

MTTK — MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 11/84

JOUKO SIPPOLA
Maantutkimusosasto

INTO SAARELA
Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto

**Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitus-
tarpeen ilmaisijoina**

JOKIOINEN 1984
ISSN 0359-7652

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 11/84

JOUKO SIPPOLA ja INTO SAARELA¹⁾

Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitus-
tarpeen ilmaisijoina

Maantutkimusosasto

31600 JOKIOINEN

(916) 133-33

1) Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto

ISSN 0359-7652

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa verrattiin keskenään eri maissa viljavuustutkimuksessa käytettyjä tai käyttöön esitettyjä fosforiutto-menetelmiä kenttäkokeiden antamiin tuloksiin nojautuen.

Ammoniumlaktaatti osoittautui tehokkaimmaksi fosforin uuttajaksi aineiston keskiarvon vastatessa 20 cm:n muokkauskerrosta kohti laskettuna 10 sadon ottamaa fosforimäärää. Natriumbikarbonaatti- ja hartsimenetelmät uuttivat noin puolet ammoniumlaktaatin uuttamista määristä sekä hapan ammoniumasetaatti ja vesi noin kymmenesosan.

Vedellä koemaista uuttuneet fosforimäärät olivat verraten kiinteässä vuorosuhteessa anioninvaihtohartsilla ja happamalla ammoniumasetaatilla uuttuneiden määrien kanssa. Siten ammoniumasetaatti ilmeisesti uuttaa ainakin osittain samoja helposti liukenevia maan fosforivarastoja kuin mainitut muut menetelmät.

Eri menetelmien antamat fosforiluvut selittivät saaduista sadonlisäyksistä seuraavan osuuden:

Vesi	68 %
Anioninvaihtoharts	61 %
Hapan ammoniumasetaatti	53 %
Natriumbikarbonaatti	46 %
Ammoniumsulfaatti + kaliumfosfaatti	43 %
Ammoniumsulfaatti	40 %
Ammoniumlaktaatti	39 %

Hapan ammoniumasetaatti, jonka antamia tuloksia maassamme käytetään viljavuustutkimuksessa lannoitussuosittelun perusteena selitti siten suuremman osuuden saaduista sadonlisäyksistä, kuin muissa maissa laajasti käytetyt natriumbikarbonaatti- ja laktaattimenetelmät. Ottaen huomioon happaman ammoniumasetaattimenetelmän käyttöön liittyvän pitkäaikaisen kokemuksen sitä voidaan edelleen suositella käytettäväksi lannoitussuo-

situsten perusteena maassamme. Mikäli kuitenkin fosfori-
lannoitustarpeesta halutaan saada tarkempaa tietoa näyttäisi
vesiuutto soveltuvan tähän tarkoitukseen parhaiten.

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	1
AINEISTO JA MENETELMÄT	1-3
TULOKSET JA TARKASTELU	3-8
Eri menetelmillä maasta uuttunut fosfori	3-4
Eri menetelmillä uuttuneiden fosforimää- rien keskinäinen riippuvuus	5
Sadonlisäyksen riippuvuus eri menetelmil- lä saaduista maan fosforipitoisuuksista	6-8
TAULUKOT ja KUVAT	9-18
KIRJALLISUUTTA	19-20

JOHDANTO

Käytössä olevilla fosforin maasta uuttoon käytetyillä menetelmillä saadut fosforipitoisuudet selittävät yleensä verraten heikosti kenttäkokeissa fosforilannoituksella saatuja sadonlisäyksiä selvitysasteen ollessa useasti alle 10 % (HAHLIN & JOHANSSON 1977, SIPPOLA 1980). Tosin uudemmissa kokeissa, joissa fosforilannoitus on annettu rivilannoitustekniikkaa hyväksi käyttäen on selvitysaste ohran, ruukiin ja vehnän ollessa koekasvina ollut jopa 58 % (SAARELA & ELONEN 1982). Sensijaan nurmilla ja kauran ollessa koekasvina olivat selvitysasteet edellä mainittua paljon alemmat myös kyseessä olevissa kokeissa.

Jotta fosforilannoitustarve voitaisiin määrittää entistä osuvammin, on jatkuvasti pyritty kehittämään uusia menetelmiä. Näistä mainittakoon vesiuutto (PAAUW 1971) ja uutto ioninvaihtohartsia hyväksi käyttäen (mm. AURA 1978 b). Nämä kaksi menetelmää on todettu varsin lupaaviksi fosforilannoitustarpeen ennakoijiksi (AURA 1978 a, SIBBESSEN 1979, VETTER ym. 1978).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kenttäkokeiden tuloksiin nojautuen verrata Suomessa viljavuustutkimuksessa fosforin uuttoon käytetyn hapanammoniumasetaattimenetelmän arvoa fosforilannoitustarpeen ilmaisijana edellämainittuihin sekä mm. Ruotsissa käytettävään ammoniumlaktaattimenetelmään. Vertailuun otettiin mukaan myös NaHCO_3 -uutto, joka on käytössä mm. Englannissa. Näiden lisäksi kokeiltiin kahta STÄHLBERGIN (1980 ja 1982) aivan äskettäin esittämää menetelmää.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Kenttäkokeet, joiden tulosaineistoon tutkimus perustuu ovat SAARELA ja ELONEN (1982) esittäneet yksityiskohtaisesti. Kunkin koekentän 20:stä koeruudusta otetuista näytteistä valittiin systemaattisesti 8 näytettä määrityksiin. Maanäytteistä uutettiin fosfori usealla eri menetelmällä (Taulukko 1).

Taulukko 1. Vertailtavat uuttomenetelmät.

Menetelmä	Uutto- suhde (tilav.)	Uutto- aika h	pH	Viite
1. Hapan ammonium- asettaatti	1:10	1	4,65	VUORINEN & MÄKITIE 1955
2. Natriumbikarbonaatti	1:20	1	8,50	OLSEN et al. 1954
3. Vesiuutto	1:60	22+1	-	SISSINGH 1971
4. Anioninvaihtohartsia	1:20	24	-	SIBBESSEN 1979 5 ml maata 2,5 g hartsia
5. Ammoniumsulfaatti	1:20	1	-	STÄHLBERG 1980
6. Ammoniumsulfaatti + kaliumfosfaatti	1:20	17	-	STÄHLBERG 1982
7. Ammoniumlaktaatti	1:20 ^{x)}	4	3,75	EGNER et al. 1960

x) paino - tilavuussuhde

Uutteiden fosforipitoisuus määritettiin askorbiinihappomenetelmällä (WATANABE ja OLSEN 1965) paitsi hapanammoniumasettaattiuutteista, joiden fosforipitoisuus mitattiin pelkistäen metolilla ja tinakloridilla (VUORINEN ja MÄKITIE 1955).

Kaikkiaan saatiin valituilla seitsemällä menetelmällä analysoidua 13 koekentän näytteet. Näillä oli ollut koekasvina 3 vuonna ohra, vehnä tai ruis ja vain poikkeustapauksissa yksi kaurasato saattaa sisältyä satojen keskiarvoon, jota käytettiin uuttomenetelmien vertailun perusteena.

