

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS  
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

## TIEDOTE N:o 13

---

ANTTI JAAKKOLA:

ASTIAKOE OHRAN TYPPI-, FOSFORI- JA KALIUM-  
LANNOITUSTARPEEN OSOITTAJANA

JOUKO SIPPOLA JA ANTTI JAAKKOLA:

MAASTA ERI MENETELMILLÄ MÄÄRITETYT TYPPI,  
FOSFORI JA KALIUM LANNOITUSTARPEEN OSOITTAJINA  
ASTIA- JA KENTTÄKÖKEISSÄ

JOKIOINEN 1980

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 13

---

ANTTI JAAKKOLA:

ASTIAKOE OHRAN TYPPI-, FOSFORI- JA KALIUMLANNOITUSTARPEEN OSOITTAJANA

JOUKO SIPPOLA JA ANTTI JAAKKOLA:

MAASTA ERI MENETELMILLÄ MÄÄRITETYT TYPPI, FOSFORI JA KALIUM LANNOITUSTARPEEN OSOITTAJINA ASTIA- JA KENTTÄKOEISSA

---

31600 JOKIOINEN  
PUH. 916-133 33

ISSN 0356-7710

Sisältö

Sivu

Antti Jaakkola:

Astiakoe ohran typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitustarpeen osoittajana	2
Tiivistelmä	2
Johdanto	3
Aineisto ja menetelmät	4
Koepaikat ja koemat	4
Astiakoe	6
Kenttäkokeet	7
Tulokset ja tarkastelu	8
Astiakoesadot	8
Typensaanti astiakokeessa	11
Fosforinsaanti astiakokeessa	12
Kaliuminsaanti astiakokeessa	13
Kenttäkoesadot	17
Typpi	18
Fosfori	19
Kalium	21
Kirjallisuutta	23

Jouko Sippola ja Antti Jaakkola:

Maasta eri menetelmillä määritetyt typpi, fosfori ja kalium lannoitus- tarpeen osoittajina astia- ja kenttäkokeissa	24
Tiivistelmä	24
Johdanto	25
Aineisto ja menetelmät	26
Tulokset	27
Eri maa-analyysimenetelmien uuttamat määrät	27
Maa-analyysien tulosten ja astiakokeessa saatujen satojen välinen riippuvuus	31
Maa-analyysien tulosten ja kenttäkokeessa saatujen satojen välinen riippuvuus	38
Kirjallisuutta	40

Antti Jaakkola:

Astiakoe ohran typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitustarpeen osoittajana

### Tiivistelmä

Tutkimuksen aineisto käsitti kaksikymmentä kenttäkoetta, joista 19 kesti vähintään kolme ja kuusi koetta neljä vuotta. Kentät sijaitsivat kivennäismailla, useimmat hieta- ja hiökkamailla. Koekasvina oli ohra. Koejäseninä olivat täyden NPK-lannoituksen lisäksi lannoitukset, joista kukin ravinne vuorollaan puuttui.

Jokaisen kentän kyntökerrosta edustavat maaerät koemaina suoritettiin kaksivuotinen astiakoe kenttäkoetta vastaavin koejäsenin. Koekasvina astiakokeessakin oli ohra. Astiakoesadoista tehtiin ravinnepitoisuuksien määrittäminen.

Kaliumin pitoisuus astiakoesadoissa korreloi tyydyttävästi kaliumlannoituksella saadun sadonlisäyksen kanssa. Sen sijaan typpi- ja fosforipitoisuus oli lähes riippumaton siitä vaikutuksesta, joka typen ja fosforin lisäämisellä koeastioihin saatiin.

Kenttäkoetuloksia ei kyetty ennustamaan astiakokeen avulla. Kaliumin kohdalla edellytykset tällaisen tarkastelun suorittamiseen puuttuivat, koska kaliumlannoitus vaikutti vain parilla kentällä ja niilläkin sangen vähän. Myöskään typen ja fosforin osalta kenttä- ja astiakokeen välinen riippuvuus ei ollut riittävä, jotta astiakokeesta saatavalla ennusteella olisi ollut arvoa.

## Johdanto

Typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen katsotaan lähes aina olevan tarpeen runsaiden peltokasvisatojen varmistamiseksi. Tämän takia Suomen peltojen lannoitus perustuukin moniravinteisten, kaikkia mainittuja ravinteita sisältävien lannoitteiden käytölle. Tietyn viljelykasvin lannoitustarve on totuttu arvioimaan lähinnä maalajin ja maan multavuuden perusteella käyttäen apuna kemiallista uuttuvien ravinteiden määrittäystä eli ns. viljavuusanalyysiä. Luonnollisesti myös aikaisempi kokemus ko. peltoalueen lannoituksesta otetaan huomioon.

Lannoitustarvetta selvittävä koetoiminta ei ole Suomessa ollut niin laajaa, että edellytykset laatia kokeisiin perustuvat maan uuttuvat ravinnepitoisuudet huomioonottavat lannoitussuositukset olisivat olemassa. Tähän asti suoritettujen kokeiden tavoitteena onkin ollut lähinnä sopivan keskimääräisen lannoitustason löytäminen koko maassa tai jollakin varsin laajalla alueella tai tietyntyyppisellä maalajilla. Yksittäisen, maaperältään ja viljelyhistorialtaan muista poikkeavan peltolohkon tarkan lannoitustarpeen selvittämiseen tutkimus ei ole tuottanut keinoja. Uuttuvien ravinnepitoisuuksien hyväksikäyttö on perustunut sille, mahdollisesti oikealle olettamukselle, että alhainen ravinnepitoisuus maassa merkitsee suurempaa lannoitustarvetta kuin korkea pitoisuus. Itse asiassa ei ole kuitenkaan edes tiedetty, onko maanäytteestä tehtyjen analyysien perusteella mahdollista ennakoida jonkin tietyn ravinteen vaikutus tyydyttävällä tarkkuudella.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli saada jonkinlainen kuva typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen merkityksestä sekä tuottaa samalla aineistoa laajemman, lannoitustarpeen määrittämenetelmien kehittämiseen pyrkivän tutkimuksen suunnittelua varten. Tutkimusta varten perustettiin 20 kenttäkoetta ohra viljelykasvina eri puolille Suomea. Sääsuhteiden vaikutuksen vähentämiseksi kokeet olivat yleensä 3-vuotisia, muutamaa koetta jatkettiin vielä neljäs vuosi.

Tutkimuksen ensimmäisessä osassa, jota tämä kirjoitus käsittelee, verrattiin astia- ja kenttäkokeista saatuja tuloksia keskenään. Tavoitteena oli selvittää, missä määrin astiakokeen avulla voitiin ennustaa kentällä saatavia tuloksia. Tarkoitusta varten koottiin jokaisen kentän kyntökerrosta edustava maa-erä. Näitä maa-eräitä käytettiin koemaina Tikkurilassa suoritettussa 2-vuotisessa astiakokeessa, jossa viljeltiin ohraa kuten kentälläkin. Satotulosten lisäksi vertailu perustui astioista korjatun sadon ravinnepitoisuuksiin ja sadon ottamiin ravinne-määriin.

## Aineisto ja menetelmät

### Koepaikat ja koemaat

Tutkimukseen kuuluneiden 20 koekentän sijainti ja eräät maaperän ominaisuudet käyvät ilmi taulukosta 1.

Eteläisin sijaintipaikka oli Vantaa, vähän leveyspiirin  $60^{\circ}$  pohjoista leveyttä pohjoispuolella. Pohjoisin sijaintipaikka oli Utajärvi  $4,5$  leveysastetta pohjoisempana. Kokeita oli tämän sijaintivyöhykkeen pohjoisosassa enemmän kuin eteläosassa, esim.  $63^{\circ}$ :sta pohjoiseen oli 12 koetta, siitä etelään kahdeksan.

Koemaiden lajitekoostumus määritettiin ELOSEN (1971) menetelmällä. Maalajiluokitus oli myös hänen käyttämänsä. Kokeista viisi oli savimaalla. Vain yksi koe oli hiesulla, mutta peräti 14 koetta oli hieta- tai hiekkamailla. Suhteellisen suuri osa kokeista oli siis karkeilla mailla. Aitosavella oli kaksi koetta (kokeet 1 ja 4), niiden lisäksi kokeen 2 jankko oli aitosavea. Karkeinta maata olivat kokeiden 11 ja 12 kentät, joissa kummassakin hiekkalajite oli vallitseva. Kaikki viisi savimaan koetta olivat kahdeksan eteläisimmän kokeen joukossa.

Orgaanisen hiilen pitoisuus määritettiin muunnetulla ALTENin ym. (1935) menetelmällä. Vaihtelu kyntökerroksessa oli 1,6 - 8,1 %. Jankossa vaihtelu oli 0,3 - 2,7 %. Tutkimukseen kuului siis ainoastaan kivennäismaita.

Maan pH määritettiin potentiometrisesti vesilietoksesta, joka tehtiin tilavuussuhteessa 1:2,5. Happamuudeltaan maat edustivat suomalaista keskitasoa (vrt. KURKI 1972). Vaihtelu kyntökerroksessa oli pH 5,4 - 6,2 ja jankossa 4,9 - 6,7. Hyvin happamia tai neutraaleita maita aineisto ei siis sisältänyt.

Rauta ja alumiini määritettiin TAMMIN (1922) uutteesta atomiabsorptiospektrofotometrillä, rauta ilma-asetyleeniliiekissä, alumiini typpioksiduuliasetyleeniliiekissä. Uute valmistettiin mittaamalla 10 ml maata 100 ml:aan uuttonestettä. Huiskutusaika oli 17 tuntia. Varsinkin uuttuva rautapitoisuus vaihteli hyvin laajasti, kyntökerroksessa 0,4 - 21 g/l, jankossa 0,6 - 25,7 g/l. Korkeimmat rautapitoisuudet olivat savimaissa, karkeiden maiden korkein rautapitoisuus oli kokeessa 20 (15,2 g/l). Alumiinipitoisuuden vaihtelu oli kyntökerroksessa 0,5 - 4,6 g/l, jankossa 0,4 - 7,5 g/l.

Taulukko 1. Koemaiden ominaisuuksia

N:o	Sijainti		Kerros cm	Lajitekoostumus, %				Maalaji	Org.C, %	pH (vesti)	Rauta, g/l	Alumiini, g/l
	Kunta	pohj. lev. lukumäärin		S	Hs	Ht	Hk					
				0-0,002	0,002-	0,02-	0,2-					
1	Vantaa	60°15'	0-20	71	21	7	1	AS	5,1	5,5	17,7	3,6
			20-40	61	22	16	1	AS	0,9	4,9	8,8	2,2
2	Vantaa	60°15'	0-20	51	28	14	7	HsS	4,7	5,6	21,0	3,2
			20-40	66	25	8	1	AS	0,9	5,4	25,7	2,4
3	Loimaa	60°45'	0-20	52	36	7	5	HsS	4,5	5,4	5,8	4,5
			20-40	53	39	7	2	HsS	2,7	5,5	9,9	3,6
4	Tammela	60°45'	0-20	70	13	13	4	AS	5,4	5,4	14,6	4,4
			20-40	83	7	7	3	AS	1,9	5,6	11,5	3,8
5	Kokemäki	61°15'	0-20	23	64	10	3	Hs	2,2	5,7	7,4	2,2
			20-40	19	58	22	1	Hs	0,9	5,6	8,3	1,6
6	Hartola	61°30'	0-20	5	10	72	13	KHt	2,7	5,9	7,0	2,9
			20-40	2	2	82	14	KHt	0,4	6,7	3,4	1,6
7	Hartola	61°30'	0-20	6	10	64	20	KHt	3,5	6,2	1,4	2,7
			20-40	3	5	69	23	KHt	2,1	5,2	0,9	3,4
8	Laukaa	62°30'	0-20	32	57	10	1	HsS	2,7	5,2	5,6	1,6
			20-40	30	58	11	1	HsS	0,6	5,8	6,8	1,3
9	Pihlkipudas	63°30'	0-20	5	13	48	34	KHt	3,4	6,1	5,2	4,6
			20-40	5	12	47	36	KHt	1,2	6,0	9,2	7,5
10	Pihlkipudas	63°30'	0-20	2	5	39	54	HHk	5,4	5,6	0,9	1,2
			20-40	4	16	52	28	KHt	0,7	5,4	1,5	2,9
11	Pihlkipudas	63°30'	0-20	2	7	23	68	HHk	7,3	5,5	0,4	1,3
			20-40	1	3	30	66	HHk	0,3	5,9	0,6	0,9
12	Pihlkipudas	63°30'	0-20	3	5	28	64	HHk	2,7	5,8	2,5	2,2
			20-40	2	2	20	76	HHk	1,1	5,7	5,8	4,5
13	Pihlkipudas	63°30'	0-20	15	24	21	40	HHk	1,6	5,6	6,8	3,2
			20-40	27	40	12	21	He	0,6	5,7	7,8	4,6
14	Toholampi	63°45'	0-20	8	26	64	2	HHt	8,1	5,7	2,5	3,7
			20-40	5	18	74	3	HHt	1,1	5,2	1,0	1,7
15	Toholampi	63°45'	0-20	2	3	82	13	KHt	2,1	5,6	2,8	2,3
			20-40	1	0	81	18	KHt	1,7	5,5	6,0	4,6
16	Tyrmävä	64°45'	0-20	2	2	83	13	KHt	6,8	5,9	4,2	0,5
			20-40	1	1	85	13	KHt	0,4	5,4	2,0	0,4
17	Utajärvi	64°45'	0-20	4	10	83	3	HHt	4,0	6,1	4,7	4,2
			20-40	2	1	47	50	KHt	0,6	6,1	7,2	4,3
18	Utajärvi	64°45'	0-20	3	5	87	5	KHt	3,8	5,5	4,4	2,7
			20-40	2	2	93	3	KHt	0,4	5,9	5,7	4,1
19	Utajärvi	64°45'	0-20	3	6	88	3	KHt	3,7	6,2	3,7	4,3
			20-40	2	4	94	0	KHt	0,9	5,2	5,5	6,2
20	Utajärvi	64°45'	0-20	4	10	80	6	HHt	3,6	5,4	15,2	4,0
			20-40	3	11	86	0	HHt	0,6	5,4	2,4	4,1

## Astiakoe

Jokaisen 20 koekentän kyntökerroksesta (0-20 cm) otettiin edustava maaerä, jonka sisältämät kokkareet murskattiin. Kustakin homogenisoidusta maaerästä punnittiin 4,5 kg kuiva-ainetta (105°C) vastaava määrä 16 muoviastiaan. Näihin perustettiin keväällä 1975 neljä koejäsentä ja neljä kerrannetta käsittävä koe.

Kokeeseen kuuluivat seuraavat koejäsenet:

1. NPK-lannoitus, joka käsitti  
 1000 mg/astia N  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ :na,  
 200 " P  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ :na ja  
 1000 " K KCl:na,
2. PK-lannoitus (koejäsen 1 ilman N),
3. NK-lannoitus (koejäsen 1 ilman P),
4. NP-lannoitus (koejäsen 1 ilman K).

Nämä koekäsittelyt tehtiin toukokuussa sekoittamalla koekaavan edellyttämät aineet kutakin astiaa varten varattuun maaerään. Samalla suoritettiin Mg-lannoitus (200 mg/astia) sekoittamalla kaikkiin astioihin  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Koe, johon kuului siis 320 astiaa, kylvettiin 2.-3.6.75. Koekasvi oli Otra-ohra. Ohran tultua oraalle, kuhunkin astiaan annettiin kohtuullinen hivenravinnelannoitus (B, Mn, Cu, Zn, Mo) ravinneliuoksena.

