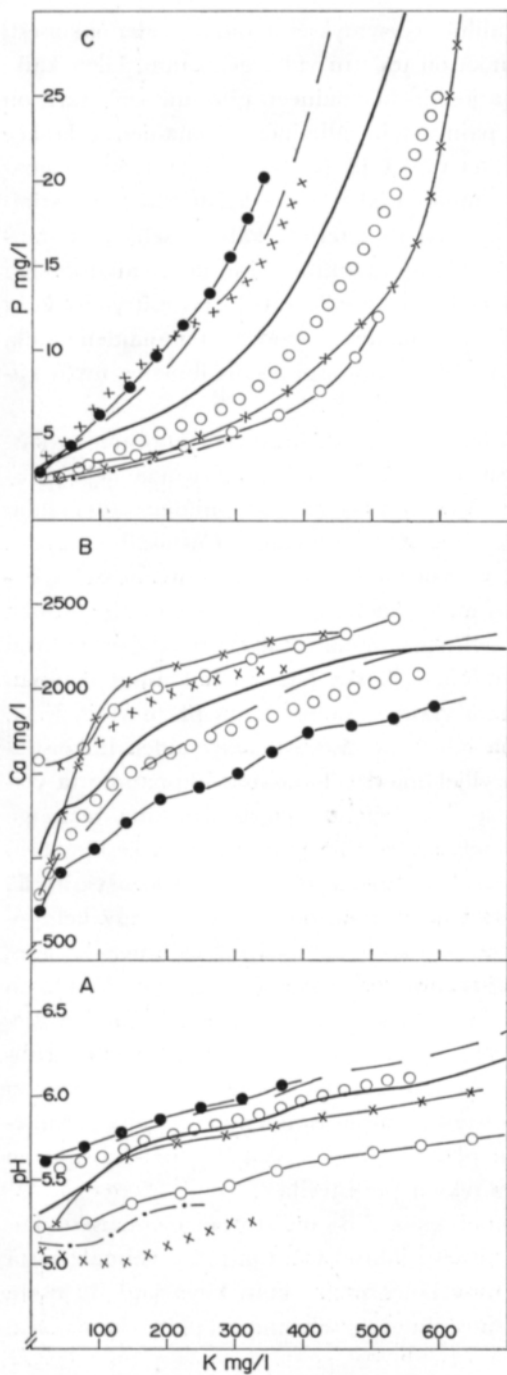
Kuva 1. Maan pH sekä vaihtuva kalium ja helppoliukoinen fosfori vaihtuvan kalsiumin funktiona.

Fig. 1. Soil pH, exchangeable potassium and readily soluble phosphorus as functions of exchangeable calcium.



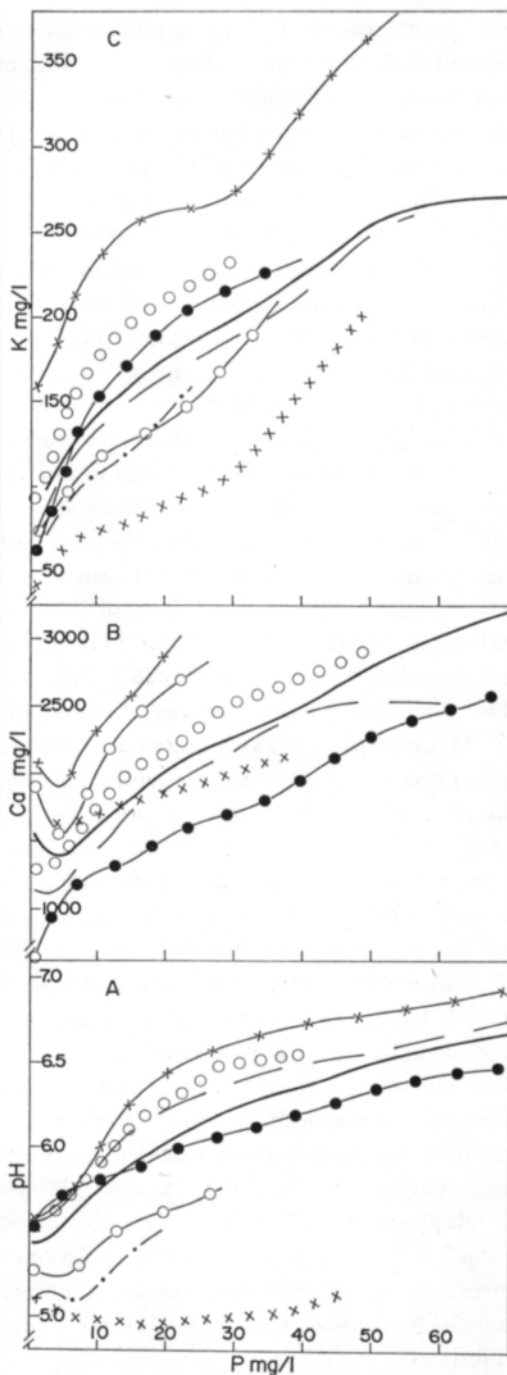
Kuva 2. Vaihtuva kalsium ja kalium sekä helppoliukoinen fosfori maan pH:n funktiona.