Nousevilla fosforimäärillä 15,30,45 ja 60 kg/ha saatujen sadon lisäysten riippuvuutta tutkituilla menetelmillä saadusta maan fosforiluvusta selvitettiin regressioanalyysin avulla. Parhaiten sopivan mallin löytämiseksi kokeiltiin seuraavia yhtälöitä:

$$1. \quad y = A + Bx \quad 2. \quad y = A + B \log x \quad 3. \quad y = A + B \frac{1}{x}$$

y = sadonlisäys kg/ha tietyllä fosforimäärällä

x = maa-analyysillä saatu fosforiluku

Käytetyistä fosforimääristä suurimmalla 60 kg/ha saadut sadonlisäykset korreloivat paremmin kuin muilla fosforimäärillä saadut lisäykset maan fosforilukujen kanssa. Siksi menetelmien vertailussa nojaututtiin vain tällä fosforimäärällä saatuihin sadonlisiin.

Vertailtavista malleista logaritmissen ja osamäärämallin selvitysasteet olivat samaa suuruusluokkaa, mutta selvästi korkeampia kuin lineaarisen mallin. Koska kyseessä olevasta kenttäkoeaineistosta aikaisemmin käsiteltäessä (SAARELA ja ELONEN 1982) on käytetty logaritmissä, niin myös seuraavassa uuttomenetelmien väliset vertailut tehdään logaritmissen mallin perusteella.

TULOKSET JA TARKASTELU

Eri menetelmillä maasta uuttunut fosfori

Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty vertailtavilla menetelmillä koemaista uuttuneen fosforin määrä milligrammoina maalitraa kohti. Ammoniumlaktaattimenetelmän kohdalla on tulos ilmoitettu mg/100 g maata menetelmän käytännön mukaisesti.

Ammoniumlaktaatti oli tehokkain fosforin uuttaja liuenneen fosforin määrän ollessa noin kaksinkertainen natriumbikarbonaatilla ja anioninvaihtohartsilla saatuihin tuloksiin nähden. Eri maista ammoniumlaktaatilla uuttuneiden määrien keskiarvo 12,7 mg/100 g oli hiukan pienempi kuin erään aikaisemmin Suomesta kerätyn aineiston vastaava luku 14,4 mg/100 g (SIPPOLA & JAAKKOLA 1980). BARKOFFin ja OHLANDERin (1967) tutkimassa aineistossa laktaattimenetelmä uutti maa-lajista riippuen 6-25-kertaisen määrän hapanammonium-asettaattimenetelmään verrattuna. Samoin oli nyt tutkitussa aineistossa.

Natriumbikarbonaatti- ja hartsimenetelmät olivat myös verraten tehokkaita fosforin uuttajia määrän ollessa noin puolet ammoniumlaktaatin uuttamista määristä. Natriumbikarbonaatilla saatu aineiston keskiarvo 58,6 mg/l on hyvin lähellä

aikaisemmin tällä menetelmällä analysoidun 94:n Suomesta otetun näytteen keskiarvoa, 61 mg/l maata (SILLANPÄÄ 1982). Käytetty hartsiuuttomenetelmä oli tehokkaampi kuin ne, joita aikaisemmin on kokeiltu suomalaisten maiden uuttoon. AURAn (1978 a) käyttämällä uuttotavoilla pitoisuudet vaihtelivat 1,5-114 mg/l keskiarvojen ollessa 11-40 mg/l aineistosta ja hartsi-maasuhteesta riippuen. SIPPOLAN ja JANSSONIN (1979) 234 näytettä käsittävän eri puolilta Suomea kerätyn aineiston keskiarvo oli 7,9 mg/l. Nyt käytetyn SIBBESENIN (1977) esittämän hartsimenetelmän tehokas uutto-kyky johtunee lähinnä kymmenen kertaa pitemmästä uuttoajasta.

Pelkkä vesi uutti fosforia enemmän kuin 0,1 M ammoniumsulfaatti. Veden tehokkuus fosforin uuttajana perustuu paljolti menetelmässä käytettyyn väljään uuttosuhteeseen. Uutteen fosforipitoisuus on vesiuuttomenetelmässä alhaisempi ja vaikeammin määritettävissä kuin muissa menetelmissä. Aineiston vesiliukoisen fosforin keskiarvo 11,7 mg/l on hyvin lähellä HARTIKAISEN (1982) tutkiman 104 näytettä käsittävän aineiston keskiarvoa 11,5 mg/kg. Nämä keskiarvot ovat kaksinkertaisia SIPPOLAN ja JANSSONIN (1979) vain timoteipeltoja edustavien 234:n näytteen aineiston keskiarvoon 5,3 mg/l verrattuna.

Ammoniumsulfaatti-kaliumfosfaattimenetelmässä maahan lisätään uuttonesteen mukana fosforia määrä, joka vastaa 50 mg/l maata. Tästä fosforista pidättyi fosforirikkaimpaan maahan 67 % ja parhaimman fosforilannoitusvaikutuksen omaavaan maahan lähes 100 %. Ko. uuttonesteen maan kanssa tasapainossa olevat pitoisuudet olivat lähinnä hapan ammoniumasetatin ja vesiuuton antamaa luokkaa.

Verrattaessa eri menetelmien maasta uuttamaa fosforimäärää sadon ottamaan fosforimäärään voidaan todeta, että ammoniumlaktaatilla saatu aineiston keskiarvo 12,7 mg/100 g lasketuna 20 cm muokkauskerrosta kohti vastaa karkeasti 10 sadon fosforisisältöä. Sensijaan happaman ammoniumasetatin ja veden uuttamasta määrästä laskettu vastaava luku on yhden vuoden sadon maasta ottaman fosforimäärän suuruusluokkaa.

Eri menetelmillä uuttuneiden fosforimäärien keskinäinen riippuvuus

Kiintein riippuvuus oli ammoniumsulfaatti- ja ammoniumsulfaatti + kaliumfosfaatti-menetelmillä saatujen tulosten välillä ($r=0,99$, Taulukko 4). Tulos johtuu ilmeisesti siitä, että uuttajana on sama anioni. Erona on vain 50 mg/l maata vastaava fosforilisäys, jonka vaikutus näkyy myös tuloksissa.

Myös vesi- ja hartsiuuttojen välinen keskinäinen riippuvuus oli verraten hyvä ($r=0,95$). Hartsimenetelmässä on vesitosiasiallinen uuttaja ja maan mikrorakenteen hajoaminen on vähäistä kuten vesiuutossakin (AURA 1978 b, HARTIKAINEN 1982). Ilmeisesti näiden seikkojen takia kyseessä olevilla menetelmillä saatiin yhdensuuntaisia tuloksia, vaikka tasero onkin suuri.

Vesiuuton tuloksien ja happamalla ammoniumasetaatilla saatujen tulosten keskinäinen riippuvuus oli myös suhteellisen kiinteä ($r=0,93$). Hapan ammoniumasetatti uuttaa maasta vain hyvin helposti liukenevaa fosforia, joka korreloi NH_4Cl -liukoisen maan epäorgaanisen fosforin kanssa (KAILA 1964). Samoin vesiliukoinen fosfori uuttuu maan NH_4Cl -liukoisesta fraktiosta (PRATT ja GARBER, HARTIKAINEN 1982). Tämän perusteella on näiden kahden menetelmän tulosten välinen riippuvuus ymmärrettävissä.