Astiat pidettiin ulkona verkkohäkissä. Maat kasteltiin päivittäin täyteen vesikapasiteettiin. Liian veden poistamiseksi astian pohjassa oli reikä. Alusastiaan valunut vesi palautettiin kastelun yhteydessä maahan. Deionisoitua vettä lisättiin tarpeen mukaan.

Tuleentunut sato korjattiin astioista. Astiasadot kuivattiin 105°C:ssa. Puidut jyvät punnittiin. Olkisato laskettiin punnitun kokonaissadon ja jyväsadon erotuksena. Sekä jyvä- että olkisadot otettiin talteen ravinnepitoisuusmäärityksiä varten.

Ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen astiat jätettiin ulos muovilla peitettynä. Talven aikana ne olivat siis roudan vaikutukselle alttiina.

Keväällä 1976 sekä koekäsittelyt että aluslannoitus uusittiin. Otra-ohra kylvettiin astioihin 12.-14.5. Korjuu suoritettiin 16.-23.8. samoin kuin edellisellä vuonna. Olki- ja jyväsadot otettiin nytkin talteen analyysensä varten.

Jokaisesta astiasta otettiin maanäyte analyysensä varten seuraavan syyskuun alussa. Maanäytteiden annettiin kuivua ilmakeiviksi huoneen lämpötilassa.

#### Kenttäkokeet

Keväällä 1975 perustettujen kenttäkokeiden koejäsenet olivat seuraavat:

1. NPK-lannoitus, joka käsitti
  - 40 kg/ha N ousalpietarina (27,5 % N)
  - 40 " P superfosfaattina (8,7 % P)
  - 60 " K kalisuolana (50 % K)
2. PK-lannoitus (koejäsen 1 ilman N),
3. NK-lannoitus (koejäsen 1 ilman P),
4. NP-lannoitus (koejäsen 1 ilman K).

Koejäsenet satunnaistettiin lohkoittain, joita oli neljä. Koejäsenten sijoittelu oli kaikissa kokeissa sama.

Koekaavan edellyttämät lannoitemäärät sekä aluslannoitukseksi tarkoitettu magnesiumsulfaatti (20 kg/ha Mg), kuparisulfaatti (2,5 kg/ha Cu) ja lannoiteboraatti (0,5 kg/ha B) levitettiin keväällä käsin pintaan ja mullattiin äestämällä. Tästä poiketen kokeessa 5 käytettiin rivilannoitusta n. 8 cm syvyyteen kaikkina vuosina ja kokeissa 14 ja 15 kolmantena ja neljäntenä vuonna. Lannoitus, sekä koekäsittelyt että aluslannoitus, uusittiin joka vuosi.

Kokeissa viljeltiin ohraa paitsi kokeessa 8, jossa vuonna 1976 kasvoi kaura. Koepaikkojen erilaisuuden takia kylvöaika vaihteli samanakin vuonna jopa neljä viikkoa. Korjuuajassakin oli eroja sääsuhteiden sekä viljeltyjen lajikkeiden erilaisuuden vuoksi. Kokeet pyrittiin korjaamaan täysin tuleentuneina, mutta aina se ei ollut mahdollista.

Kokeista korjattiin jyväsato ja useimmista kokeista myös olkisato. Kuitenkin vain kahdesta kokeesta (10 ja 13) korjattiin joka vuosi koko ruudun olkisato pois pelloilta. Muissa kokeissa 30-100 % kunkin ruudun olkisadosta kynnettiin vuosittain maahan.

Koe 20 lopetettiin ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen, kokeita 6, 8, 10, 14, 15 ja 18 jatkettiin neljä kasvukautta. Muut kokeet olivat kolmevuotisia.

Jokaisen ruudun jyväsadosta ja korjatua olkisadosta otettiin näyte ravinteiden määrittystä varten. Ensimmäisenä vuonna otettiin lisäksi näyte jokaisen ruudun kasvustosta 1 m<sup>2</sup>:n alalta heinäkuun alussa.

Kasvinäytteistä määritettiin typpi Kjeldahl-poltolla sekä fosfori, kalium, kalsium ja magnesium tuhkauutteesta fosfori kolorimetrisesti vanadaattimenetelmällä, muut atomiabsorptiospektrofotometrillä.

Maanäytteitä otettiin ruuduittain jokaisen koevuoden keväällä ennen lannoitusta ja syksyllä sadonkorjuun jälkeen. Kevään näytteet otettiin kyntökerroksesta (0-20 cm), syksyn näytteet sen lisäksi myös jankosta (20-40 cm). Ensimmäisenä koevuonna otettiin kyntökerrosnäytteet myös samanaikaisesti kasvustonäytteiden kanssa heinäkuun alussa.

Kenttäkokeista otetuista maanäytteistä määritettiin vesilietoksen pH (tilavuussuhteessa 1 : 2,5) sekä happameen ammoniumasetattiin (pH 4,65) uuttuvat fosfori, kalium, kalsium ja magnesium.

## Tulokset ja tarkastelu

### Astiakoesadot

Astioista kahden vuoden aikana korjatut jyvä- ja olkisadot yhteensä on esitetty taulukkona 2 koejäsenittäin. Typen poisjättäminen lannoituksesta vaikutti eniten. Ilman typpeä saatiin vain 23 % siitä sadosta mikä saatiin kun typpi annettiin. Ilman fosforia satotaso putosi keskimäärin 68 %:iin ilman kaliumia 64 %:iin.

Typpilannoituksen poisjättäminen vähensi kaikkien koemaiden sadontuottoa. Suhteellisesti ankarin typen puute oli koemaassa 5, jossa saatiin ilman typpilannoitusta vain 13 % sadosta. Lievinkin typenpuute oli varsin ankara. Koemaissa 13 ja 20 saatiin n. 40 % sadosta ilman typpilannoitusta. Typen puutteen ankaruuden vaihtelut eivät siis olleet kovin suuret.

Fosforilannoituksen poisjättäminen johti sen sijaan hyvin erilaisiin sadon muutoksiin eri koemaissa. Puute oli ankarin koemaassa 15 karkealla hiedalla, jossa ilman fosforilannoitusta saatiin vain 13 % sadosta. Kahdenkymmenen koemaan joukossa oli kuusi sellaista (2, 11, 14, 17, 18 ja 20), joissa fosforilannoitus ei aiheuttanut merkitsevää vaikutusta.

Taulukko 2. Typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen vaikutus kokonaissatoon astiakokeessa. Suhteellinen sato verrattuna täyslannoituksella saatuun satoon prosentteina sulkeissa.

N:o	Kunta	Maalaji	Kuiva-ainesato, g/astia, 1.+2. koevuosi (jyvät+oljet)			
			NPK-lannoitus	Ilman N	Ilman P	Ilman K
1	Vantaa	AS	170,5	29,0** (17)	117,0** (69)	138,7** (81)
2	Vantaa	HsS	172,2	31,5** (18)	152,1 (88)	154,3 (90)
3	Loimaa	HsS	164,0	28,3** (17)	138,0** (84)	139,5** (85)
4	Tammela	AS	147,1	36,7** (25)	100,7** (68)	135,2 (92)
5	Kokenäki	Hs	155,2	20,2** (13)	121,3** (78)	112,0** (72)
6	Hartola	KHt	154,8	33,8** (22)	95,0** (61)	111,0** (72)
7	Hartola	KHt	148,3	37,5** (25)	51,7** (35)	113,5** (77)
8	Laukaa	HsS	122,1	33,3** (27)	33,5** (27)	117,7 (96)
9	Pihtipudas	KHt	132,2	41,3** (31)	60,8** (46)	23,1** (17)
10	Pihtipudas	HHk	143,9	29,7** (21)	106,5** (74)	21,3** (15)
11	Pihtipudas	HHk	168,0	45,4** (27)	146,9 (87)	32,3** (19)
12	Pihtipudas	HHk	120,2	24,8** (21)	55,2** (46)	48,8** (41)
13	Pihtipudas	HHk	117,1	48,1** (41)	72,9** (62)	61,3** (52)
14	Toholampi	Hht	98,7	16,9** (17)	106,6 (108)	41,3** (42)
15	Toholampi	KHt	104,4	18,3** (18)	13,7** (13)	49,6** (48)
16	Tyrnävä	KHt	132,4	29,8** (23)	96,1** (73)	96,4** (73)
17	Utajärvi	Hht	164,1	50,1** (31)	161,5 (98)	147,2 (90)
18	Utajärvi	KHt	105,6	25,9** (25)	113,8 (108)	21,0** (20)
19	Utajärvi	KHt	111,1	19,8** (18)	49,8** (45)	72,4** (65)
20	Utajärvi	Hht	50,7	20,4** (40)	37,9 (75)	75,5** (149)
1-20	Keskiarvo		134,1	31,0** (23)	91,5** (68)	85,6** (64)

Kaliumlannoitus ei ollut tarpeen neljässä koemaassa (2, 4, 8 ja 17). Ankarin kaliumin puute johti sadon putoamiseen 15 %:iin vertailusadosta. Näin kävi maassa 10, joka maalajiltaan oli hienoa hiekkaa. Useissa muissakin karkeissa kivennäismaissa kaliumlannoituksen poisjättämisen aiheuttamat satotappiot olivat huomattavat. Kuitenkin esimerkiksi maassa 17 kaliumlannoituksella ei ollut lainkaan vaikutusta. Maassa 20 satotaso nousi 50 % kun kaliumlannoitus jätettiin suorittamatta. On kuitenkin syytä panna merkillä, että satotaso täyslannoituksen saaneissa koejäsenessä oli alhainen.

Kaikkien tutkittujen ravinteiden puute aiheutti sekä jyvää että olkisadon pienenemisen (taulukko 3). Ilman fosfori- ja kaliumlannoitusta saadut sadot olivat ensimmäisenä vuonna yhtä suuret kuin toisena vuonna. Kaikki ravinteet sisältävän lannoituksen tuotettua toisena vuonna suuremman sadon kuin ensimmäisenä, olivat fosforin ja kaliumin poisjättämisen suhteelliset vaikutukset toisena vuonna siis suuremmat. Fosforin ja kaliumin puutteen kärjistymisen ensimmäisestä toiseen koevuoteen siirryttäessä oli muutamassa yksittäisessä koemaassa erittäin selvää. Toisaalta useissa tapauksissa puute ei ollut toisena vuonna sen ankarampi kuin ensimmäisenäkään. Näyttää siltä että fosforin tai kaliumin huvetessa jyväsato laski jonkin verran nopeammin kuin olkisato.

Taulukko 3. Typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen vaikutus jyvä- ja olkisatoon astiakokeessa.

N:o	Kunta	Maalaji	Koevuosi	Kuiva-ainesato, g/astia							
				NPK-lannoitus		Ilman N		Ilman P		Ilman K	
				jyvät	oljet	jyvät	oljet	jyvät	oljet	jyvät	oljet
1	Vantaa	AS	1	36,5	37,9	5,3	7,0	33,8	27,5	31,2	29,7
			2	49,2	46,9	6,2	10,5	27,4	28,3	34,7	43,2
2	Vantaa	HsS	1	38,0	36,4	7,8	10,4	33,3	28,7	34,6	35,7
			2	49,7	48,2	6,3	7,0	47,1	42,9	39,6	44,4
3	Loimaa	HsS	1	36,8	32,1	5,3	7,2	28,8	28,2	33,7	30,3
			2	48,6	46,5	6,8	9,0	44,4	36,6	38,1	37,4
4	Tammela	AS	1	34,6	34,4	7,2	10,1	31,7	33,0	33,0	35,0
			2	37,5	40,7	7,7	11,8	18,3	17,8	28,2	39,0
5	Kokemäki	Hs	1	29,5	39,2	2,7	3,5	30,7	26,1	17,6	31,2
			2	42,3	44,2	5,6	8,4	34,6	29,8	31,2	32,0
6	Hartola	Kht	1	29,2	36,9	5,4	7,6	20,9	28,0	25,3	33,3
			2	46,2	42,5	8,7	12,2	22,1	24,0	27,0	25,3
7	Hartola	Kht	1	30,3	31,9	5,1	7,7	8,1	16,8	22,5	29,6
			2	45,2	41,0	9,6	15,2	8,9	18,0	31,2	30,5
8	Laukaa	HsS	1	28,1	23,0	4,6	9,0	9,5	11,9	18,3	28,0
			2	38,1	32,9	9,2	10,5	4,4	7,7	37,3	34,2
9	Pihtipudas	Kht	1	33,9	29,0	7,1	8,5	15,4	19,9	2,8	7,9
			2	34,6	34,6	11,8	14,1	6,4	19,2	4,2	8,1
10	Pihtipudas	HHk	1	31,4	31,1	4,8	5,6	24,0	26,6	1,0	9,3
			2	43,1	38,4	8,3	11,1	22,6	33,3	2,0	9,0
11	Pihtipudas	HHk	1	30,0	39,1	5,5	7,6	32,3	28,6	4,2	15,2
			2	48,0	50,9	13,8	18,5	45,6	40,4	1,1	11,9
12	Pihtipudas	HHk	1	28,0	30,2	6,5	9,8	9,6	18,3	11,6	21,0
			2	32,4	29,6	3,5	5,0	9,0	18,3	6,5	9,8
13	Pihtipudas	HHk	1	27,0	27,4	4,4	22,6	22,3	25,1	15,4	22,6
			2	33,9	28,8	9,1	12,0	8,3	17,1	5,1	18,2
14	Toholampi	Hht	1	12,2	12,4	1,7	2,0	18,7	20,3	10,3	13,2
			2	40,9	33,2	5,5	7,8	35,9	31,7	4,6	13,2
15	Toholampi	Kht	1	22,1	21,5	3,1	3,8	4,7	6,4	16,4	18,7
			2	31,9	28,8	4,3	7,1	0,4	2,2	4,1	10,5
16	Tyrnävä	Kht	1	26,8	37,3	5,9	9,7	19,9	19,7	27,7	30,0
			2	35,6	32,8	5,4	8,8	29,2	27,3	18,9	19,9
17	Utajärvi	Hht	1	32,0	36,2	7,3	16,6	35,3	41,2	32,3	37,9
			2	50,0	45,9	11,0	15,3	43,9	41,2	37,9	39,1
18	Utajärvi	Kht	1	32,3	32,5	6,0	9,4	32,1	31,3	1,5	8,1
			2	20,0	20,8	4,5	6,0	25,3	25,1	1,6	9,8
19	Utajärvi	Kht	1	24,6	25,4	3,1	5,1	12,2	13,0	19,7	19,6
			2	32,9	28,3	3,5	8,1	10,1	14,5	16,7	16,5
20	Utajärvi	Hht	1	12,7	11,8	5,1	6,8	16,3	15,4	24,7	22,6
			2	13,8	12,5	3,7	4,8	1,4	4,8	12,5	15,7
1-20	Keskiarvo		1	28,8	30,3	5,2	8,5	22,0	23,3	19,2	23,9
			2	38,7	36,4	7,2	10,1	22,3	24,0	19,1	23,4

Typpilannoituksen poisjättämisen suhteellinen vaikutus oli sama molempina koevuosina. Ilmeisesti maan oma typpi oli niin hitaasti vapautuvassa muodossa, etteise koekauden aikana oleellisesti vähentynyt.