Fig. 2. Exchangeable calcium, potassium and readily soluble phosphorus as functions of soil pH.



Kuva 3. Maan pH sekä vaihtuva kalsium ja helppliukoinen fosfori vaihtuvan kaliumin funktiona.

Fig. 3. Soil pH, exchangeable calcium and readily soluble phosphorus as functions of exchangeable potassium.



Kuva 4. Maan pH sekä vaihtuva kalsium ja kalium helppliukoisen fosforin funktiona.

Fig. 4. Soil pH, exchangeable calcium and potassium as functions of readily soluble phosphorus.

den puuttumisesta Ca- ja K-pitoisuuksien väliltä. Kysymyksessä onkin todennäköisesti samantapainen epäsuora riippuvuussuhde, minkä on todettu vallitsevan mm. lähes kaikkien maan hivenaineiden välillä; maissa, joissa jonkin hivenaineen pitoisuus on suuri, on yleensä runsaasti myös muita hivenaineita ja päinvastoin, alhainen hivenainetaso koskee yleensä useiden hivenaineiden pitoisuuksia (SILLANPÄÄ ja LAKANEN 1966). Sama epäsuora riippuvuus on todettavissa myös eräiden muiden jäljempänä käsiteltävien funktioiden yhteydessä. Kuitenkin voimaperäisessä viljelyssä toteutetulla kalkituksella ja K-lannoituksella on ilmeisesti näiden ravinteiden välistä riippuvuutta voimistava vaikutus. Eri maalajiryhmien Ca-K-funktioiden kuvaajat ovat lähes samalla tavoin ryhmittyneet kuin vastaavat Ca-pH-funktioiden kuvaajat. Ero kivennäismaiden ja eloperäisten maiden välillä on viimeksimainittuja selvempi ja savimaiden runsas kaliumpitoisuus ilmenee myös kuvaajan sijainnista.

Maan helppoliukoisin fosforin pitoisuus kasvaa vaihtuvan kalsiumin pitoisuuden kasvaessa aluksi hitaasti, mutta myöhemmin varsin jyrkästi (kuva 1 C). Eri maalajeja edustavat kuvaajat poikkeavat toisistaan suuresti. Merkittävää on, että niiden taitekohdat sijoittuvat varsin eri kalsiumtasoisille. Jos näitä taitekohtia vastaavilta Ca-tasoilta luetaan eri maalajien vastaavat pH-arvot (kuva 1 A), voidaan todeta niiden asettuvan pH 5.5—5.8 seudulle. Toisin sanoen, fosforin liukoisuus alkaa huomattavasti kasvaa vasta tämän pH-tason yläpuolella (vert. kuva 2 C). Tämä selittää samalla myös eri maalajien fosforin liukoisuuden huomattavat erot korkeilla Ca-tasoilla. Koska fosforin liukoisuus olennaisesti kytkeytyy maan pH-tasoon, käsitellään tätä yksityiskohtaisemmin pH:n yhteydessä.