Ammoniumlaktaatilla uuttuneet fosforimäärät olivat parhaimmassa keskinäisessä riippuvuussuhteessa hartsiuuton tulosten kanssa ($r=0,93$). Ammoniumlaktaatti uuttaa happamuutensa takia kalsiumfosfaattia tehokkaammin kuin rauta- ja alumiinifosfaatteja (MUNK ja BÄRMANN 1971). Bikarbonaattimuodossa oleva hartsi uuttaa jossain määrin kalsiumin sitomaa fosforia saostamalla kalsiumin karbonaattina. Myös alumiinin ja raudan sitomaa fosforia uuttuu kuten natriumbikarbonaattimenetelmässäkin. Viimeksimainitun ja hartsiuuton tulosten välinen korrelaatio onkin verraten kiinteä, $r=0,91$.

Sadonlisäyksen riippuvuus eri menetelmillä saaduista maan fosforipitoisuuksista

Ratkaisevin tapa maa-analyysin arvoa selvitettäessä on tutkia kenttäkokeessa fosforilannoituksella saatujen sadonlisäyksien riippuvuutta eri menetelmillä saaduista fosforiluvuista. Tulosten mukaan alhaisia fosforipitoisuuksia saatiin kaikilla menetelmillä niistä maista, joilla fosforilannoituksen satoa lisäävä vaikutus oli suuri (Kuvat 1-7). Vastaavasti korkean fosforiluvun omaavilla mailla sadonlisäykset olivat pieniä. Tämä yleisperiaate pätee kaikkien menetelmien kohdalla. Sensijaan riippuvuuden kiinteydessä oli eroja.

Logaritmisen mallin mukaan laskettuna eri menetelmien fosforiluvut selittivät saatuja sadonlisäyksiä seuraavasti:

	$r^2 \times 100$
Vesi	68 ^{xxx}
Anioninvaihtoharts	61 ^{xx}
Hapan ammoniumasettaatti	53 ^{xx}
Natriumbikarbonaatti	46 ^x
Ammoniumsulfaatti + kaliumfosfaatti	43 ^x
Ammoniumsulfaatti	40 ^x
Ammoniumlaktaatti	39 ^x

Tulosten mukaan vesiuutolla saatu fosforiluku selitti 68 % sadonlisäyksistä. Myös hartsiuuton selvitysaste oli korkea ja happaman ammoniumasettaatin yli 50 %. Ammoniumlaktaattimenetelmän selvitysaste oli heikoin, 39 %. Kalkkipitoisille maille kehitetty, mutta alumiini- ja rautafosfaatteja uuttavana myös happamalla mailla käytetty natriumbikarbonaattimenetelmä ei osoittautunut erityisen lupaavaksi. Samoin oli STÄHLBERGIN (1980 ja 1982) esittämien ammoniumsulfaattiuuttojen laita.

Menetelmille saadut selvitysasteet olivat korkeita ottaen huomioon, että kyseessä oli kenttäkoeaineisto. Esimerkiksi

HAHLIN ja JOHANSSON (1977) esittivät tuloksia, joissa laktaattimenetelmän selvitysaste parhaimmillaankin oli vain 15 %. Toisaalta löytyy myös kenttäkoeaineistoja, joissa fosforin uuttoon käytettyjen menetelmien selvitysasteet ovat samansuuruisia kuin nyt tutkitussa aineistossa (VETTER ym. 1978). Korkea selvitysaste johtui osaksi siitä, että neljää koetta, joissa kaura oli koekasvina ei otettu mukaan, koska niissä saadut sadonlisät olivat poikkeavan alhaiset. Kaura vaatimattomana kasvina ei reagoi fosforilannoitukseen kuten muut viljat, vaan tyydyttää fosforintarpeensa maan varoista, vaikka pitoisuus olisi melko alhainenkin.

Vesiuutto osoittautui tässä aineistossa hartsiuuttoa paremmaksi selittäjäksi päinvastoin kuin eräissä muissa tutkimuksissa (AURA 1978 a, SIBBESSEN 1981). Vesiuuttomenetelmää kehitettäessä käytettiin koekasvina fosforin suhteen vaateliasta perunaa (PAAUW 1971). Hartsimenetelmä ilmeisesti uuttaa vaikeampiliukoista fosforia kuin vesiuutto, mitä määräsuhteetkin osoittavat. Kaura tehokkaan juuristonsa takia käyttää samoja maan fosforivaroja kuin mitkä hartsiuutossa vapautuvat. Tämän takia saattaa riippuvuus hartsiuuton tulosten ja sadonlisäysten välillä olla parempi kauran kuin ohran ollessa koekasvina. Toisaalta on myös aikaisempia tuloksia, joissa vesiuutto on selvittänyt satotasoa, kasvin fosforipitoisuutta tai fosforin ottoa paremmin kuin hartsimenetelmä (SIPPOLA ja JANSSON 1979, SIPPOLA ja JAAKKOLA 1980).

Hapan ammoniumasetaatti uuttaa maasta verraten helppoliukoisia fosforivaroja (KAILA 1964). Sen happamuus, pH 4,65, ei ole riittävä tehokkaaseen uuttoon, verrattuna esimerkiksi ammoniumlaktaattiin, jonka vetyioniaktiivisuus on lähes kymmenkertainen ja joka uutti tämän aineiston maista fosforia lähes samassa suhteessa enemmän. Hapan ammoniumasetaatti näyttää verraten hyvin kuvastavan fosforilannoitustarvetta. Tosin vesi- ja hartsiuuttomenetelmät näyttävät ilmaisevan maan fosforitilan jossain määrin luotettavammin. Se tapahtuu kuitenkin lisääntyvin

kustannuksin, koska näistä uutteista voidaan määrittää vain fosfori eikä muita kasvinravinteita kuten hapan-ammoniumasetaatimenetelmässä on mahdollista. Tämä seikka lieneekin ollut eräs menetelmän valintaan vaikuttaneista tekijöistä.

Ensimmäisten vuosien sadonlisäykset tässä koesarjassa olivat hiukan kiinteämmässä vuorosuhteessa happaman ammoniumasetatin kuin veden uuttaman fosforin kanssa, mikä on päinvastoin nyt saatuun tulokseen nähden (SAARELA ja ELO-NEN 1982). Tätä vertailua varten vesiliukoinen fosfori määritettiin uudestaan hiukan eräitä työvaiheita muuttaen. Mainittujen menetelmien välinen paremmuusjärjestys muuttui pikemminkin 1-2 viimeisen koevuoden satotuloksista johtuen, sillä järjestys oli sama kuin nyt saatiin myös aikaisempien maa-analyysilukujen mukaan laskien. Hapan ammoniumasetatti näyttää siten uuttavan ensisijaisesti määrityshetkellä käyttökelpoisen fosforin, kun taas vesiuutto näyttää ennakkoivan fosforitilan kehittymistä hiukan pitemmälle.

On ilmeistä, että maassamme käytössä oleva viljavuusuutto-menetelmä, hapan ammoniumasetatti, hyvin puolustaa paikkaansa myös fosforilannoitus-suositusten perusteena. Menetelmällä on jo pitkät perinteet. Tulosten tulkinnassa voidaan nojautua pitkäaikaiseen kokemukseen ja moniin koetuloksiin. Mikäli kuitenkin lisätietoa maan fosforitilasta lannoitus-suositusten perustaksi tarvitaan näyttäisi tutkittuista menetelmistä vesiuutto soveltuvan tarkoitukseen parhaiten.