Ilman fosforilannoitusta saadun sadon nopea väheneminen osoitti käyttökelpoisen fosforin olevan loppumassa maista 15, 20, 13 ja 9. Maista 7, 8, 12 ja 19 vapautui kasvien kasvua varten liian niukasti fosforia, mutta maan fosforitila ei kuitenkaan oleellisesti muuttunut ensimmäisestä koevuodesta toiseen siirryttäessä.

Kalium alkoi ehtyä koekauden aikana maista 12, 13, 14 ja 15. Heti ensimmäisenä vuonna kasvi sai aivan liian niukasti kaliumia maista 9, 10, 11 ja 18. Näissä tapauksissa ei ilman kaliumlannoitusta saatu satotaso kuitenkaan oleellisesti muuttunut ensimmäisestä toiseen koevuoteen.

#### Typensäänti astiakokeessa

Koekasvi otti kahden vuoden aikana tyvellä lannoittamattomasta maasta keskimäärin 300 mg/astia typpeä. Määrä vastaa 67 mg/maakiloa kohti. Pienin kasvin ottama typpimäärä oli 180 mg/astia kahden vuoden aikana eli 40 mg/kg. Suurin määrä oli 530 mg/astia eli 118 mg/kg (taulukko 4).

Taulukko 4. Typpilannoituksen vaikutus typenottoon (mg/astia) ja kuivan kasviaineksen keskimääräiseen typpipitoisuuteen (mg/g) astiakokeessa.

N:o	Kunta	Maalaji	Ilman typpilannoitusta (PK)				Typpilannoitus (NPK)			
			1. koevuosi mg/astia	2. koevuosi mg/astia	Yht. N mg/astia	N mg/g	1. koevuosi mg/astia	2. koevuosi mg/astia	Yht. N mg/astia	N mg/g
1	Vantaa	AS	120	140	260	9,0	820	1070	1960	11,5
2	Vantaa	HsS	160	130	290	9,2	990	950	1940	11,3
3	Loimaa	HsS	120	130	250	8,8	920	1020	1940	11,8
4	Tammela	AS	150	170	320	8,7	910	380	1790	12,2
5	Kokemäki	Hs	70	120	190	9,4	810	970	1780	11,5
6	Hartola	KHt	120	170	290	8,6	870	1020	1890	12,2
7	Hartola	KHt	140	390	530	14,1	890	990	1880	12,7
8	Laukaa	HsS	140	180	320	9,6	830	980	1810	14,2
9	Pihtipudas	KHt	170	220	390	9,4	830	810	1640	12,4
10	Pihtipudas	HHk	110	190	300	10,1	880	1010	1890	13,1
11	Pihtipudas	HHk	140	270	410	9,0	880	1400	2280	13,6
12	Pihtipudas	HHk	140	80	220	8,9	860	770	1630	13,6
13	Pihtipudas	HHk	210	200	410	8,5	880	890	1770	15,1
14	Toholampi	HHt	50	140	190	11,2	370	1030	1400	14,2
15	Toholampi	KHt	80	110	190	10,4	760	910	1670	16,0
16	Tyrnävä	KHt	170	150	320	10,7	980	810	1790	13,5
17	Utajärvi	HHt	250	220	470	9,4	880	980	1860	11,3
18	Utajärvi	KHt	150	110	260	10,0	870	430	1300	12,3
19	Utajärvi	KHt	80	100	180	9,1	760	780	1540	13,9
20	Utajärvi	HHt	120	100	220	10,8	480	500	980	19,3
1-20	Keskisarvo		130	170	300	9,7	830	910	1740	13,0

Typenotonkaan perusteella kasvien typensaanti ei muuttunut koekauden kuluessa. On ilmeistä ettei typenotto koekauden aikana kuvaa ensinkään maan käyttökelpoista typpivarastoa. Kasvin maasta irroittama ja maanpäällisiin osiinsa kuljettama typpimäärä kuvanee lähinnä typen vapautumisnopeutta. Tämä nopeus, joka ei ensimmäisestä toiseen koevuoteen siirryttäessä muuttunut oleellisesti, on siis varsin ankarasti rajoittanut kasvin kasvua astiakokeessa.

Typpilannoitus nosti kasvin typenoton kahden vuoden aikana yhteensä 1740 mg:aan astiaa kohti. Typpilannoituksen aiheuttama lisäys oli siis 1440 mg astiaa kohti. Näennäinen lannoitetypen otto keskimäärin kaikissa kahdessakymmenessä koemaassa oli siis vähän yli 70 %.

Typpilannoitus aiheutti eri maissa erisuuruisen sadonlisäyksen ja myös erisuuruisen typenoton lisäyksen. Typellä lannoitettujen kasvien sadon ja typenoton vaihtelu johtui ilmeisesti pääasiassa muusta kuin erilaisesta typensaannista.

Astioista korjatun kasviaineksen keskimääräinen typpipitoisuus oli ilman typpilannoitusta 9,7 mg/g, typpilannoituksen jälkeen pitoisuus oli 13,0 mg/g. Vaihtelua koemaiden kesken oli melkoisesti, mutta yleensä kylläkin typpilannoitus kohotti kasviaineksen keskimääräistä typpipitoisuutta. Koemaa 7 oli tästä ainoa poikkeus. Tuotetun kasviaineksen keskimääräisen typpipitoisuuden perusteella ei kuitenkaan ilmeisesti voida tehdä johtopäätöksiä maan typpitilasta, sillä korrelaatiota kasviaineksen typpipitoisuuden ja typpilannoituksella aiheutetun sadonlisäyksen välillä ei ollut.

#### Fosforinsaanti astiakokeessa

Keskimääräinen fosforinotto kahden vuoden aikana koko aineistossa oli 156 mg astiaa kohti eli 35 mg/kg maata (taulukko 5). Pienin otto oli 20 mg/astia eli 4,5 mg/kg ja suurin 307 mg/astia eli 68 mg/kg. Vaihtelu fosforinsaannissa oli siis huomattavasti suurempi kuin typensaannissa.

Fosforinotto oli keskimäärin koko aineistossa toisena vuonna vain puolet ensimmäisen vuoden otosta. Aleneminen johtui fosforipitoisuuden vähenemisestä, sillä satotaso ei oleellisesti muuttunut.

Fosforilannoitus lisäsi kasvin fosforinottoa yhteensä 56 mg/astia kahden vuoden aikana. Lisäys oli 14 % lisätyn fosforin määrästä. Fosforinoton vaihtelut myös fosforilla lannoitetuissa astioissa olivat huomattavat. Myös näissä astioissa keskimääräinen fosforinotto oli ensimmäisenä vuonna selvästi suurempi kuin

toisena. Fosforilannoituksen näennäisesti aiheuttama fosforinoton lisäys oli kumpanakin koevuonna suunnilleen samansuuruinen. Yksittäisten koemaiden välillä oli kuitenkin selviä eroja.

Taulukko 5. Fosforilannoituksen vaikutus fosforinottoon (mg/astia) ja kuivan kasviaineksen keskimääräiseen fosforipitoisuuteen (mg/g) astiakokeessa.

N:o	Kunta	Maalaji	Ilman fosforilannoitusta (NK)				Fosforilannoitus (NPK)			
			1. koevuosi mg/astia	2. koevuosi mg/astia	Yht. mg/astia	P mg/g	1. koevuosi mg/astia	2. koevuosi mg/astia	Yht. mg/astia	P mg/g
1	Vantaa	AS	131	65	196	1,7	168	117	285	1,7
2	Vantaa	HsS	132	86	218	1,4	155	105	260	1,5
3	Loimaa	HsS	137	99	236	1,7	151	120	271	1,7
4	Tammela	AS	133	33	166	1,6	146	68	213	1,5
5	Kokemäki	Hs	101	71	173	1,4	118	92	210	1,4
6	Hartola	KHt	120	44	164	1,7	117	88	206	1,3
7	Hartola	KHt	54	30	84	1,6	125	100	225	1,5
8	Laukaa	HsS	50	13	63	1,9	119	92	211	1,7
9	Pihtipudas	KHt	75	27	102	1,7	115	65	180	1,4
10	Pihtipudas	HHk	109	55	164	1,5	129	85	214	1,5
11	Pihtipudas	HHk	149	106	255	1,7	135	112	247	1,5
12	Pihtipudas	HHk	71	30	101	1,8	112	65	177	1,5
13	Pihtipudas	HHk	115	33	148	2,0	124	65	189	1,6
14	Toholampi	HHt	84	94	178	1,7	49	100	149	1,5
15	Toholampi	KHt	18	2	20	1,5	102	95	197	1,9
16	Tyrnävä	KHt	93	60	153	1,6	128	82	210	1,6
17	Utajärvi	HHt	194	113	307	1,9	178	127	305	1,9
18	Utajärvi	KHt	150	82	232	2,0	150	69	219	2,1
19	Utajärvi	KHt	51	31	82	1,6	104	65	169	1,5
20	Utajärvi	HHt	80	7	87	2,3	69	32	101	2,0
1-20	Keskiarvo		102	54	156	1,7	125	87	212	1,6

Fosforilannoitus ei näyttänyt oleellisesti vaikuttavan astioista korjatun kasviaineksen keskimääräiseen fosforipitoisuuteen. Myöskään yksittäisissä koemaissa fosforilannoitus ei juuri vaikuttanut kasviaineksen fosforipitoisuuteen. Koemaiden väliset erot olivat selvästi fosforilannoituksen aiheuttamia eroja suuremmat. Korjatun sadon fosforipitoisuuden perusteella ei ilmeisesti voi arvioida maan fosforitilaa.

#### Kaliumin saanti astiakokeessa

Koekasvi otti kaliumia kaikista ilman kaliumlannoitusta jätetyistä koeastioista kahden vuoden aikana yhteensä keskimäärin 640 mg/astia eli 140 mg/kg maata (taulukko 6). Pienin kaliuminotto oli 80 mg/astia eli 18 mg/kg ja suurin 1550 mg/astia eli 340 mg/kg.

Taulukko 6. Kaliumlannoituksen vaikutus kaliuminottoon (mg/astia) ja kuivan kasviaineksen keskimääräiseen kaliumipitoisuuteen (mg/g) astiakokeessa.

N:o	Kunta	Maalaji	Ilman kaliumlannoitusta (NP)				Kaliumlannoitus (NPK)			
			1. koevuosi mg/astia	2. koevuosi mg/astia	Yht. mg/astia	K mg/g	1. koevuosi mg/astia	2. koevuosi mg/astia	Yht. mg/astia	K mg/g
1	Vantaa	AS	910	610	1520	11,0	1230	1120	2350	13,8
2	Vantaa	HsS	640	390	1030	6,7	1110	760	1870	10,9
3	Loimaa	HsS	740	330	1070	7,7	1150	950	2100	12,8
4	Tammela	AS	1090	460	1550	11,5	1180	900	2080	14,1
5	Kokemäki	Hs	350	320	670	6,0	930	1050	1980	12,8
6	Hartola	KHt	470	220	690	6,2	940	780	1720	11,1
7	Hartola	KHt	570	340	910	8,0	740	930	1670	11,3
8	Laukaa	HsS	450	440	890	7,6	970	940	1910	15,6
9	Pihtipudas	KHt	40	40	80	3,5	540	770	1310	9,9
10	Pihtipudas	HHk	50	40	90	4,2	590	610	1200	8,3
11	Pihtipudas	HHk	70	60	130	4,0	710	750	1460	8,7
12	Pihtipudas	HHk	230	70	300	6,1	620	900	1520	12,6
13	Pihtipudas	HHk	200	80	280	4,6	820	910	1730	14,8
14	Toholampi	Hht	140	70	210	5,1	430	1160	1590	16,1
15	Toholampi	KHt	230	70	300	6,0	870	940	1810	17,3
16	Tyrnävä	KHt	470	180	650	6,7	1050	1090	2140	16,2
17	Utajärvi	Hht	900	330	1230	8,4	1070	950	2020	12,3
18	Utajärvi	KHt	40	40	80	3,8	610	470	1080	10,2
19	Utajärvi	KHt	400	170	570	7,9	910	800	1710	15,4
20	Utajärvi	Hht	390	170	560	7,4	610	490	1100	21,7
1-20	Keskiarvo		420	220	640	7,5	860	860	1720	12,8

Kaliumlannoitus nosti kaliuminoton keskimäärin 1720 mg:aan astia. Näennäinen lannoitekaliuminotto oli 54 %. Myös kaliumilla lannoitettujen kasvien kaliuminotossa oli huomattavia vaihteluja. Samoin kasvien näennäinen lannoitekaliuminotto vaihteli laajoissa rajoissa.

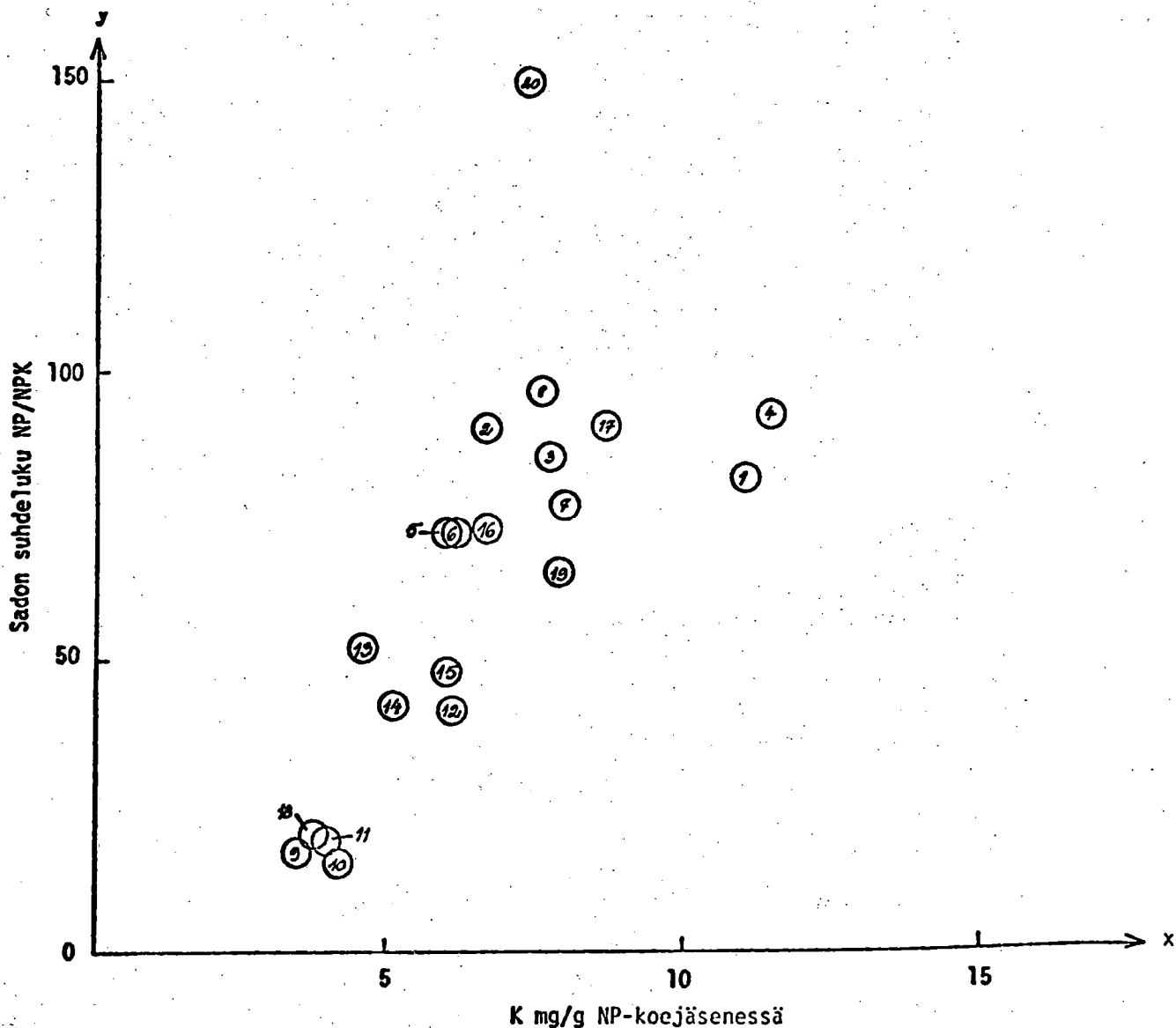
Kaliumilla lannoittamattomien kasvien kaliuminotto putosi ensimmäisestä toiseen vuoteen siirryttäessä lähes puoleen. Kun vastaavaa muutosta kaliumilla lannoitetuissa astioissa ei havaittu, on ilmeistä että edellä mainittu muutos johtui maan kaliumvarojen vähenemisestä.