Maan pH. Maan happamuus vaikuttaa lähes ratkaisevasti ravinteiden liukoisuuteen ja käyttökelpoisuuteen kasveille. Suomen viljelymaiden luontaista happamuutta voidaankin pitää eräänä kasvinviljelyä, erityisesti sen lajivalintaa, rajoittavana tekijänä. Lisääntyneestä kalkituksesta huolimatta on viljelymaittemme pH-taso vielä keskimäärin 5.5:n luokkaa, eikä sen voida katsoa olennaisesti kalkituksen johdosta nousseen yksityisiä tapauksia lukuunottamatta. Kuvassa 2 esitetään vaihtuva kalsium ja kalium sekä helppoliukoinen fosfori maan pH:n funktiona. Kuten jo edellä on todettu, vaihtuva kalsium ei suinkaan ole pH:sta riippuvainen vaan päinvastoin. Kuvasta 2 A ilmenee kuitenkin näiden kahden tekijän välinen voimakas korrelaatio, joskin eri maalajien kuvaajien asemat poikkeavat osittain selvästikin kuvassa 1 A esitetyistä samojen tekijäin välisen suhteen kuvaajista. Tämä johtuu siitä, että kuvassa 1 A esitettyä suhdetta laskettaessa on näyteaineiston ryhmittely em. 15 luokkaan suoritettu Ca-pitoisuuden perusteella ja kullekin luokalle on laskettu vastaavien näytteiden pH, kun taas kuvan 2 A pH-Ca-suhteen laskeminen on suoritettu vastaavasti pH-ryhmittäytensä perusteella.

Happamuuden ja vaihtuvan kaliumin suhde (kuva 2 B) muistuttaa olennaisesti kuvassa 1 B esitettyä Ca-K-suhdetta, mikä luonnollisesti johtuu Ca:n ja pH:n voimakkaasta korrelaatiosta. Maalajien keskinäiset suhteet ovat lähes samat kuin kuvassa 1 B, joskin savimaiden runsas vaihtuvan kaliumin pitoisuus ilmenee selvemmin pH:n kuin Ca:n funktiona.

Maan pH vaikuttaa niin ratkaisevasti fosforin liukoisuuteen, että maalajien väliset erot jäävät hyvin vähäisiksi, mikä ilmenee kuvaajien pienestä hajonnasta (kuva 2 C). Kaikissa maalajeissa pysyy helppoliukoisin fosforin määrä alhaisena happamalla pH-alueella ja vasta lähestyttäessä pH-arvoa 6 alkaa liukoisuus jyrkästi kasvaa, aina 6—8 kertaiseksi seuraavan pH-yksikön alueella. Lähempi tarkastelu osoittaa viljavuustutki-

muksessa uuttuvan fosforin määrän aluksi jopa alenevan suomalaisille maille yleisellä pH-alueella 4—6. Ilmiö on selvin eloperäisten maiden ryhmässä, kun taas moreeni- ja hiekkamaissa sitä ei voida todeta. Eri maalajien helppoliukaisen fosforin minimiarvot, jotka sattuvat suomalaisten maiden pH-lukujen keskiarvon 5.5:n seudulle, poikkeavat varsin vähän toisistaan ja ovat yleensä 3—5 mg/l. Tämän fosforiminimin esiintyminen on vastoin yleisiä käsityksiä, eikä sen syytä ole vielä riittävästi selvitetty, joskin ilmiö on meillä todettu jo aikaisemmissakin tutkimuksissa (PUUSTJÄRVI 1956, LAKANEN ja VUORINEN 1963). Sama helppoliukoisten fosfaattien uuttumisen minimi pH 5.5:ssä on todettu 0.01 M CaCl_2 :a uuttonesteenä käytettäessä (MURRMANN ja PEECH 1969). Se, että happamalla ammoniumasetaatilla uuttuvan fosforin määrä käy minimissä pH 5.5:n seudulla, ei vielä todista, että tähän kriittiseen pH-tasoon johtaneella kalkituksella aina olisi haitallinen vaikutus. Jos kuitenkin fosfori on jo ennestään minimitekijänä, on kuitenkin mahdollista, että vähäinenkin liukoisuuden alentaminen alentaa myös satoa. ANTTISEN (1959) suorittamissa pitkäaikaisissa kokeissa todettiin happaman saraturvemaan kalkituksen alentaneen merkitsevästi kaurasatoja. Saman kokeen maa- ja kasvinäytteiden analysointi osoitti molempien fosforiarvojen alentuneen kalkituksen johdosta. Valitettavasti kokeista puuttui kalkitusjäsen, jolla pH olisi nostettu selvästi yli fosforin liukoisuusminimin.