Taulukko 2. Koekenttien maalaji, humus, happamuus sekä vertailtavilla menetelmillä uutunut fosfori.

Koe N:o	Maalaji	Humus %	pH (H ₂ O)	Sadonlts. 60 kg/ha p 3 v:n k.a.	P mg/l maata					P mg/100 g maata		
					Hapan amm. asetaatit	Natr. bi- karbon.	Vesi	Antoniinv. hartsi	Ammonium- sulfaatti	Amm. sulf. + kalliumfosf.	Ammonium- laktaatti	
2105	Mm	39,0	5,3	170	9,2	55	8,9	55	2,1	4,5	12,8	
2106	HeS	4,7	6,6	-50	56,6	116	42,9	114	16,5	32,9	27,1	
13014	AS	3,3	6,5	400	3,9	33	5,8	39	1,0	3,0	5,3	
13015	SKHt	2,9	5,7	370	8,9	45	5,7	39	3,3	7,3	7,5	
13018	HeS	3,7	5,8	130	14,1	81	16,8	71	5,0	13,1	14,5	
14811	He	14,0	5,7	140	9,1	86	6,2	48	1,6	2,2	16,4	
15677	Hs	17,0	6,0	540	6,9	42	6,8	49	2,5	4,5	13,2	
16066	He	4,0	5,6	360	3,0	25	3,3	23	1,4	4,3	3,6	
18261	HHT	2,8	6,1	110	14,2	49	10,1	52	7,3	19,1	11,5	
19024	Hs	4,6	6,2	190	27,8	65	17,1	72	11,4	26,3	20,6	
21003	HHT	5,1	5,4	850	4,7	39	1,4	19	1,0	1,2	6,7	
22001	htMm	31,0	4,7	280	14,8	101	23,4	98	15,5	31,5	20,2	
25419	hsHsS	4,2	5,7	570	3,7	26	3,8	29	1,9	6,3	5,9	

Taulukko 3. Vertailtavilla menetelmillä kenttäkoemaista (n=13) uuttunut fosfori.

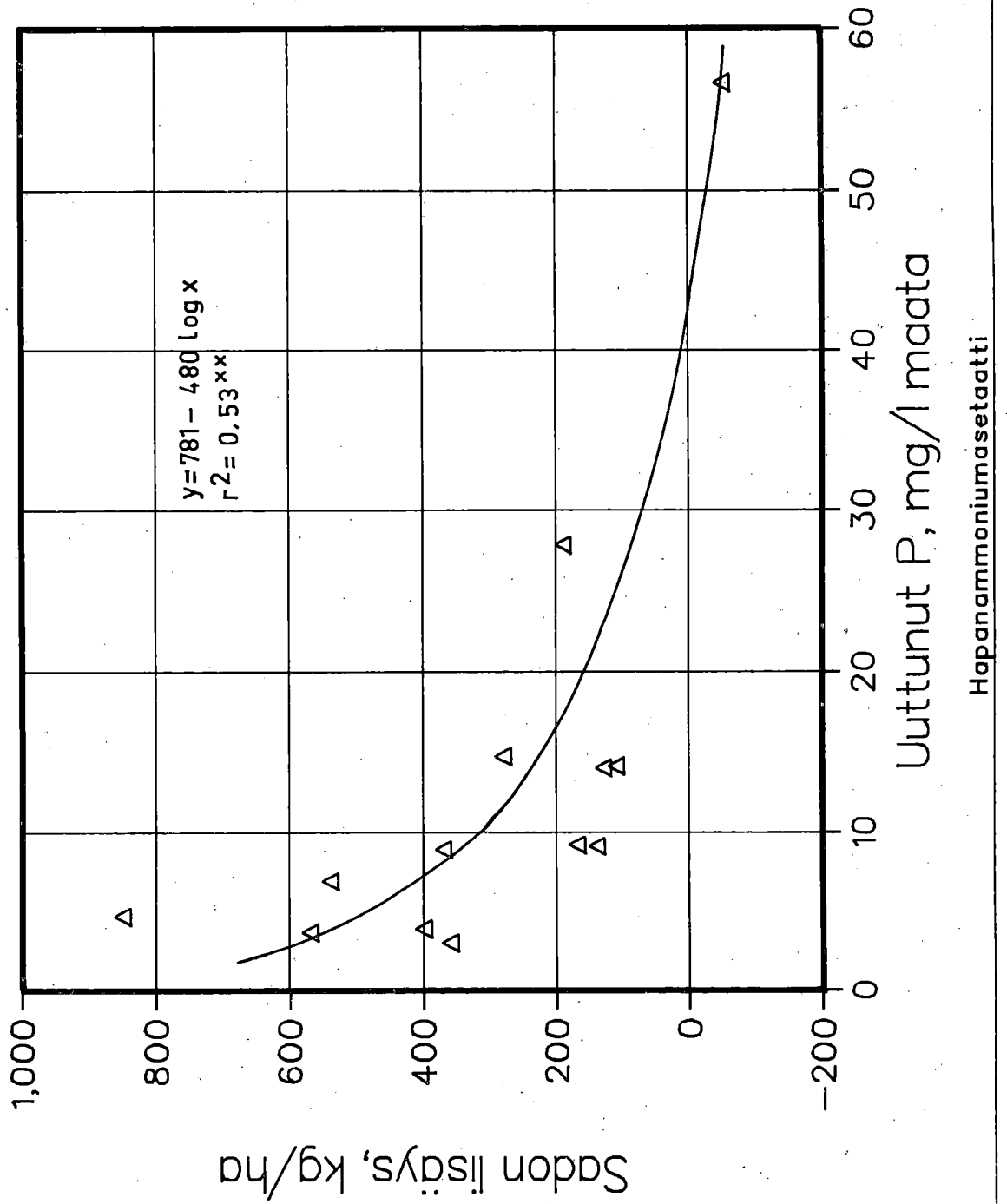
Menetelmä	P mg/l maata						Variaatio- kerroin (%)
	Keski- arvo	Stand. poikk.	Mediaani	Minimi	Maksimi		
Hapan ammonium- asetaatte	13,6	14,6	9,1	3,0	56,6	107	
Anioninvaihtohartsi	54,4	28,0	48,6	19,2	114	51	
Ammoniumlaktaatti ^{x)}	12,7	7,0	12,8	3,6	27,1	55	
Natriumbikarbonaatti	58,6	29,3	48,8	24,7	116	50	
Vesiuutto	11,7	11,3	6,8	1,4	42,9	97	
Ammoniumsulfaatti	5,4	5,6	2,5	1,0	16,5	104	
Ammoniumsulfaatti + kaliumfosfaatti	12,0	11,5	6,3	1,2	32,9	96	