Kaliuminotto kaliumilla lannoittamattomista astioista väheni kaikissa muissa maissa paitsi maissa 5 ja 8 sekä maissa 9, 10, 11 ja 18. Neljässä viimeksi mainitussa kaliuminotto oli kuitenkin jo ensimmäisenä vuonna sangen vähäistä. Maassa 8 kaliumlannoitus ei vaikuttanut satoon, sen sijaan se kylläkin kohotti satotasoja maassa 5 huolimatta siitä, että suurehko vakaana pysynyt kaliuminotto viittasi hyvään kaliumtilaan. Maissa 2, 4 ja 17 kaliumlannoitus ei vaikuttanut satotasoon merkitsevästi, vaikka kaliuminotto alenikin jyrkästi. Toisenkin vuoden kaliuminotto oli kuitenkin vielä korkeahko.

Astioista koko koeaikana korjatun kasviaineksen keskimääräinen kaliumipitoisuus kohosi selvästi kaliumlannoituksen vaikutuksesta. Kasvin kaliumipitoisuus nousi

myös kaikissa yksittäisissä maissa. Nousun määrä vaihteli kuitenkin melkoisesti.

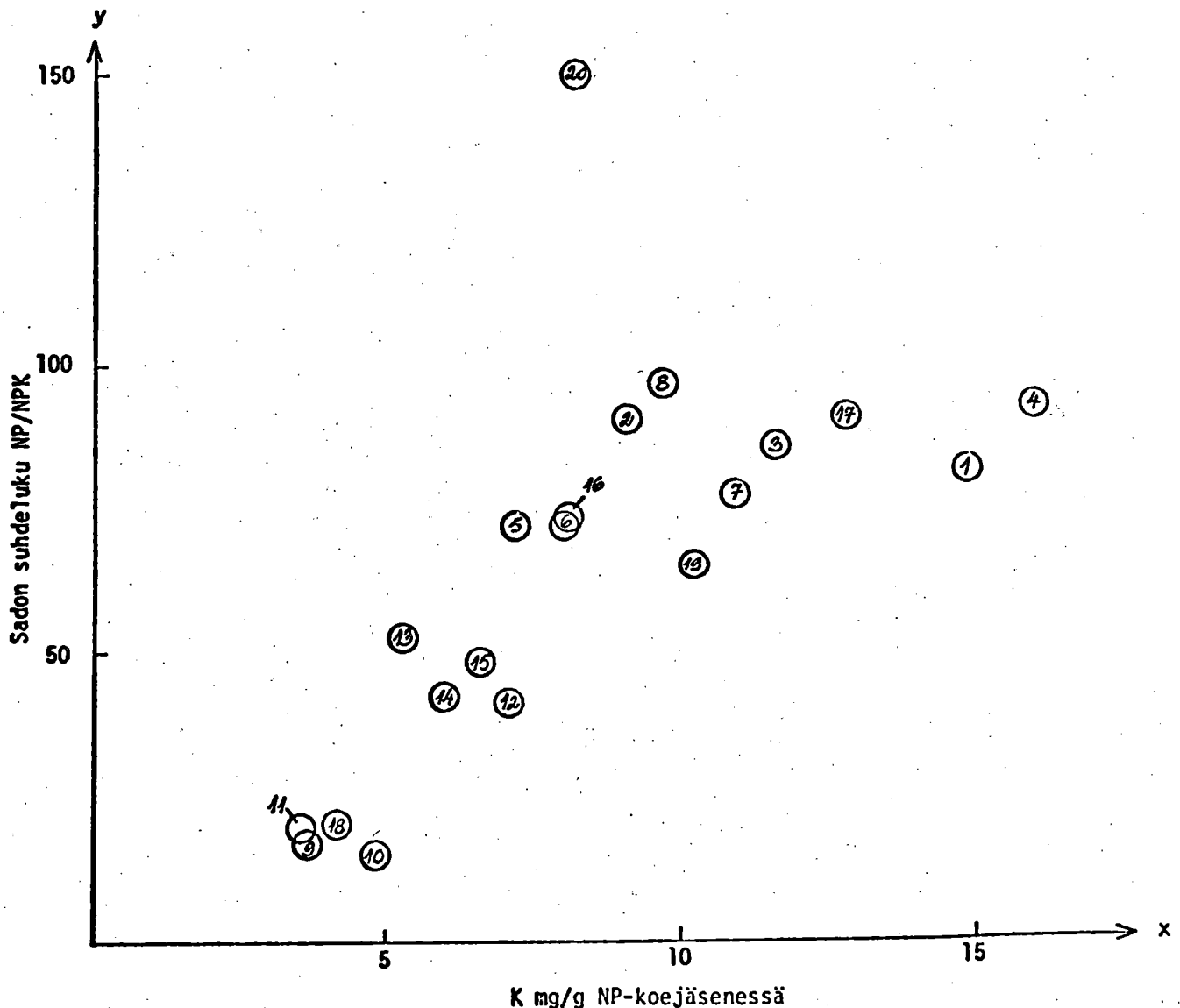
Näyttää siltä että korjatun kasviaineksen kaliumpitoisuutta voidaan jonkin verran paremmin käyttää arvioitaessa maan kaliumtilaa kuin typpi- ja fosforipitoisuutta arvioitaessa näiden ravinteiden tilaa maassa. Mikään yksikäsittainen maan kaliumtilan mitta kasvin kaliumpitoisuus ei kuitenkaan ollut, vaan siihen vaikuttavat myös muut tekijät. Niissa maissa joissa satotulosten tarkastelun perusteella todettiin joko kaliumin äärimmäinen puute tai kaliumtilan selvä huononeminen kokeen aikana (maat 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 ja 18) kasvoi sato, jonka keskimääräinen kaliumpitoisuus oli korkeintaan 6,1. Kokeissa 5 ja 6, joissa kasvaneen sadon kaliumpitoisuus oli myös n. 6, kaliumlannoituksen vaikutus oli hyvin paljon vähäisempi. Kokeessa 2, jossa sadon kaliumpitoisuus oli 6,7, ei kaliumlannoitus vaikuttanut lainkaan. Kaliumlannoituksen saaneissa astioissa kasvaneen sadon kaliumpitoisuus oli vähintään 8,3 mg grammassa. Suurin kaliumpitoisuus oli maan 20 sadossa, 21,7 mg/g. Tämä maa kärsi satotulosten perusteella liiasta kaliumin saannista.



Kuva 1. Kaliumin riittävyyden ( $y = \frac{\text{kok.sato (NP)}}{\text{kok.sato (NPK)}} \times 100$ ) riippuvuus kahden vuoden keskimääräisestä korjatun kasviaineksen kaliumpitoisuudesta ( $x$ , mg/g K) astiakokeessa.

Sadon kaliumpitoisuuden ja kaliumin puutteen ankaruutta kuvanneen kaliumlannoituksen suorittamatta jättämisen suhteellisen vaikutuksen välinen korrelaatio oli melko selvä (kuva 1). Jo ensimmäisenä vuonna korjatun sadon kaliumpitoisuus enusti tyydyttävästi kaliumlannoituksen vaikutuksen (kuva 2).

Edellä mainittuja sadon kaliumpitoisuuksia tarkasteltaessa on muistettava, että ne ovat koko korjatun sadon keskimääräisiä kaliumpitoisuuksia. Niissä on mukana siis sekä jyvät että oljet. Olkien kaliumpitoisuus oli paljon korkeampi kuin jyvien, ja olkien kaliumpitoisuudessa vaihtelu oli myös paljon laajempaa kuin jyvien pitoisuudessa. Korrelaatio olkien kaliumpitoisuuden ja kaliumlannoituksen vaikutuksen välillä olisi saattanut olla vähän kiinteämpi. Pelkkien olkien tarkastelu koko sadon sijasta ei olisi kuitenkaan sekään voinut johtaa käytäntöön sovellettaviin tuloksiin, sillä astiakokeiden oljet sisältävät paljon sellaista kasviainesta, joka ei tule pellolta korjattavien olkien mukaan. Tähän peltoon varisevaan ainekseen, joka tulee astiakokeista korjattujen olkien mukaan, kuuluu mm. hyvin kaliumpitoisia lehtien jäänteitä.



Kuva 2. Kaliumin riittävyyden ( $y = \frac{\text{kok.sato (NP)}}{\text{kok.sato (NPK)}} \times 100$ ) riippuvuus ensimmäisen koevuoden jyvien ja olkien keskimääräisestä kaliumpitoisuudesta ( $x$ , mg/g K) astiakokeessa.

## Kenttäkoesadot

Taulukkona 7 ovat kenttäkokeiden satotulokset. Ne esitetään kaikista vähintään kolme vuotta jatkuneista kokeista kolmen vuoden keskiarvoina. Tällä tavalla pyritään eliminoimaan vuotuisvaihtelua, kun mitään johdonmukaista erojen kehittymistä tiettyyn suuntaan ei havaittu. Neljä vuotta jatkuneista kokeista esitetään neljännen koevuoden tulokset erikseen.

Taulukko 7. Typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen vaikutus jyväsatoon kenttäkokeessa.

N:o	Kunta	Maalaji	Vuodet	Sato, kg/ha/a, kuiva-ainetta			
				NPK-lannoitus	Ilman N	Ilman P	Ilman K
1	Vantaa	AS	1975-77	3530	2460* (70)	3420 (97)	3290 (93)
2	Vantaa	HsS	1975-77	3980	2760* (69)	3920 (98)	4070 (102)
3	Loimaa	HsS	1975-77	2670	1660* (62)	2400* (90)	2750 (103)
4	Tammela	AS	1975-77	2840	1350* (48)	2450* (86)	2700 (95)
5	Kokemäki	Hs	1975-77	1890	1080* (57)	1830 (97)	1980 (105)
6	Hartola	KHt	1975-77	3180	3090 (97)	3300 (104)	3150 (99)
			1978	1920	1060* (55)	1270* (66)	1560* (81)
7	Hartola	KHt	1975-77	3030	2230* (74)	2790 (92)	3030 (100)
8	Laukaa	HsS	1975-77	2580	1680* (65)	2240* (87)	2450 (95)
			1978	2120	1330* (63)	2000 (94)	2350 (111)
9	Pihtipudas	KHt	1975-77	3180	2930 (92)	3300 (104)	3490 (110)
10	Pihtipudas	HHk	1975-77	2650	1830* (69)	2390 (90)	2440 (92)
			1978	1280	670* (52)	1180 (92)	1200 (94)
11	Pihtipudas	HHk	1975-77	2630	1960* (75)	2550 (97)	2580 (98)
12	Pihtipudas	HHk	1975-77	2190	1710* (78)	1940 (89)	2150 (98)
13	Pihtipudas	HHk	1975-77	1940	1200* (62)	1600* (82)	1850 (95)
14	Toholampi	Hht	1975-77	2360	1440* (61)	2290 (97)	2430 (103)
			1978	3080	1310* (43)	2680* (87)	3070 (100)
15	Toholampi	KHt	1975-77	2400	1190* (50)	2220 (93)	2300 (96)
			1978	3040	1550* (51)	3060 (101)	3050 (100)
16	Tyrnävä	KHt	1975-77	3630	3190* (88)	3010* (83)	3550 (98)
17	Utajärvi	Hht	1975-77	3320	2950* (89)	3290 (99)	3450 (104)
18	Utajärvi	KHt	1975-77	2120	1540* (73)	1850* (87)	1670* (79)
			1978	1530	950* (62)	2000 (131)	1580 (103)
19	Utajärvi	KHt	1975-77	1720	1040* (60)	1190* (69)	1620 (94)
20	Utajärvi	Hht	1975	3670	2370* (65)	2960* (81)	3590 (98)
1-19	Keskiarvo		1975-77	2730	1960* (72)	2530* (93)	2680 (98)

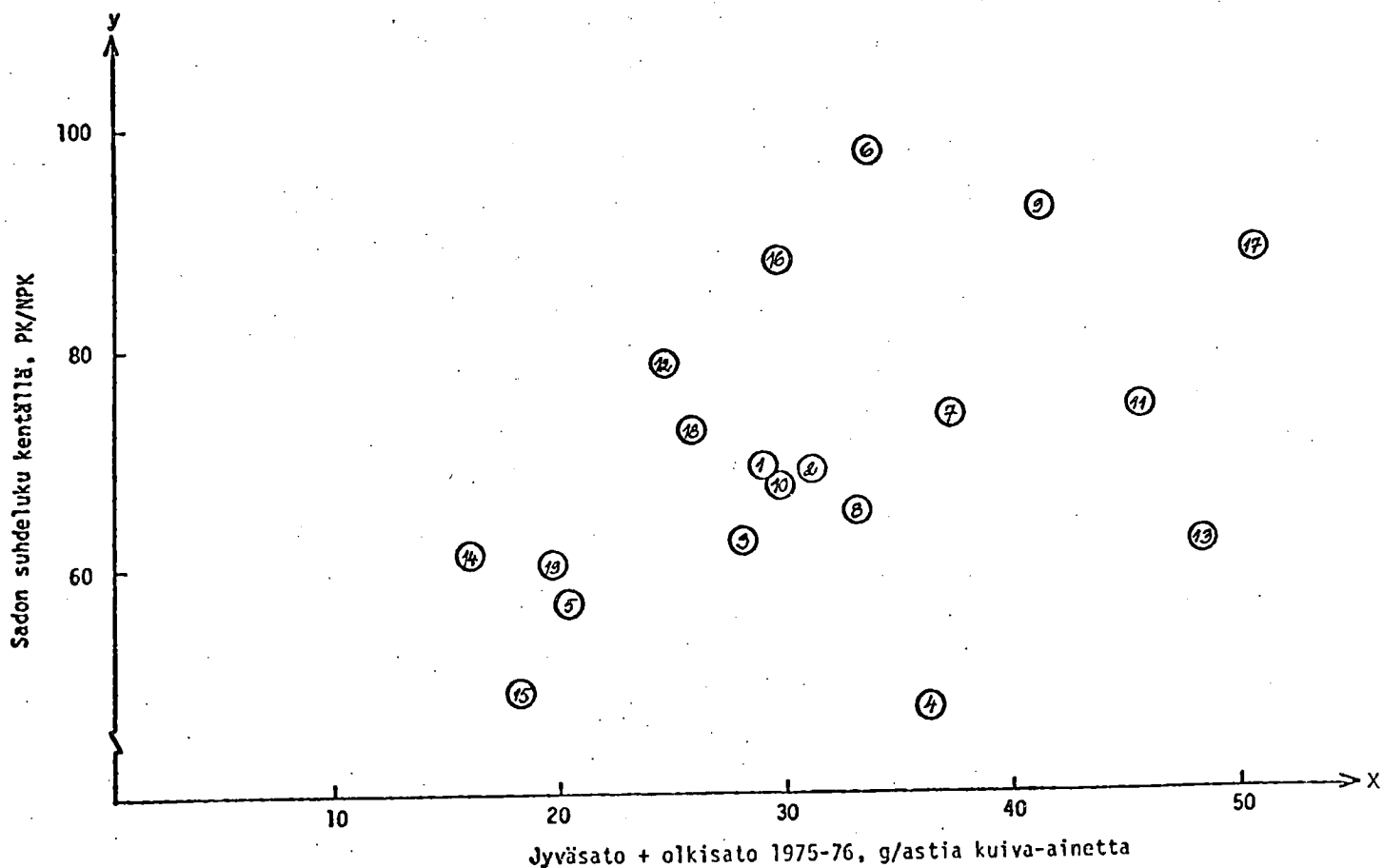
Yhdeksäntoista kolme vuotta jatkuneen kokeen keskimääräinen satotaso oli tyydyttävä, yli 2700 kiloa kuiva-ainetta hehtaarilta, kun annettiin täysi lannoitus. Satotaso oli kuitenkin eri kokeissa hyvinkin erilainen. On ilmeistä että täyteen lannoitukseen kuulunut 40 kiloa typpeä hehtaaria kohti ei ollut kaikissa tapauksissa riittävä optimituloksen aikaansaamiseen. Oli kuitenkin myös tapauksia, joissa tämäkin pieni typpimäärä aiheutti haitallista lakoutumista. Typpilannoituksen tehokkuutta alensi levitysmenetelmä. Pääosassa kokeita lannoitus suoritettiin pintalevityksenä. Täyden lannoituksen sisältämät fosforin ja kaliumin määrät olivat ilmeisesti riittävät. Fosforiahan levitettiin 40 kiloa hehtaarille ja kaliumia 60 kiloa hehtaarille.