Vaihtuva kalium ja helppoliukoinen fosfori. Vaihtuvan kaliumin ja helppoliukaisen fosforin ja muiden viljavuustekijäin välisiä vuorosuhteita esittävät kuvat 3 ja 4. Koska kaliumin tai fosforin määrällä ei ole suoranaista selvää vaikutusta muihin viljavuustekijöihin, ovat tässä esitetyt riippuvuussuhteet epäsuoria, ja niitä voidaan tarkastella vain yleisesti. Ei ole myöskään syytä aliarvioida lannoitustoimenpiteiden merkitystä eri viljavuustekijäin suhteisiin vaikuttavana tekijänä. Lisääntyneeseen kalilannoitukseen liittyy fosforilannoitus ja päinvastoin. Happamien maiden kalkitus kytkeytyy oleellisesti lannoitukseen.

Maan pH nousee hitaasti ja lähes suoraviivaisesti vaihtuvan kaliumin lisääntyessä. Kuvaajien alkupäissä havaitaan pari selvää, vaikkakin vähäistä poikkeamaa. Savien pH nousee aluksi jyrkemmin kaliluokkaan 100—150 mg/l saakka ja turpeiden pH vastaavasti laskee lievästi. Turpeiden kohdalla on tätä pH:n alenemista pidettävä luotettavana, koska noin 90 % aineistosta on tällä alkuosalla käyrää. Savien pH:n muita jyrkempi kasvu vaihtuvan kaliumin mukana selittyy samanaikaisesti tapahtuvan kalsiumin varsin jyrkän lisääntymisen perusteella.

Maan pH sekä vaihtuvan kalsiumin ja kaliumin määrät kasvavat helppoliukaisen fosforin lisääntyessä (kuva 4). Kyseessä ei taaskaan ole suora riippuvuusuhde. Maalajien väliset erot tulevat kuitenkin tässäkin näkyviin. Vaihtuvan kalsiumin määrässä havaitaan aluksi selvää laskua eräiden maalajien, selvimmin multamaan, kohdalla. Kun tämä kalsiumin uuttumisen minimi osuu helppoliukaisen fosforin liukoisuusminimiä vastaavalle kohdalle (4 mg/l), on syytä epäillä fosforin ja kalsiumin uuttumisen minimin olevan suorassa tai epäsuorassa syy-yhteydessä, mitä seikkaa eivät edellä olevat havainnot vielä suinkaan todista.

Tiivistelmä

Tutkimuksessa on tarkasteltu lähinnä maalajiryhmittäin 80 000 maanäytteen viljavuusanalyysien (pH, Ca, K, P) tulosten keskinäisiä vuorosuhteita. Maalajilla on voimakas vaikutus sekä viljavuusanalyysien tuloksiin että eri viljavuustekijöiden keskinäisiin vuoro-

suhteisiin. Näistä viljavuustekijöistä on kalkilla ja pH:lla voimakkain vaikutus toisiin tekijöihin. Kalkituksen maan pH:ta nostava vaikutus vähenee maan rakkoon pienetessä ja orgaanisen aineksen määrän kasvaessa järjestyksessä: moreenit ja hiekat, hieta, hiesu, savet, multamaa, lieju ja järvimuta, turpeet. Kalkituksen vaikutus maan helppoliukoisen fosforin määrän lisääjänä alenee samassa maalajijärjestyksessä. Kivennäismaissa kasvaa fosforin liukoisuus selvästi jyrkemmin kuin eloperäisissä maissa. Maan pH on kuitenkin helppoliukoisen fosforin määrää ratkaisevasti säätelevä tekijä. Viljavuusanalyysissa uutuvan fosforin määrä pysyy pienenä happamissa maissa noin pH 6:een saakka. Välillä pH 6—7 kasvaa liukoisuus moninkertaiseksi. Happamien eloperäisten maiden kalkitus alentaa aluksi hiukan fosforin liukoisuutta, mikä tosin on vastoin yleistä käsitystä. Liukoisuusminimi (P 3.5—4.0 mg/l) on lähellä pH 5.5:ä. Seurauksena saattaa olla sadon aleneminen, mikäli fosfori on jo ennestään minimitekijä.