x) uuttunut määrä mg/100 g

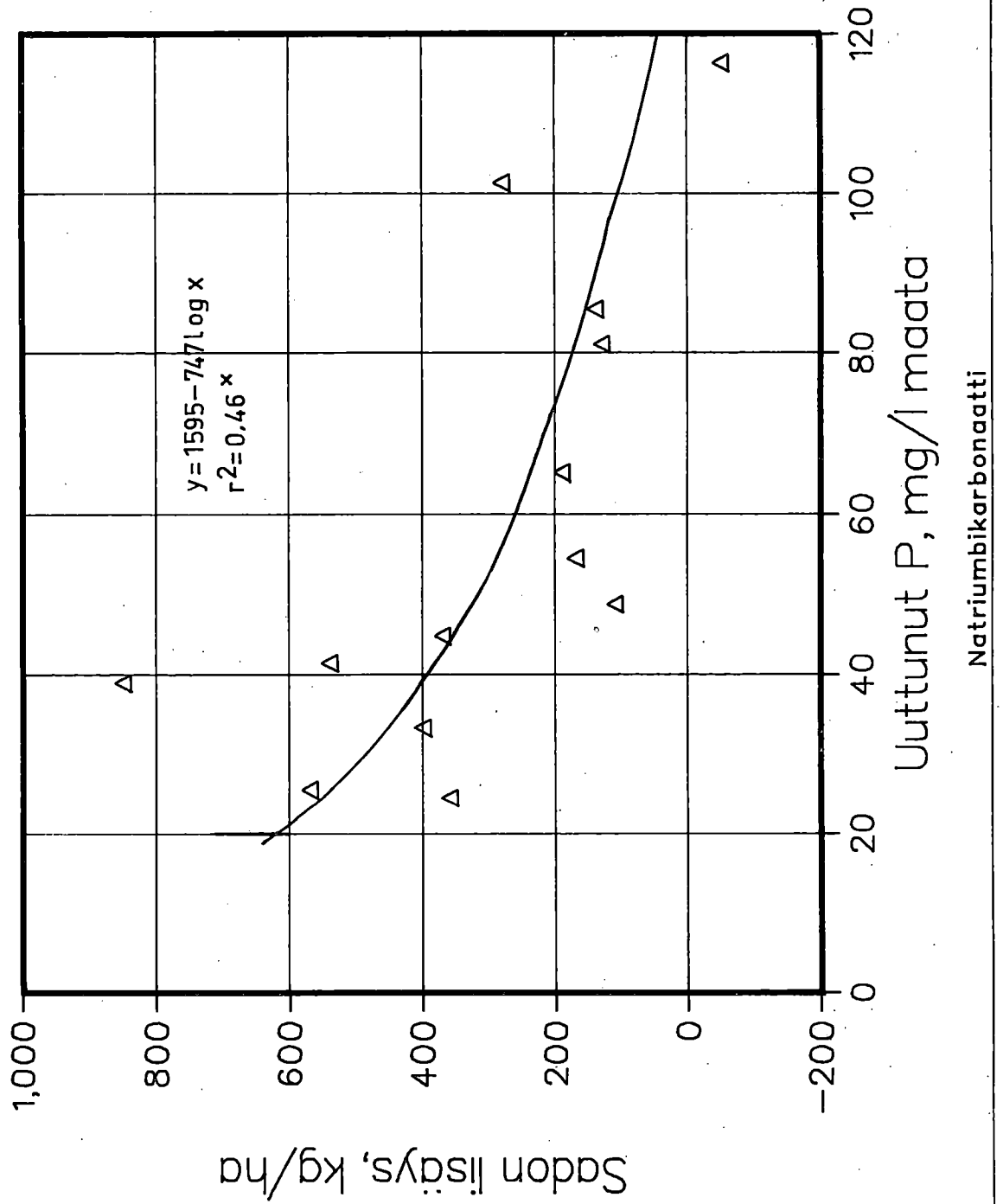
Taulukko 4. Eri menetelmillä uutuneiden fosforimäärien keskenäinen riippuvuus.

	Ammonium- laktaatti	Vesi	Anionin- vaihtohartsin	Ammonium- sulfaatti	Ammoniumsulff.+ kaliumfosfaatti	Natrium- bikarbonaatti
Hapan ammonium- asettaatti	0,84 ^{xxx}	0,93 ^{xxx}	0,83 ^{xxx}	0,82 ^{xxx}	0,80 ^{xxx}	0,75 ^{xx}
Ammonium- laktaatti	-	0,87 ^{xxx}	0,93 ^{xxx}	0,84 ^{xxx}	0,80 ^{xxx}	0,91 ^{xxx}
Vesi	-	-	0,95 ^{xxx}	0,90 ^{xxx}	0,87 ^{xxx}	0,85 ^{xxx}
Anionin- vaihtohartsin	-	-	-	0,91 ^{xxx}	0,88 ^{xxx}	0,91 ^{xxx}
Ammonium- sulfaatti	-	-	-	-	0,99 ^{xxx}	0,78 ^{xxx}
Ammoniumsulfaatti+ kaliumfosfaatti	-	-	-	-	-	0,73 ^{xx}

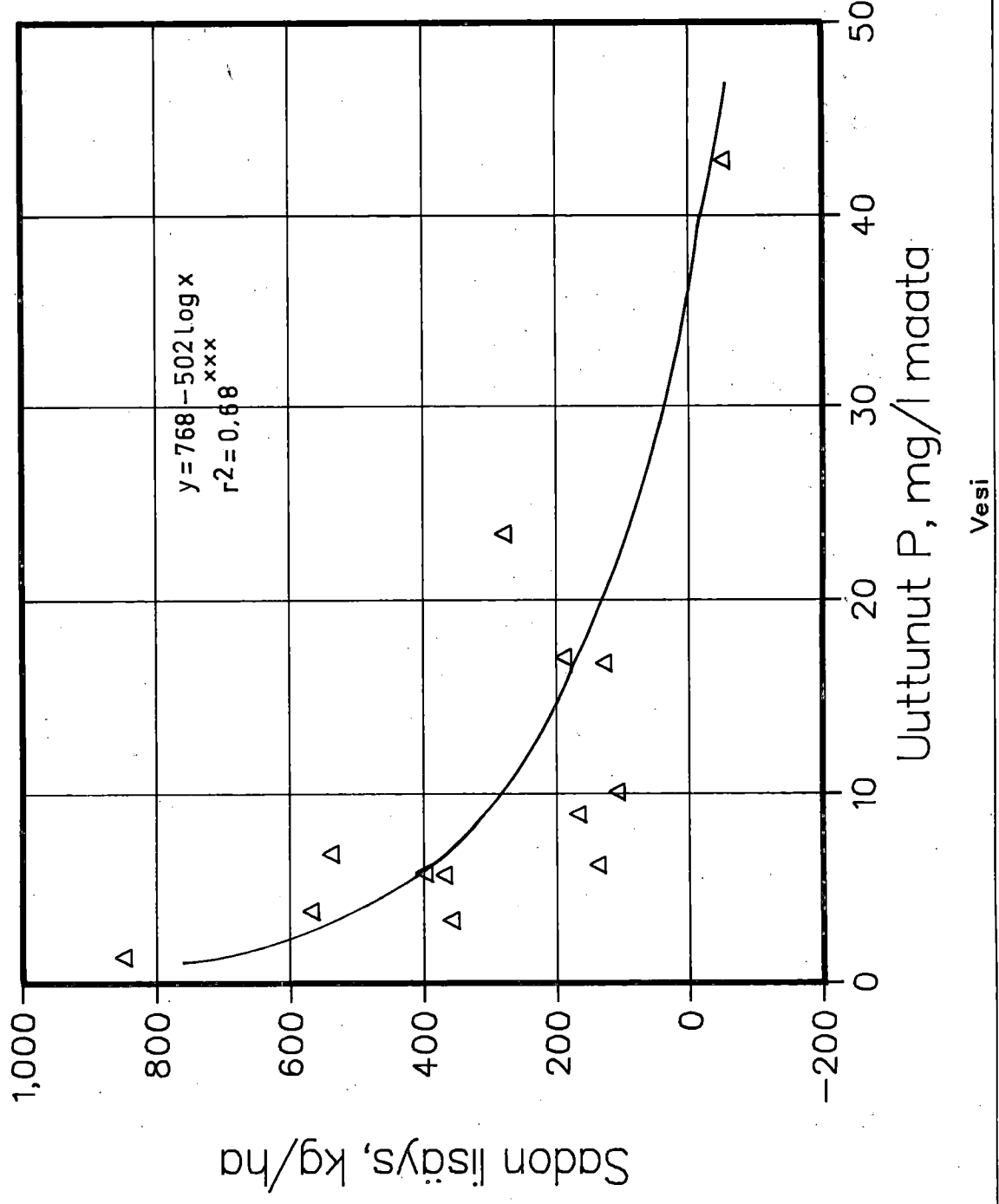
KUVA 1. Fosforilannoituksella saadun viljasadon lisäyksen riippuvuus maan fosforitilasta