## Typpi

Typpilannoituksen poisjättäminen aiheutti 28 prosentin laskun kolmen ensimmäisen vuoden keskimääräiseen satotasoon. Typpilannoituksella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus muissa paitsi kokeissa 6 ja 9. Näistäkin kokeista ensin mainitussa neljäntenä vuonna ilmeni jo selvä typpilannoituksen vaikutus. Pahimmillaan typen puute johti satotason jäämiseen puoleen täyslannoituksella saadusta sadosta.

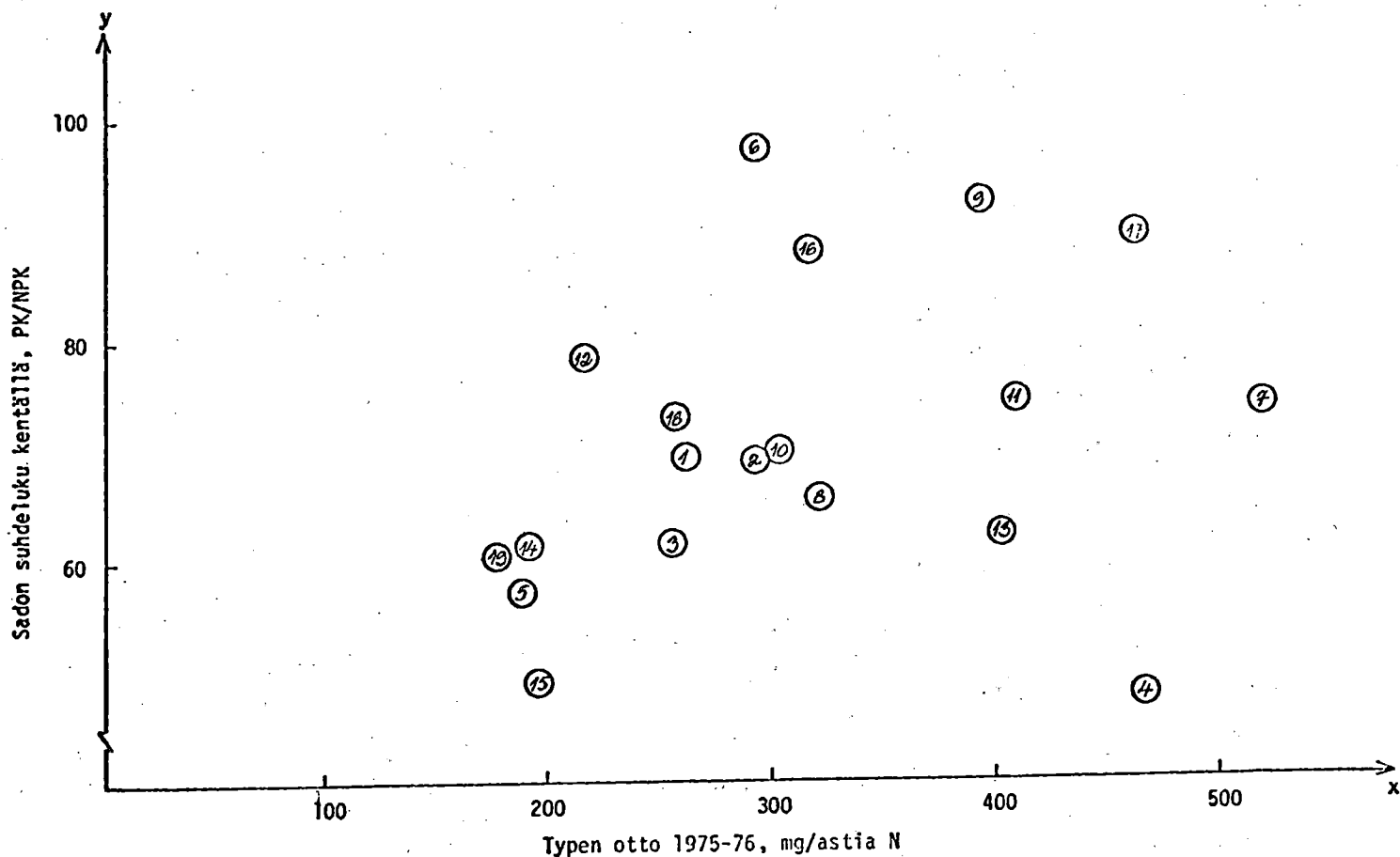
Typpilannoituksen keskimäärin aiheuttama ohrasadon lisäys, 770 kg/ha, oli suurempi kuin SALOSEN ym. (1962) ja MARJASEN JA VALMARIN (1975) selostamissa kokeissa suunnilleen samansuuruisilla lannoitetypen määrillä saadut sadonlisäykset. Mainituissa kokeissa satotaso on ollut alhaisempi kuin tässä selostettavassa koesarjassa. Kuitenkin typpilannoituksen suhteellinenkin vaikutus oli nyt puheena olevissa kokeissa suurempi.

Mitään selvää yhteyttä astia- ja kenttäkoesatojen reagoinnissa typpilannoitukseen ei todettu. Esimerkiksi maassa 13, johon typpilannoitus vaikutti astiakokeessa vähiten, ei kenttäkokeen mukaan typpitila ollut sen parempi kuin valtaosassa muita koemaita. Maat 6 ja 9, jotka kenttäkokeen mukaan tuottivat varsin hyviä satoja ilman typpilannoitusta, eivät astiakokeen perusteella poikenneet mainittavasti muista.



Kuva 3. Kentällä vuosina 1975-77 todetun typen riittävyyden ( $y = \frac{\text{kok.sato (PK)}}{\text{kok.sato (NPK)}} \times 100$ ) riippuvuus ilman typpilannoitusta saadusta astiakoesadosta (x).

Kuvassa 3 on esitetty kentällä havaitun typpilannoituksen poisjättämisen suhteellisen vaikutuksen riippuvuus astiakokeessa ilman typpilannoitusta saadusta sadosta. Mitään selvää korrelaatiota ei tarkasteltavien muuttujien välillä ollut. Typen otto ilman typpilannoitusta jätetyistä astioista ei myöskään korreloinut kenttäkoetulosten kanssa (kuva 4). Typpilannoitustarpeen ennustaminen astiakoe- tulosten perusteella ei siis onnistunut.



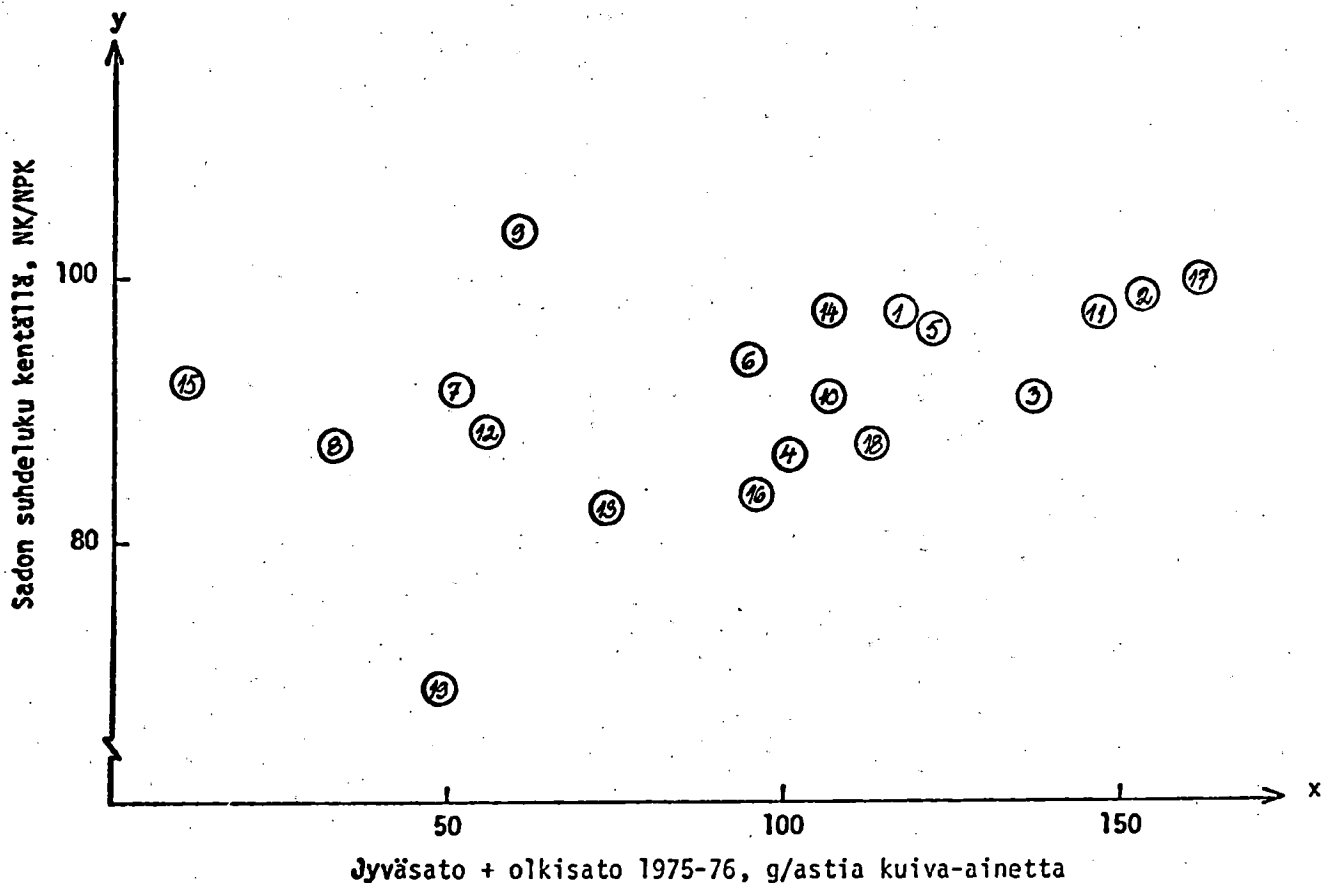
Kuva 4. Kentällä vuosina 1975-77 todetun typen riittävyyden ( $y = \frac{\text{jyväsaato (PK)}}{\text{jyväsaato (NPK)}} \times 100$ ) riippuvuus typen otosta (x) ilman typpilannoitusta jätetyissä koeastioissa.

### Fosfori

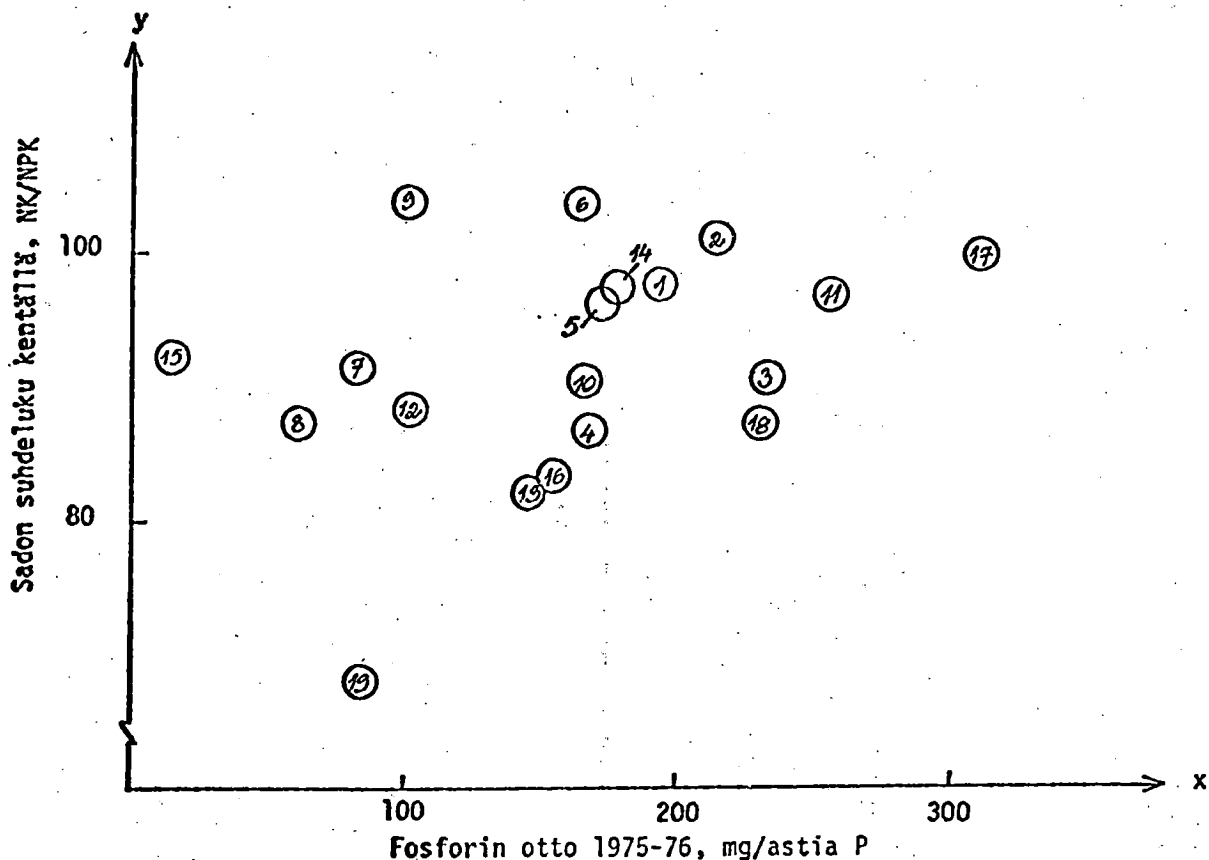
Fosforilannoituksen poisjättäminen johti kolmen vuoden keskisadon laskemiseen 7 prosentilla. Vain yhdessä kokeessa (koe 19) lasku oli yli 30 prosenttia. Tämän lisäksi kokeessa 6 todettiin neljantenä vuonna yli 30 prosentin sadonvähenys. Vaikutus kolmen vuoden keskitasoon oli merkitsevä kokeissa 3, 4, 8, 13, 16, 18 ja 19. Lisäksi kokeissa 6 ja 14 todettiin neljantenä koevuonna fosforin vaikutus. Kokeessa 20 fosfori vaikutti sen ainoana käynnissäolovuotena merkitsevästi. Edellä luetelluista kokeista vain 8, 13, 19 ja 20 olivat astiakokeen perusteella huomattavassa fosforinlisäyksen tarpeessa. Maa 18 ei astiakokeessa reagoinut lainkaan fosforilannoitukseen. Sen sijaan kokeessa 15, jonka kyntökerros ei astiakokeessa tuottanut ilman fosforilannoitusta juuri lainkaan satoa, fosforilannoitus ei vaikuttanut.