KIRJALLISUUTTA

- ANTTINEN, O. 1959. Saraturvesuon kalkitus- ja lannoituskokeen tuloksia. Referat: Ergebnisse eines Kalkungs- und Düngungsversuchs auf Seggentorfmoor. Valt. Maatal.koetoin. Julk. 172: 1—32.
- KERÄNEN, T., BARKOFF, E. & JOKINEN, R. 1963. Vergleich einiger für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden gebräuchlichen chemischen Analysenmethode. Ann. Agric. Fenn. 2: 19—32.
- KURKI, M. 1963. Suomen peltojen viljavuudesta. Referat: Über die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerbodens. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 107 pp.
- »— LAKANEN, E., MÄKITIE, O., SILLANPÄÄ, M. & VUORINEN, J. 1965. Viljavuusanalyysien tulosten ilmoitustapa ja tulkinta. Summary: Interpretation of soil testing results. Ann. Agric. Fenn. 4: 145—153.
- LAKANEN, E. 1960. Viljavuustutkimuksen analyysitarkkuudesta. Summary: On the accuracy of soil testing analysis in Finland. Agroteol. Publ. 76: 1—33.
- »— 1962. On the analysis of soluble trace elements. Selostus: Liukoisten hivenaineiden analysoimisesta. Ann. Agric. Fenn. 1: 109—117.
- »— 1963. A comparison of three extractants used in routine soil analysis. Selostus: Kolmen uuttoneesten vertailu viljavuusanalyysissa. Ibid. 2: 163—168.
- »— & VUORINEN, J. 1963. The effect of liming on the solubility of nutrients in various Finnish soils. Selostus: Kalkituksen vaikutuksesta ravinteiden liukoisuuteen. Ibid. 2: 91—102.
- MURRMANN, R. P. & PEECH, M. 1969. Effect of pH on labile and soluble phosphate in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 205—210.
- MÄKITIE, O. 1956. Uuttamisesta viljavuusanalyysissa. Summary: Studies on the acid ammonium acetate extraction method in soil testing. Agroteol. Publ. 66: 1—25.
- »— 1958. Viljavuusanalyysin tarkkuudesta. Maatal.tiet. Aikak. 30: 73—77.
- PUUSTJÄRVI, V. 1956. On the factors resulting in uneven growth on reclaimed treeless fen soil. Acta Agric. Scand. 6: 45—46.
- SILLANPÄÄ, M. & LAKANEN, E. 1966. Readily soluble trace elements in Finnish soils. Selostus: Hivenaineista Suomen maalajeissa. Ann. Agric. Fenn. 5: 298—304.
- »— & —»— 1969. Trace element contents of plants as a function of readily soluble soil trace elements. Selostus: Hapan ammoniumasetaatti kasveille käyttökelpoisten hivenaineiden uuttoneestenä. Maatal.tiet. Aikak. 41: 60—67.
- VIRO, P. J. 1965. Metsämaan viljavuuden määrittämisestä. Summary: On the estimation of forest soil fertility. Commun. Inst. For. Fenn. 60. 3: 1—22.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä. Agroteol. Publ. 63: 1—44.

SUMMARY

ON THE INTERRELATIONS OF pH, CALCIUM, POTASSIUM AND PHOSPHORUS IN
FINNISH SOIL TESTS

ESKO LAKANEN, MIKKO SILLANPÄÄ, MARTTI KURKI and SEPPÖ HYVÄRINEN

*Agricultural Research Centre, Department of Soil Science, Tikkurila
Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki*

The interrelations of pH, exchangeable calcium, potassium and readily soluble phosphorus were studied with the aid of a computer from a total of about 80 000 soil samples. The results showed that soil type has a very pronounced effect on the amounts and behaviour of fertility factors (pH, Ca, K, P). In spite of the levelling effect of liming and fertilization, the differences between various soil types are still visible (Figures 1—4). Exchangeable calcium and soil pH, both of which factors reflect the liming status of acid Finnish soils, are also the most important factors affecting the solubility and plant availability of phosphates. The amount of exchangeable potassium depends again on the soil type, but the effects of potassium and phosphorus on the other fertility factors are negligible when compared with those of soil type, calcium and pH.

The increase of the soil pH due to liming decreases with decreasing particle size and increasing organic matter content in the following order: moraine and sand soils, finesand soils, silt, clay soils, mould, mud soils, peats. The beneficial effect of liming on the amount of readily soluble phosphorus decreases in the same order.

Soil pH, however, is the critical factor regulating the amount of readily soluble phosphorus, which remains rather low in acid soil up to pH 6. From pH 6 to 7, the solubility of phosphorus increases several times (Fig. 2 C). Contrary to general belief, liming of acid organogenic soils gives rise to a slight decrease in the solubility of phosphorus. The minimum solubility (P 3.5—4.0 mg/l of soil) occurs near pH 5.5.