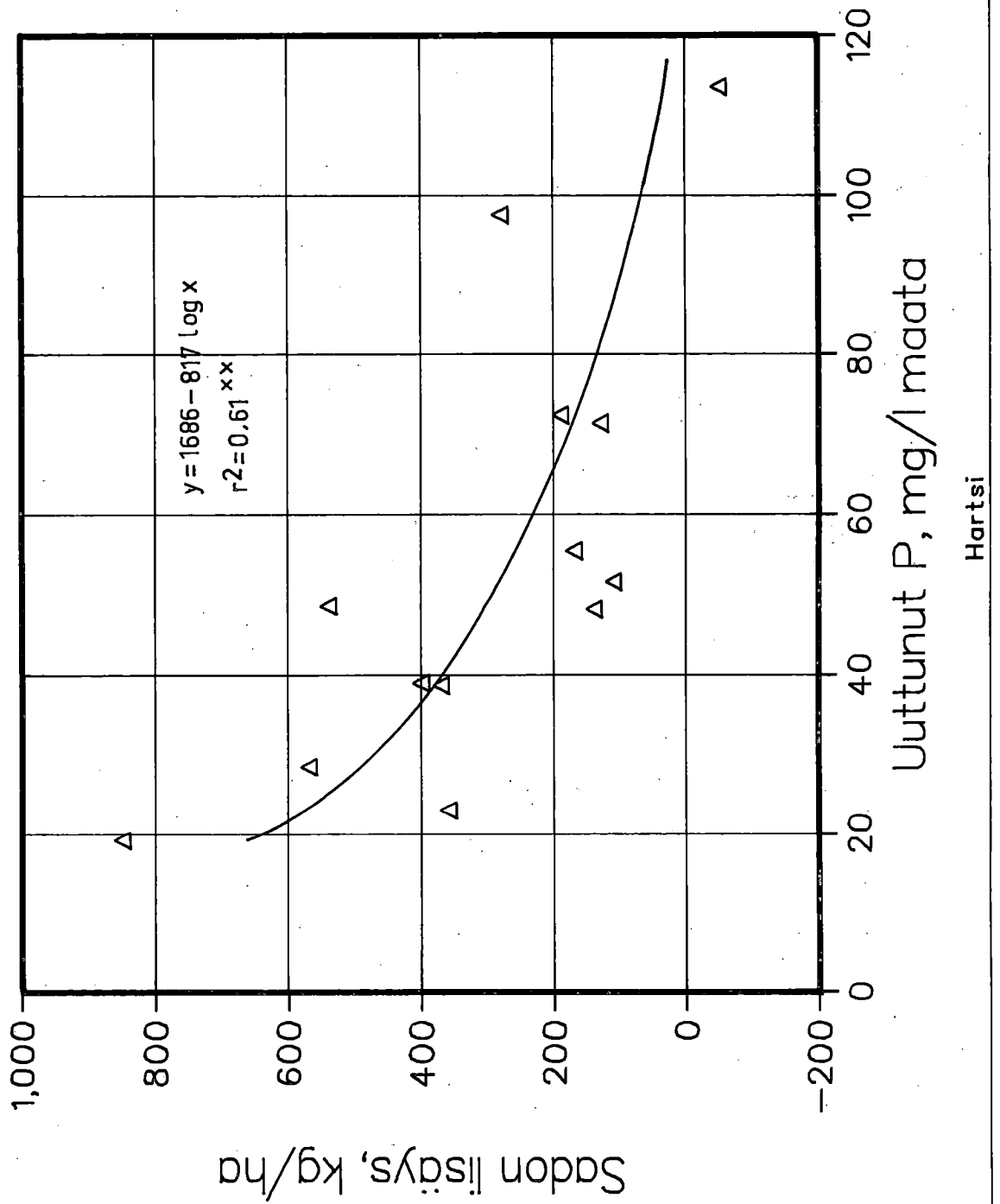
KUVA 2. Fosforilannoituksella saadun viljasadon lisäyksen riippuvuus maan fosforitilasta