Fosforilannoitus aiheutti keskimäärin 200 kg/ha sadonlisäyksen. SALONEN ja TAINIO (1957) ovat todenneet kolmessa kivennäismaalla suoritetussa ohrakokeessa tähän verrattuna yli kaksinkertaisen sadonlisäyksen. MARJASEN JA VALMARIN (1975) selostamassa 85 vuosina 1955-64 suoritetussa ohrakokeessa fosforilannoitus oli myös vähän tehokkaampi kuin tämän tutkimuksen aineistossa. Viime aikojen verraten runsaasta fosforilannoituksesta maahan kertynyt fosfori on epäilemättä osaltaan vaikuttanut fosforilannoituksen vaikutuksen vähenemiseen.

Puuttuva korrelaatio ilman fosforilannoitusta saadun astiakesadon ja fosforilannoituksen suorittamatta jättämisen suhteellisen vaikutuksen välillä käy ilmi kuvasta 5. Fosforinotto koeastioista ei korreloinut yhtään paremmin (kuva 6). Fosforilannoitustarpeenkaan ennustajana astiakoe ei toiminut tyydyttävästi.



Kuva 5. Kentällä vuosina 1975-77 todetun fosforin riittävyyden ( $y = \frac{\text{jyväsato (NK)}}{\text{jyväsato (NPK)}} \times 100$ ) riippuvuus ilman fosforilannoitusta saadusta astiakesadosta (x).



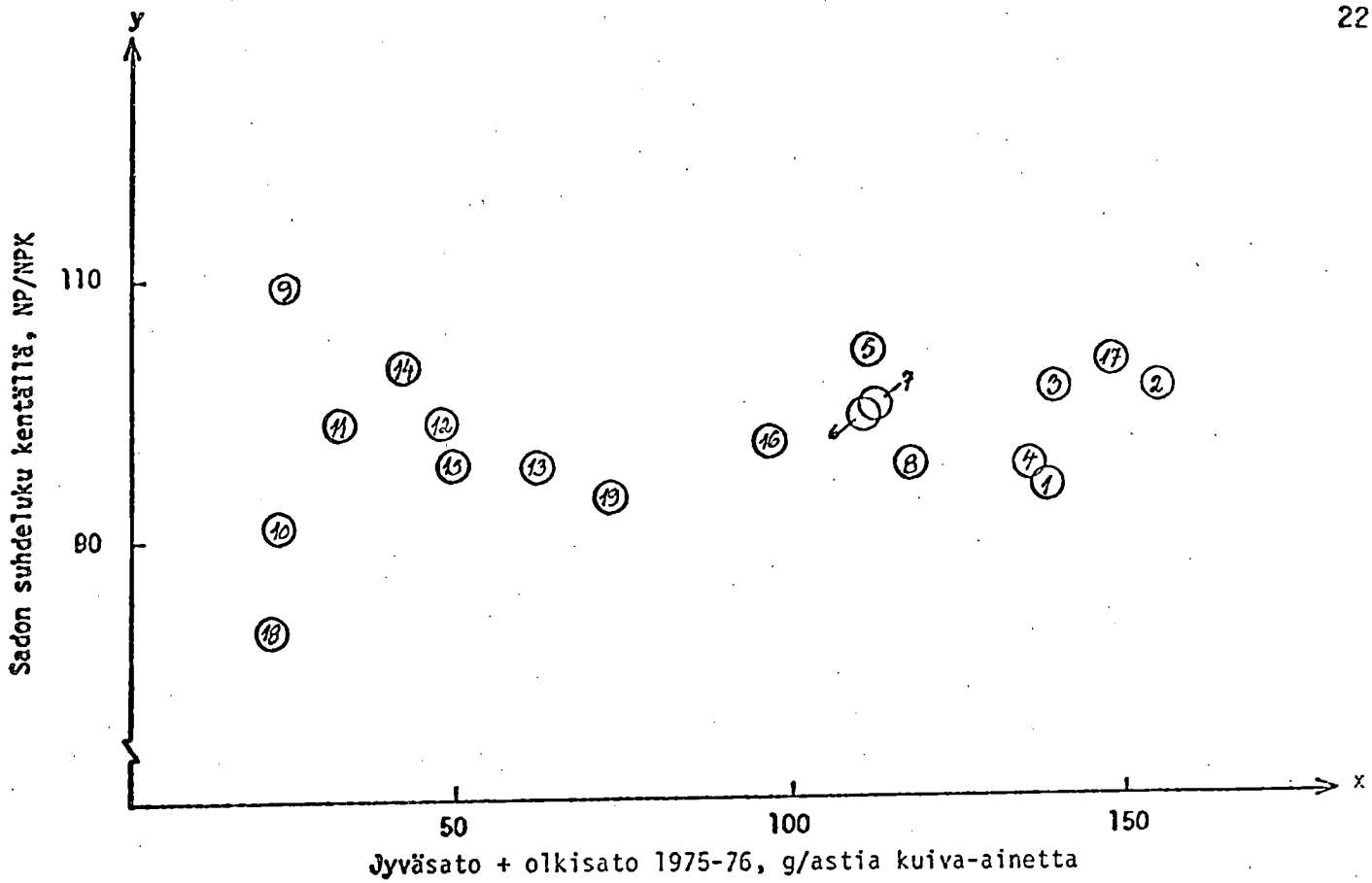
Kuva 6. Kentällä vuosina 1975-77 todetun fosforin riittävyyden ( $y = \frac{\text{jyväsato(NK)}}{\text{jyväsato(NPK)}} \times 100$ ) riippuvuus fosforin otosta (x) ilman fosforilannoitusta jätetyissä koeastioissa.

### Kalium

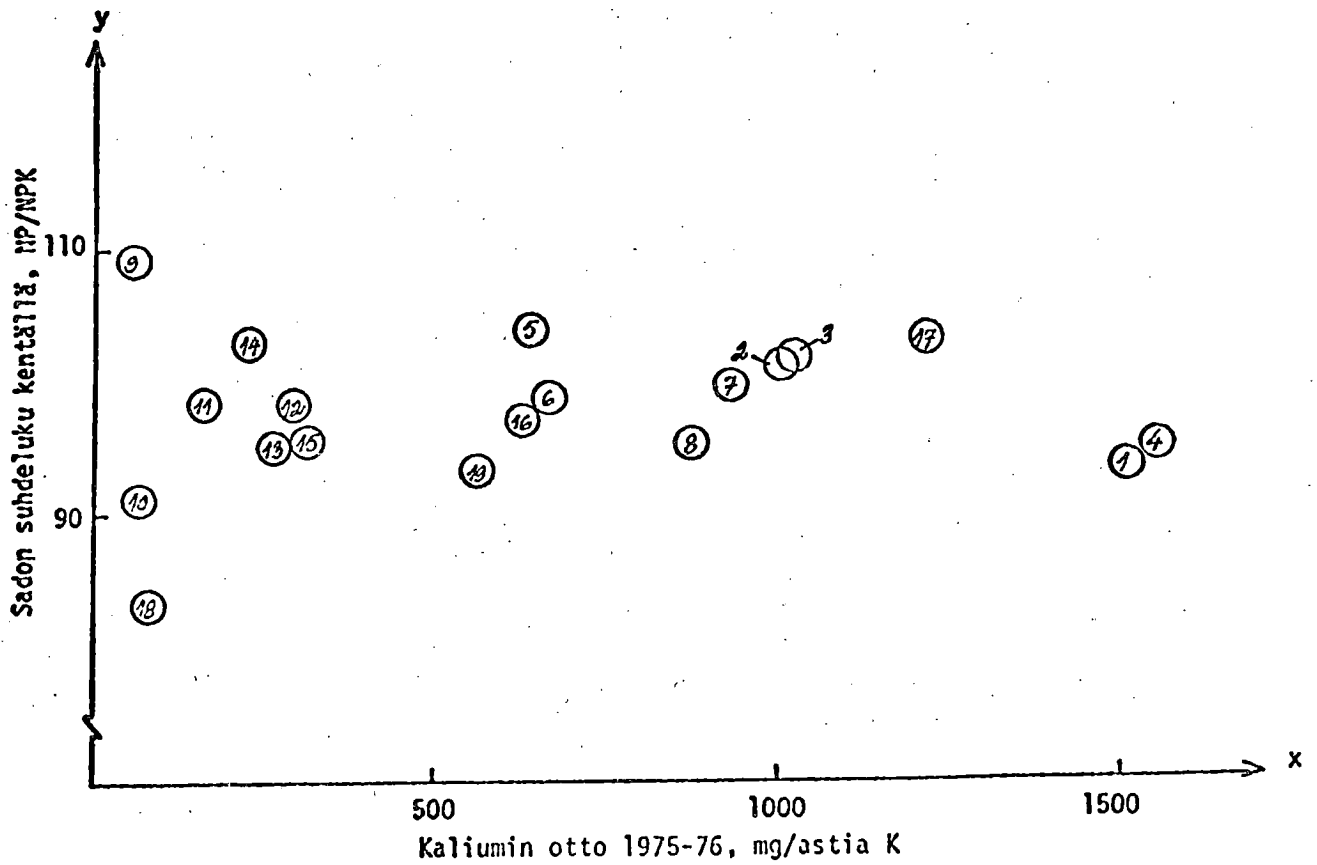
Kaliumlannoituksen poisjättäminen ei juuri laskenut kolmen vuoden keskisatoa koko aineistossa. Yksittäisissä kokeissakin oli vain yksi (koe 18), jossa kaliumlannoitus vaikutti merkittävästi kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Lisäksi kokeessa 6 todettiin neljäntenä vuonna merkittävä kaliumlannoituksen vaikutus.

Myös SALOSEN JA TAINION (1961) vuosina 1940-56 suorittamissa hietamaan ohrakokeissa (3 koetta, 5 koesatoa) kaliumlannoitus lisäsi jyväsatoa vain vähän tai ei lisännyt sitä lainkaan. Sen sijaan kauran (17 koesatoa) ja kevätvehnän (7 koesatoa) sato nousi samassa tutkimuksessa keskimäärin yli 10 prosenttia, kun hietamaalle annettiin 40-80 kg/ha kaliumlannoitus. Runsaan 10 prosentin keskimääräiseen sadonlisäykseen päädyttiin MARJASEN ja VALMARIIN (1975) selostamissa 85 kivennäismaan ohrakokeessa vuosilta 1955-64. Keskimääräinen satotaso oli molemmissa mainituissa tutkimuksissa jonkin verran alhaisempi kuin tämän tutkimuksen aineistossa.

Kokeessa 18, jossa kaliumlannoitus kohotti satotasoa, kyntökerroksen kaliumtila oli huono myös astiakokeen perusteella. Kuitenkin vähintään yhtä huono se oli kokeissa 9, 10 ja 11, joissa yhdessäkään kaliumlannoitus ei vaikuttanut. Kokeen 6 kyntökerros osoittautui astiakokeessa vähintään keskinkertaiseksi kaliumtilaltaan. Kaliumlannoitus tarpeen osoittajana astiakoe ei siis osoittautunut hyväksi tämän aineiston perusteella (vrt. kuvat 7 ja 8). Tosin on todettava että saatu kenttäkoeaineisto ei ollut tähän vertailuun sopiva, koska kaliumlannoitus vaikutti niin harvoissa tapauksissa.



Kuva 7. Kentällä vuosina 1975-77 todetun kaliumin riittävyyden ( $y = \frac{\text{jyväsato (NP)}}{\text{jyväsato (NPK)}} \times 100$ ) riippuvuus ilman kaliumlannoitusta saadusta astiakoesadosta (x).



Kuva 8. Kentällä vuosina 1975-77 todetun kaliumin riittävyyden ( $y = \frac{\text{jyväsato (NP)}}{\text{jyväsato (NPK)}} \times 100$ ) riippuvuus kaliumin otosta (x) ilman kaliumlannoitusta jätetyissä koeastioissa.

Kirjallisuutta

- ALTEN, F., WANDROWSKY, B. & KNIPPENBERG, E. 1935. Beitrag zur Humusbildung. Erg. Agrikulturchem. 4: 61-69.
- ELONEN, P. 1971. Particle-size analysis of soil. Acta Agr. Fenn. 122: 1-122.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. 182 s. Helsinki.
- MARJANEN, H. & VALMARI, M. 1975. Kolmen pääravinteen vaikutus satoon ajanjaksoina 1926-39, 1940-54 ja 1955-64. Yleislannoituskokeiden tuloksia. Paikalliskoetoimiston tiedote 3: 1-65.
- SALONEN, M. & TAINIO, A. 1957. Fosforilannoitusta koskevia tutkimuksia. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 164: 1-104.
- & TAINIO, A. 1961. Kalilannoitusta koskevia tutkimuksia. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 185: 1-60.
- & TAINIO, A. & TAHTINEN, H. 1962. Typpilannoitusta koskevia tutkimuksia. Ann. Agric. Fenn. 1: 133-174.
- TAMM, O. 1922. Eine Methode zur Bestimmung der anorganischen Komponente des Gelkomplexes im Boden. Statens Skogsförsöksanstalt, Medd. 19: 387-404. Stockholm.

Jouko Sippola ja Antti Jaakkola:

Maasta eri menetelmillä määritetyt typpi, fosfori ja kalium lannoitustarpeen osoittajina astia- ja kenttäkokeissa

### Tiivistelmä

Tutkimuksessa verrataan lannoitussuositusten perusteena käytettyjä maa-analyysimenetelmiä astioissa ja kentällä suoritetuttujen lannoituskokeiden tuloksiin.

Nitraattityypen uuttoon käytetty laimea kuparisulfaattiliuos ja elektroultrafiltraatiomenetelmän (EUF) ensimmäinen fraktio sisälsivät samaa tasoa olevat määrät nitraattityppeä. Toisessa ja varsinkin kolmannessa EUF-fraktiossa oli nitraattityppeä selvästi edellisiä vähemmän. Fosforia EUF-menetelmä uutti hyvin vähän. Myös anioninvaihtohartsit, vesi ja maassamme käytössä oleva hapan ammoniumasetaatti olivat heikkoja fosforin uuttajia verrattuna Bray I-, Olsen- ja AL-menetelmiin. EUF-menetelmä uutti vähän myös kaliumia. AL-menetelmä oli keskimäärin tehokkaampi kaliumin uuttaja kuin hapan ammoniumasetaatti.

Astiakokeessa typpilannoituksen poisjättämisen aiheuttama suhteellinen sadonalennus ei riippunut ennen kylvöä otetun maanäytteen nitraattityypen määrästä. Sen sijaan fosforin ja kaliumin pitoisuudet maassa selittivät merkitsevästi näiden ravinteiden vaikutusta satoon. Maan fosforipitoisuus selitti määritysmenetelmää riippuen 21-30 % fosforilannoituksen satovaikutuksen ja 21-45 % kasvin fosforin oton vaihteluista. Vesiuutto- ja hartsiuuttomenetelmät osoittautuivat astiakokeessa lupaaviksi muihin menetelmiin nähden. Maan kaliumpitoisuus selvitti 19-35 % satovaihteluista ja 44-85 % kaliumin otosta astiakokeessa. Mikään kaliumin uuttoon käytetyistä menetelmistä ei ollut parempi kuin maassamme käytössä oleva hapan ammoniumasetaatti.

Typpilannoituksen vaikutuksesta kenttäkokeissa laimealla kuparisulfaattiliuoksella uutettu maan nitraattityppi selitti 40 %. Näyttää siltä, että nitraattityypen määrittämisen soveltuvuutta lannoitussuositusten perusteeksi tulisi lähemmin tutkia. Fosfori- ja kaliumlannoituksella oli kenttäkokeissa vain vähän vaikutusta huolimatta siitä, että mukana oli kenttiä, joiden fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat alhaiset. Siksi ei maa-analyysimenetelmien välisiä vertailuja voida tältä osin tehdä.

## Johdanto

Viljelymaiden kasvukunnosta ja lannoitustarpeesta saadaan luotettavin käsitys kenttäkokeen avulla. Koe kestää kuitenkin koko kasvukauden ja siitä on paljon kustannuksia. Siksi on kehitetty maa-analyysimenetelmiä, joiden perusteella lannoitustarve arvioidaan. Maa-analyysien tulosten luotettava tulkinta edellyttää kuitenkin kenttäkokeita, joissa lannoitteissa annettujen ravinteiden vaikutus selvitetään vaihtelevissa olosuhteissa.

Maassamme suoritetuista paikallisista lannoituskokeista on verraten paljon tuloksia, jotka osoittavat lannoitteilla saatavien sadonlisäysten selvän riippuvuuden happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvista fosfori- ja kaliummääristä (SIPPOLA ja MARJANEN 1978). Näitä koetuloksia voidaan käyttää optimilannoitemäärien laskeamiseen. Tosin viljelytekniikka, kasvilajikkeet ja lannoitteiden käyttömäärät ovat muuttuneet paikallisten lannoituskokeiden suoritusajankohdan jälkeen. Siten lannoituskoetoiminnan tulisi selvittää maa-analyysin ja ravinteiden vaikutuksen riippuvuutta nykyaikaista viljelytekniikkaa käytettäessä.

Toisaalta ravinteiden uuttoon käytetyissä menetelmissä on tapahtunut kehitystä ja uusia on esitetty. Typen käyttömäärien arvioimiseen, mikä yleensä nojautuu aikaisempaan kokemukseen, on kokeiltu  $\text{NH}_4$ - ja  $\text{NO}_3$ - typen määrittämistä sekä helposti mineraloituvien typpivarojen selvittämistä (mm. LINDEN 1979, ØIEN ja SELMER-OLSEN 1980). Kasveille käyttökelpoisen fosforin määrittämiseksi on kehitetty useita menetelmiä. Uusimpia näistä ovat Hollannissa käytössä oleva vesiuutto (PAAUW 1971) sekä uutto ioninvaihtohartsilla (mm. AURA 1978). Kaliumlannoitustarpeen määrittämiseen on vaihtuvan kaliumin enemmän tai vähemmän täydellinen uutto paljon käytetty menetelmä.

Tehdyssä tutkimuksessa pyrittiin vertailemaan eri uuttonesteiden maasta uuttamia määriä lannoitustarvetta selvittelevien astia- ja kenttäkokeiden aineistossa (JAAKKOLA 1980). Lisäksi astia- ja kenttäkokeiden tulosten perusteella vertailtiin eri menetelmien soveltuvuutta lannoitustarpeen arvioimiseen Suomen oloissa.

## Aineisto ja menetelmät

Astia- ja kenttäkokeet, joiden tulosaineistoon tutkimus perustuu, on JAAKKOLA (1980) esittänyt yksityiskohtaisesti. Maa-analyysiarvojen ja astiakokeiden tulosten vertailussa käytettiin jyvien ja olkien kahden vuoden sadon yhteissummaa. Kenttäkoetuloksia käsiteltäessä käytettiin vastaavasti kolmen koevuoden jyväsatojen keskiarvoa. Kunkin ravinteen riittävyttä kuvattiin suhdeluvulla, joka laskettiin jakamalla kyseistä ravinnetta lisäämättä saatava sato täyslannoituksen tuottamalla sadolla. Ennen kylvöä maasta otetuista näytteistä analysoitiin typpi, fosfori ja kalium useilla eri menetelmillä (taulukko 1). Maa-analyysitulosten ja satotulosten riippuvuutta selvitetessä käytettiin regressioanalyysiä.

Taulukko 1. Vertailtavat uuttomenetelmät

Uuttomenetelmä	Uuttosuhde (tilavuudet)	Uutto- aika	pH	Viite
<b>NO<sub>3</sub>-typpi</b>				
0,01 M CuSO <sub>4</sub>	1:2	1 h	--	JENSEN 1970
EUFI/50V	1:10 <sup>x</sup>	5 min	--	NEMETH 1976
EUFII/200V	1:10 <sup>x</sup>	25 min	--	
EUFIII/400V	1:10 <sup>x</sup>	5 min	--	
<b>Fosfori</b>				
Amm.acet. pH 4,65	1:10	1 h	4,65	VUORINEN & MÄKITIE 1955
H <sub>2</sub> O	1:60	22+1 h	-	SISSINGH 1971
Bray I	1:50	20 min	2,6	BRAY & KURTZ 1945
Olsen	1:20	1 h	8,5	OLSEN et al. 1954
AL	1:20 <sup>x</sup>	4 h	3,75	EGNER et al. 1960
EUFI/50V	1:10 <sup>x</sup>	5 min	-	NEMETH 1976
EUFII/200V	1:10 <sup>x</sup>	25 min	-	
EUFIII/400V	1:10 <sup>x</sup>	5 min	-	
Hartsi	1:10	30 min	-	SIPPOLA & JANSSON 1979
<b>Kalium</b>				
Amm.acet. pH 4,65	1:10	1 h	4,65	VUORINEN & MÄKITIE 1955
EUFI/50V	1:10 <sup>x</sup>	5 min	-	NEMETH 1976
EUFII/200V	1:10 <sup>x</sup>	25 min	-	
EUFIII/400V	1:10 <sup>x</sup>	5 min	-	

\* näillä menetelmillä paino-tilavuussuhde

## Tulokset

Eri maa-analyysimenetelmien uuttamat määrät

Kokeissa mukana olleiden maiden ominaisuudet ilmenevät lähemmin JAAKKOLAN (1980) julkaisusta.

Typpi. 0,01 M  $\text{CuSO}_4$ -liuos (taulukko 2) uutti maasta nitraattityppeä eniten. Ensimmäisessä EUF-fraktiossa uuttui lähes yhtä suuria määriä. Nitraattitypen helpo uuttuvuus ilmenee pitoisuuksien pienenemisenä toisessa ja kolmannessa EUF-fraktiossa. Laimeaan kuparisulfaattiin uuttuva  $\text{NO}_3\text{-N}$  korreloi parhaiten kahden ensimmäisen EUF-fraktion kanssa, mutta menetelmien välinen riippuvuus ei ollut kuitenkaan kovin kiinteä (kuva 1, s. 29).

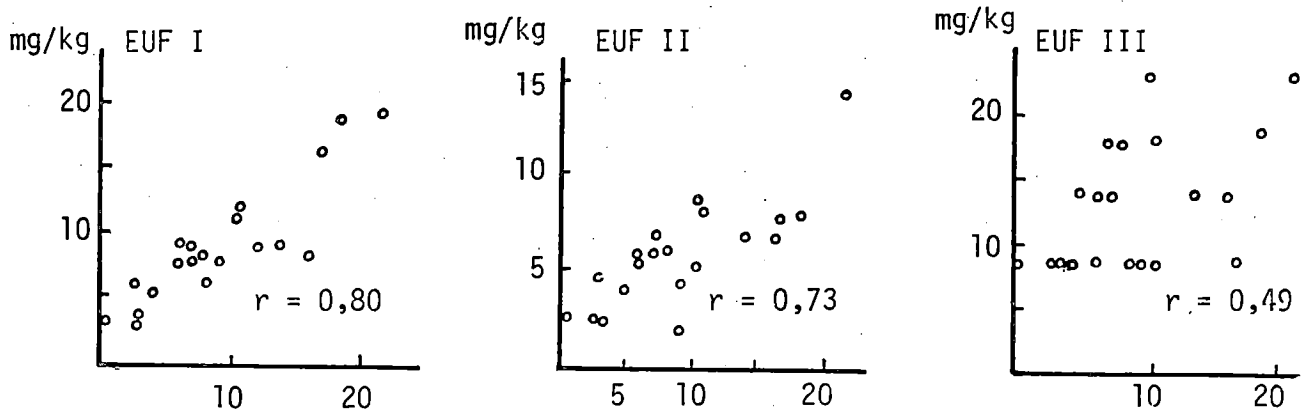
Taulukko 2. Eri menetelmillä aloitusmaanäytteistä (0-20 cm) uuttuvat  $\text{NO}_3\text{-N}$  määrät

N:o	Kunta	Maa- laji	0,01 M $\text{CuSO}_4$ mg/l	EUF I mg/kg	EUF II mg/kg	EUF III mg/kg
1	Vantaa	AS	4,8	5,6	4,1	0,9
2	"	HsS	7,2	7,8	6,1	1,4
3	Loimaa	HsS	6,0	7,8	6,1	1,4
4	Tammela	AS	10,2	11,2	8,8	2,3
5	Kokemäki	Hs	2,6	6,2	4,8	1,4
6	Hartola	KHt	10,2	9,0	5,4	0,9
7	"	KHt	10,8	12,9	8,2	1,8
8	Laukaa	HsS	6,0	9,5	5,4	0,9
9	Pihtipudas	KHt	13,6	9,0	6,8	1,4
10	"	HHk	2,8	3,4	2,7	0,9
11	"	HHk	8,0	6,2	6,1	1,8
12	"	HHk	16,8	8,4	6,8	1,4
13	"	HHk	8,0	8,4	2,0	0,9
14	Toholampi	HHt	0,0	3,4	2,7	0,9
15	"	KHt	3,0	3,9	2,7	0,9
16	Tyrnävä	KHt	21,4	19,6	14,3	2,3
17	Utajärvi	HHt	16,8	16,2	7,5	0,9
18	"	KHt	18,2	9,0	8,2	1,8
19	"	KHt	7,0	9,0	6,8	1,8
20	"	HHt	9,2	7,8	4,8	0,9
	Keskiarvo		9,1	8,7	6,0	1,3

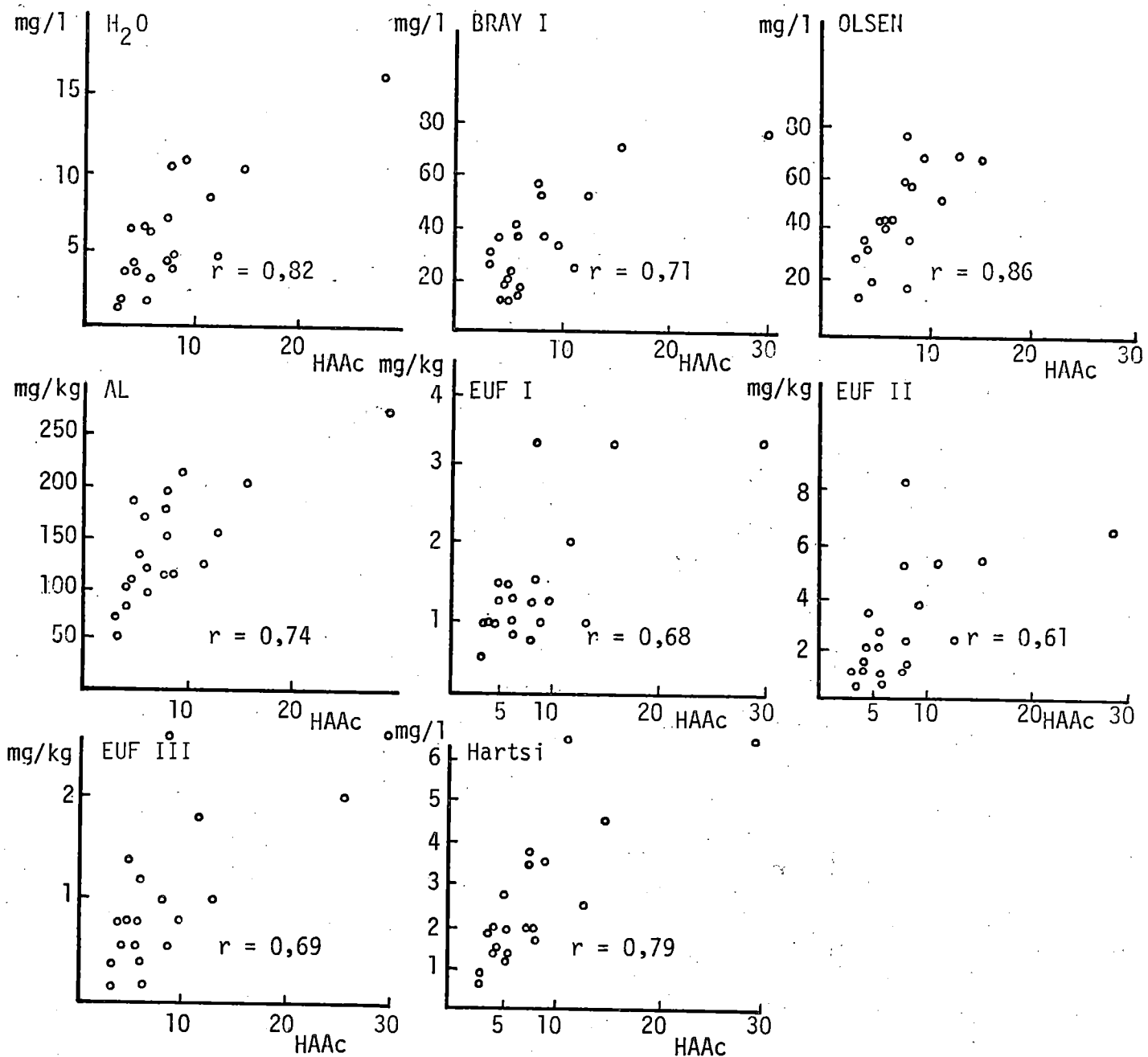
Fosfori. Käytettyjen menetelmien fosforinuuttokyky vaihteli paljon (taulukko 3, kuva 2). Vähiten fosforia uuttui elektroultrafiltraatiolla. Menetelmä on periaatteessa vesiuutto, jota tehostetaan sähkövirralla. Silti käytetty vesiuuttomenetelmä uutti fosforia enemmän kuin EUF-menetelmä, mikä johtui ilmeisesti pitemmästä uuttoajasta ja väljemmästä uuttosuhteesta. Maassamme käytössä oleva hapan ammoniumasetaatti on myös heikko uuttaja. Bray I ja Olsenin menetelmät uuttivat fosforia keskimäärin viisi kertaa enemmän kuin hapan ammoniumasetaatti. Mm. Pohjoismaissa käytetty AL-menetelmä uutti vielä enemmän fosforia kuin nämä. Sen sijaan käytetyllä hartsiuuttomenetelmällä saatiin muihin nähden pieniä tuloksia. Happamalla ammoniumasetaatilla koemaista uuttuneen fosforin keskiarvo 8 mg/l maata on pienempi kuin maamme peltojen keskimääräinen fosforipitoisuus 10,8 mg/l (KURKI 1979).