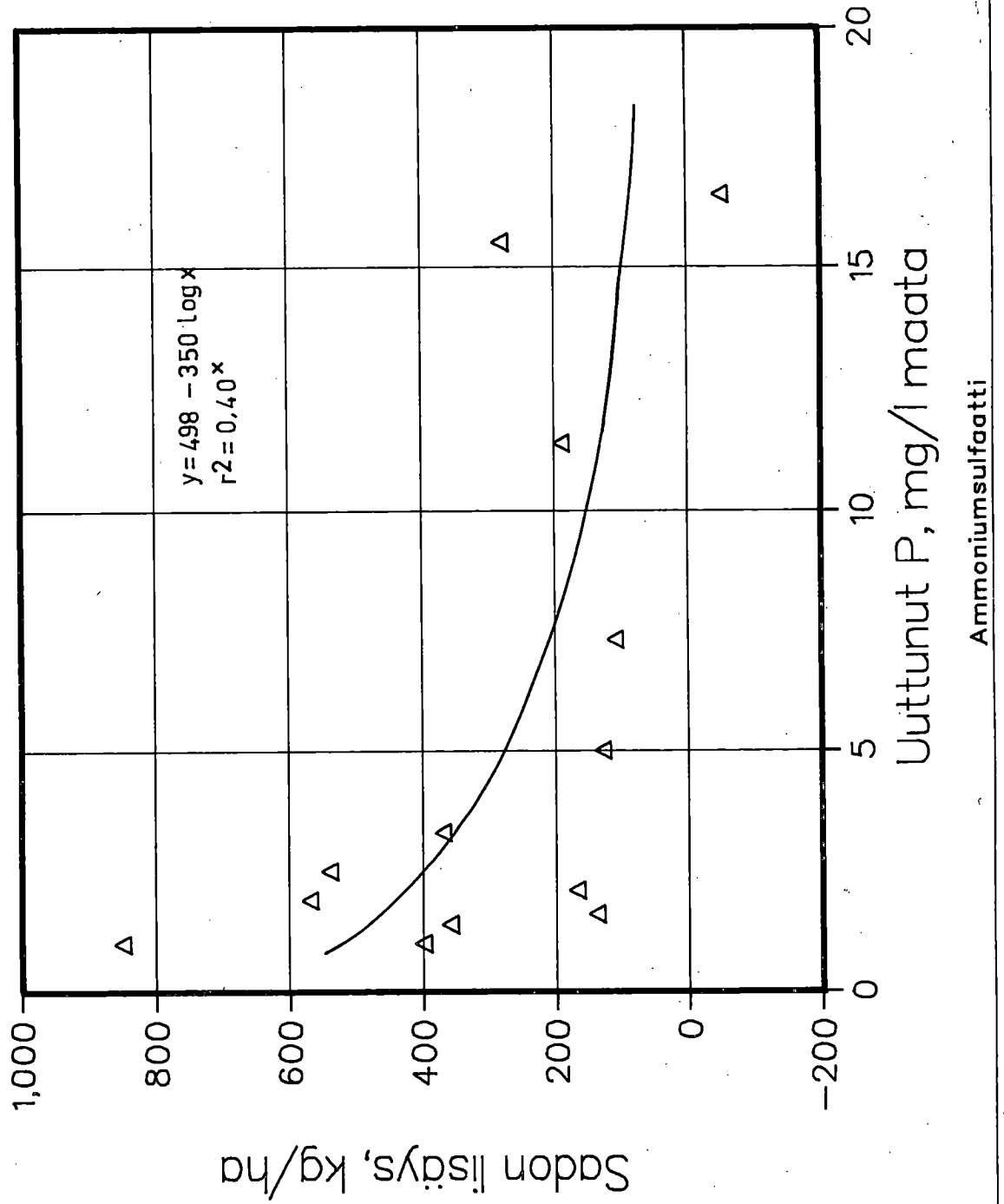
KUVA 3. Fosforilannoituksella saadun viljasadon lisäyksen riippuvuus maan fosforitilasta



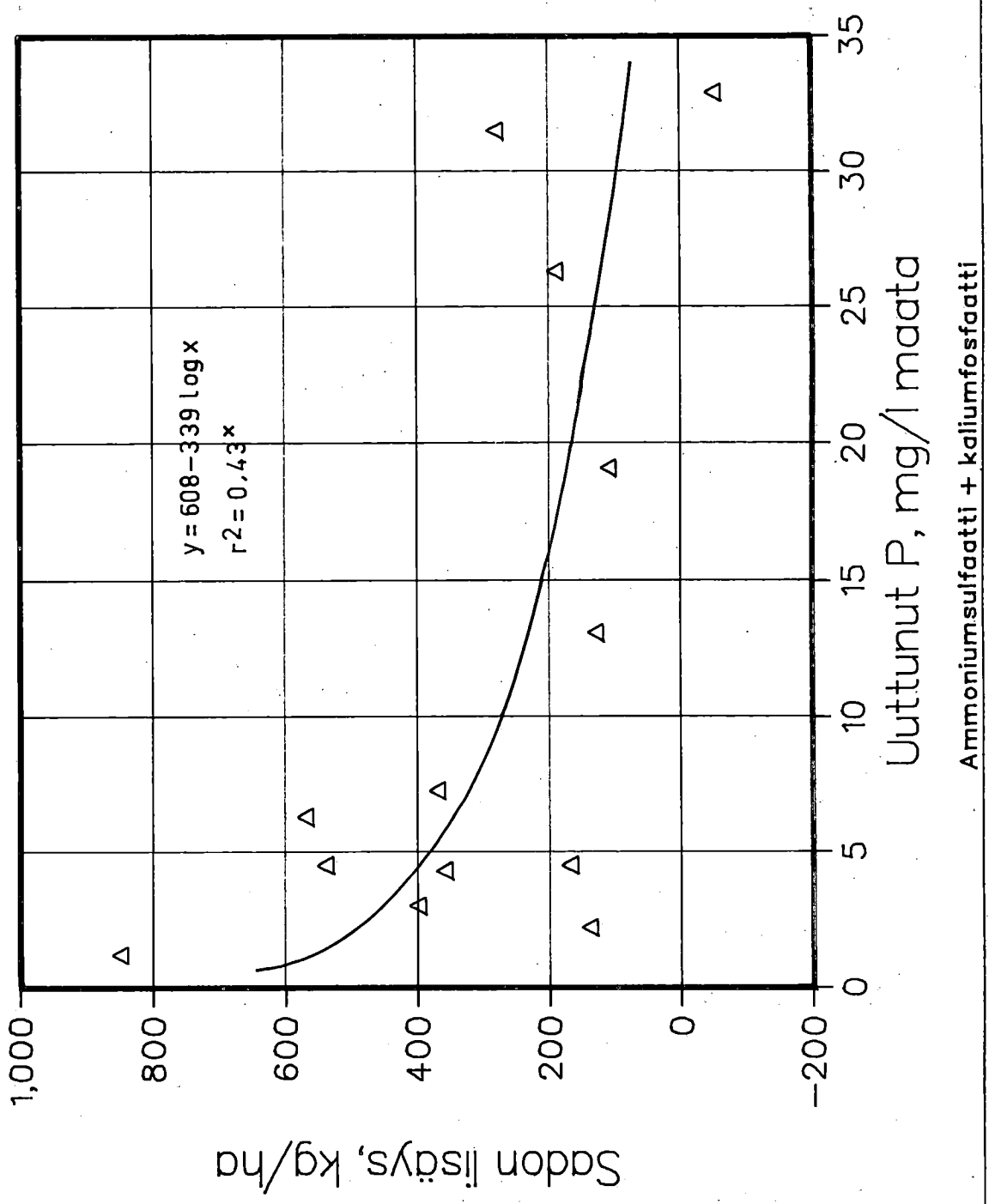
KUVA 4. Fosforilannoituksella saadun viljasadon lisäyksen riippuvuus maan fosforitilasta



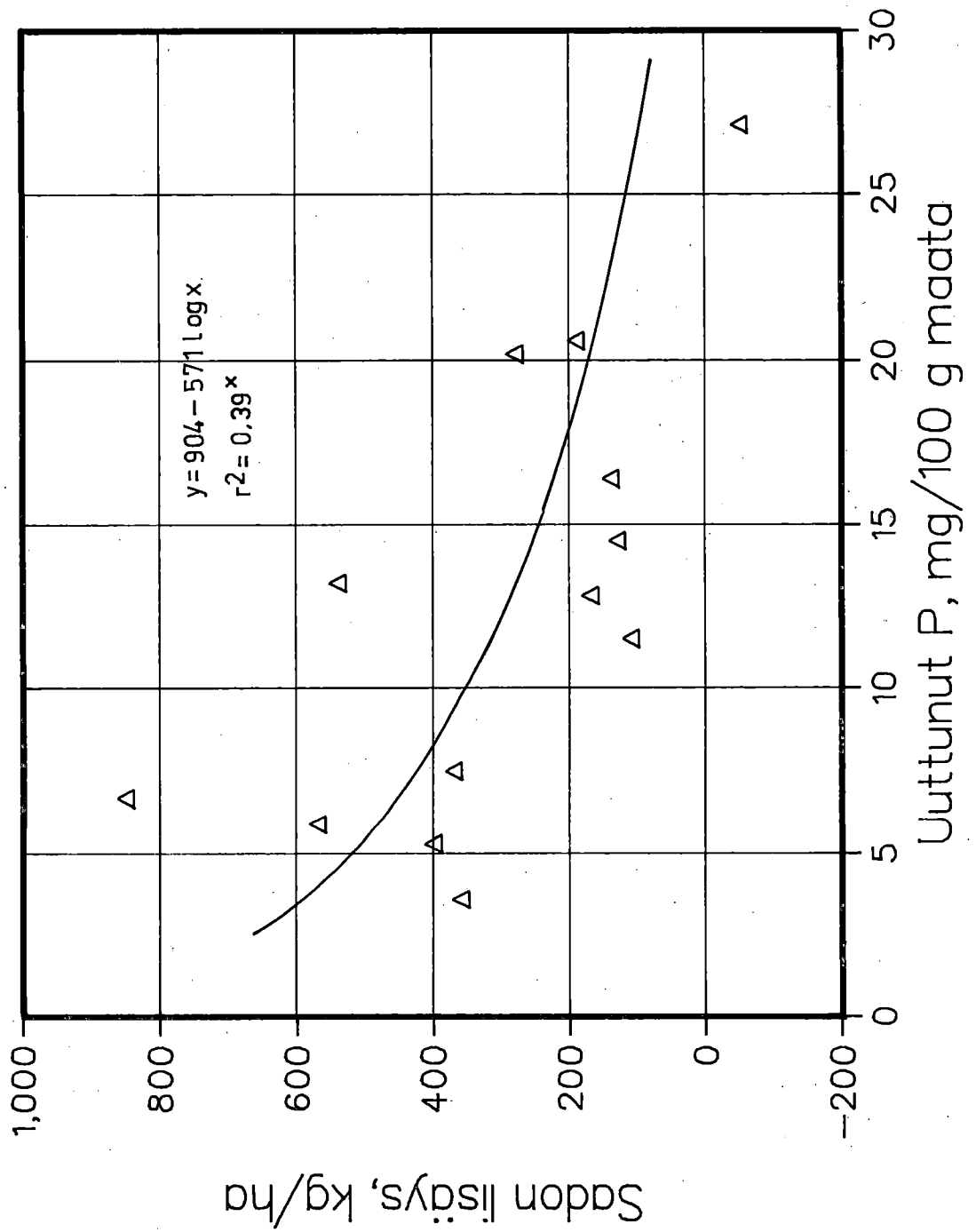
KUVA 5. Fosforilannoituksella saadun
viljasadon lisäyksen riippuvuus
maan fosforitiilasta



KUVA 6. Fosforilannoituksella saadun viljasadon lisäyksen riippuvuus maan fosforitilasta



KUVA 7. Fosforilannoituksella saadun viljasadon lisäyksen riippuvuus maan fosforitilasta



KIRJALLISUUTTA

- AURA, E. 1978 a. Determination of available soil phosphorus by chemical methods. *Maatal.tiet. Aikak.* 50: 305-316.
- 1978 b. Phosphate desorption from soil in anion-exchange resin extraction. *Maatal.tiet. Aikak.* 50: 335-345.
- BARKOFF, E. & OHLANDER, L. 1967. Comparisons of five soil testing methods for phosphorus determination. *Ann. Agric. Fenn.* 6: 97-102.
- HAHLIN, M. & JOHANSSON, L. 1977. Några analysmetoders förmåga att beskriva växtnäringstillståndet för fosfor och kalium i marker. *Lantbrukshögskolans meddelanden A* 271: 34 s.
- HARTIKAINEN, H. 1982. Water soluble phosphorus in Finnish mineral soils and its dependence on soil properties. *Maatal.tiet. Aikak.* 54: 89-98.
- KAILA, A. 1964. Fractions of inorganic phosphorus in Finnish mineral soils. *Maatal.tiet. Aikak.* 36: 1-13.
- MUNK, H. & BÄRMANN, C. 1971. Zur Kennzeichnung des Pflanzenverfügbaren Phosphats in lehmigen Böden durch verschiedene Bodenuntersuchungsmethoden. *Landwirtsch. Forsch.* 24: 272-284.
- OLSEN, S.R., COLE, C.V., WATANABE, F.S. & DEAN, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *U.S. Dept. Agric. Circ.* 939.
- PAAUW, F. van der 1971. An effective water extraction method for the determination of plant-available soil phosphorus. *Plant and Soil* 34: 467-481.

- PRATT, P.F. & GARBER, M.J. 1964. Correlations of phosphorus availability by chemical tests with inorganic phosphorus fractions. *Soil Sci. Soc. Proc.* 28: 23-26.
- SAARELA, I. & ELONEN, P. 1982. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977-1981. *Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote N:o 16*: 1-55.
- SIBBESEN, E. 1979. Anionbytter-resin metoden til ekstraktion af jord-fosfat. *Tidsskr. Planteavl.* 83: 478-484.
- SILLANPÄÄ, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. *FAO Soils Bull.* 48, 444 p.
- SIPPOLA, J. 1980. The dependence of yield increases obtained with phosphorus and potassium fertilization on soil test values and soil pH. *Ann. Agric. Fenn.* 19: 100-107.
- & JANSSON, H. 1979. Soil phosphorus test values obtained by acid ammonium acetate, water and resin extraction as predictors of phosphorus content in timothy (*Phleum pratense* L.) *Ann. Agric. Fenn.* 18: 225-230.
- JAAKKOLA, A. 1980. Maasta eri menetelmillä määritetyt typpi, fosfori ja kalium lannoitustarpeen osoittajina astia- ja kenttäkokeissa. *Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote N:o 13*: 24-41.
- SISSINGH, H.A. 1971. Analytical technique of the method used for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. *Plant and Soil* 34: 483-486.
- STÅHLBERG, S. 1980. A new extraction method for estimation of plant available P, K and Mg. An attempt at application to Swedish cultivated soils. *Acta Agr. Scand.* 30: 93-107.
- 1982. A fixation method for estimation of the P requirement of soils. *Acta Agr. Scand.* 32: 3-11.
- WATANABE, F.S. & OLSEN, S.R. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO_3 extracts from soil. *Soil Sci. Soc. Proc.* 29: 677-678.
- VETTER, H., FRÜCHTENICHT, K. & MÄHLHOP, R. 1978. Untersuchungen über den Aussagewert verschiedener Bodenuntersuchungsmethoden für die Ermittlung des Phosphatdüngerbedarfs. *Landwirtsch. Forsch.* 34/II: 121-132.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeol. Publ.* 63. 44 p.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMAÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaiistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p. + 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13.
- Humuspitoiset lannoitteet p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalytiska metoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanniskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-82. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimail-
la. 35 p.
3. * ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu
kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.

4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-83. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuone-
maatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien ver-
tailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla
ja tomaatilla. 21 p.
6. VUORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokoiden
ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon
muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekokeiden tuloksia 1978-83. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitus-
tarpeen ilmaisijoina. 20 p.