Taulukko 3. Eri menetelmillä aloitusmaanäytteistä (0-20 cm) uuttuva fosfori mg/l tai mg/kg maata.

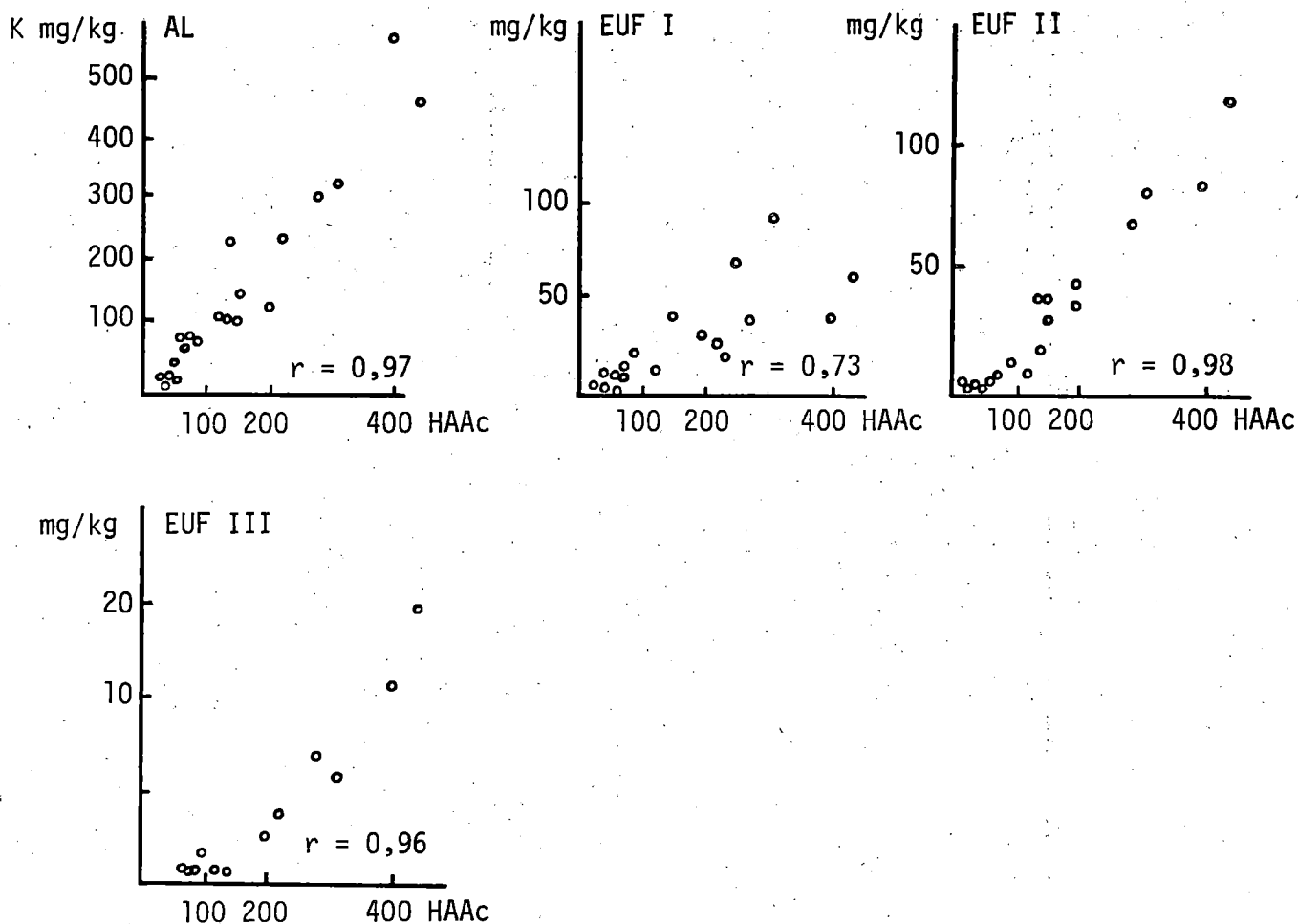
N:o	Kunta	Maa- laji	NH <sub>4</sub> -Ac mg/l	H <sub>2</sub> O mg/l	Bray I mg/l	Olsen mg/l	AL mg/kg	EUF I mg/kg	EUF II mg/kg	EUF III mg/kg	Hartsii mg/l
1	Vantaa	AS	9,4	10,2	34,4	69,2	214	1,3	2,7	0,8	3,7
2	"	HsS	5,4	6,6	21,0	44,5	135	1,5	2,1	0,8	1,9
3	Loimaa	HsS	7,7	6,8	58,9	58,3	196	1,3	3,3	1,0	1,9
4	Tammela	AS	4,4	6,6	19,8	36,6	108	1,0	2,1	0,8	1,9
5	Kokemäki	Hs	5,7	6,0	15,0	42,4	173	1,3	2,7	1,2	2,7
6	Hartola	KHt	8,1	4,8	37,8	38,0	118	1,0	1,5	0,6	1,7
7	"	KHt	4,2	3,6	13,6	35,7	107	1,5	1,8	0,8	1,4
8	Laukaa	HsS	4,5	4,2	13,2	26,8	186	1,3	3,6	1,4	1,5
9	Pihtipudas	KHt	3,0	1,8	26,8	15,5	54	0,5	0,6	0,2	0,6
10	"	HHk	7,7	10,2	25,8	72,4	118	1,5	2,4	1,0	3,8
11	"	HHk	11,2	8,4	25,6	53,3	125	2,0	5,4	1,8	6,6
12	"	HHk	3,7	3,6	37,0	38,0	89	1,0	1,2	0,6	1,9
13	"	HHk	5,7	3,0	18,8	44,5	98	1,0	0,6	0,2	1,4
14	Toholampi	HHt	7,7	3,6	53,3	58,5	180	0,8	1,2	0,2	2,0
15	"	KHt	12,6	4,8	53,3	69,8	158	1,0	2,4	1,0	2,5
16	Tyrnävä	KHt	7,7	4,2	43,0	18,6	152	3,3	8,4	2,6	3,5
17	Utajärvi	HHt	15,1	10,2	70,6	69,0	204	3,3	5,4	2,0	4,6
18	"	KHt	29,3	16,2	71,8	115,8	271	3,3	6,6	2,6	6,5
19	"	KHt	2,9	1,8	32,6	23,1	76	1,0	1,2	0,4	0,9
20	"	HHt	5,6	1,8	38,2	43,4	124	0,8	1,2	0,4	1,2
	Keskiarvo		8,1	5,9	35,5	48,7	144	1,5	2,8	1,0	2,6



Kuva 1. Nitraattityypen uuttoon käytettyjen menetelmien tulosten välinen riippuvuus  
x-akseli =  $\text{CuSO}_4$ -liuos, y-akseli = vertailtavana olevan menetelmän tulos



Kuva 2. Fosforin uuttoon käytettyjen menetelmien tulosten välinen riippuvuus.  
x-akseli = hapan ammoniumasetatitulos, y-akseli = vertailtavan menetelmän tulos



Kuva 3. Kaliumin uuttoon käytettyjen menetelmien välinen riippuvuus.

x-akseli = hapen ammoniumasetatitulos, y-akseli = vertailtavan menetelmän tulos

Kalium. Hapan ammoniumasetatti ja ammoniumlaktaatti uuttivat maasta hyvin samantaiset kaliummäärät ja korrelaatio menetelmien tulosten välillä oli kiinteä (taulukko 4, kuva 3). EUF-menetelmä uutti edellisiä paljon vähemmän kaliumia. Happamalla ammoniumasetatilla uuttuneen kaliumin keskimäärä 153 mg/l maata on lähes sama kuin maamme peltojen keskimääräinen kaliumpitoisuus 149 mg/l (KURKI 1979).

Taulukko 4. Eri menetelmillä aloitusmaanäyteistä (0-20 cm) uuttuvat kaliummäärät.

N:o	Kunta	Maa- laji	NH <sub>4</sub> -Ac mg/l	AL mg/kg	EUFI mg/kg	EUFI mg/kg	EUFI mg/kg
1	Vantaa	AS	440	470	63	120	30
2	"	HsS	220	250	25	45	8
3	Loimaa	HsS	280	320	40	69	14
4	Tammela	AS	400	570	40	84	22
5	Kokemäki	Hs	200	240	30	36	6
6	Hartola	KHt	120	120	13	9	2
7	"	KHt	70	80	10	6	2
8	Laukaa	HsS	140	120	23	21	2
9	Pihtipudas	KHt	40	30	5	3	0
10	"	HHk	40	20	5	3	0
11	"	HHk	30	30	5	3	0
12	"	HHk	50	50	10	3	0
13	"	HHk	60	90	10	3	0
14	Toholampi	HHT	80	90	15	9	2
15	"	KHt	90	90	23	12	2
16	Tyrnävä	KHt	140	250	70	39	2
17	Utajärvi	HHT	310	340	95	81	12
18	"	KHt	50	30	5	3	0
19	"	KHt	150	160	43	39	4
20	"	HHT	150	120	43	30	4
	Keskiarvo		153	174	29	31	6

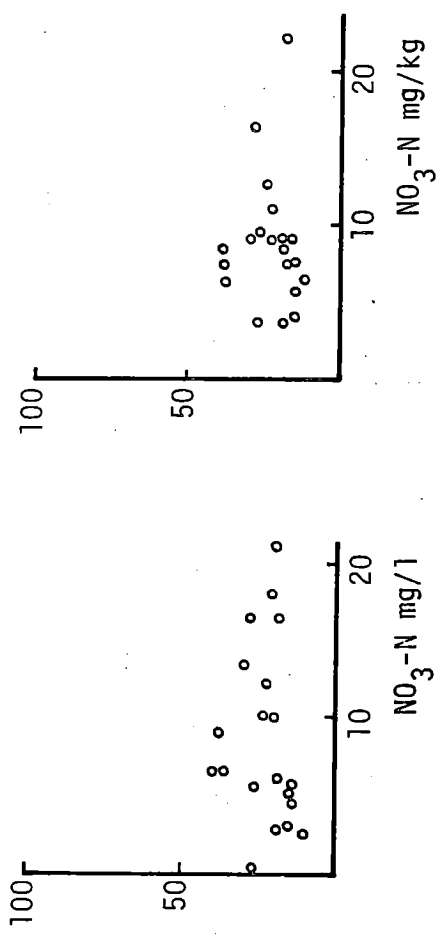
Maa-analyysien tulosten ja astiakokeessa saatujen satojen välinen riippuvuus

Typpi. Astiakokeessa sato jäi ilman typpilannoitusta hyvin pieneksi (kuva 4). Se oli keskimäärin vain 23 % typpilannoituksen saaneiden astioiden kokonaissadosta (jyvät+oljet, kaksi koevuotta). Ilman typpilannoitusta saatu suhteellinen sato ei riippunut maan nitraattitypen määrästä. Ilmeisesti maan mineraalitypen määrällä oli vähän merkitystä kasvin typensaannissa.

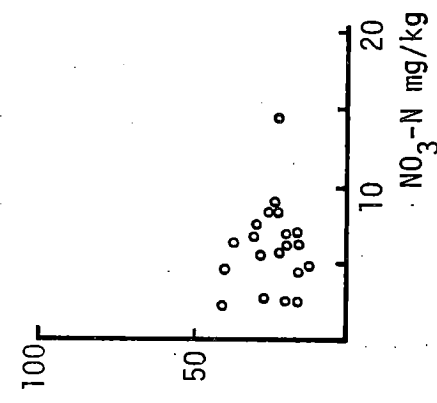
ASTIAKOKKEET

0,01 M CuSO<sub>4</sub>

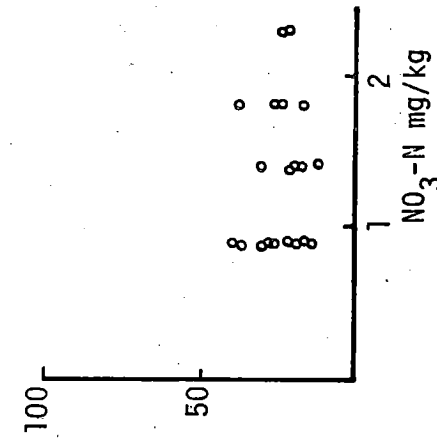
EUFI



EUFI



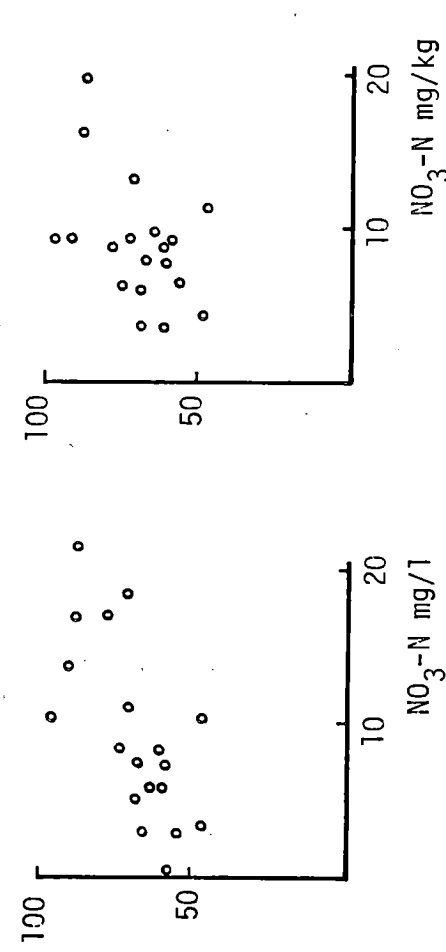
EUFI



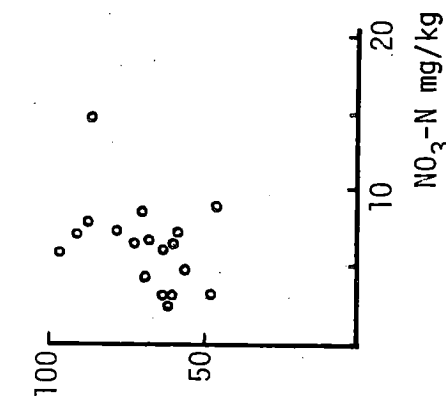
KENTTAKOKKEET

0,01 M CuSO<sub>4</sub>

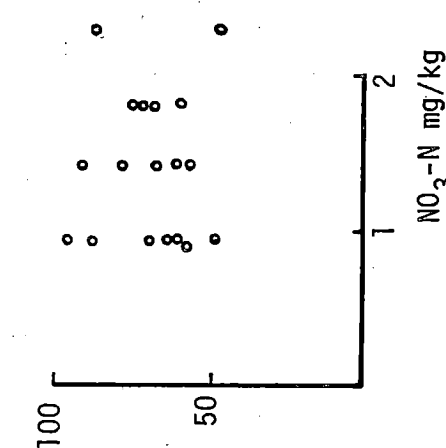
EUFI



EUFI

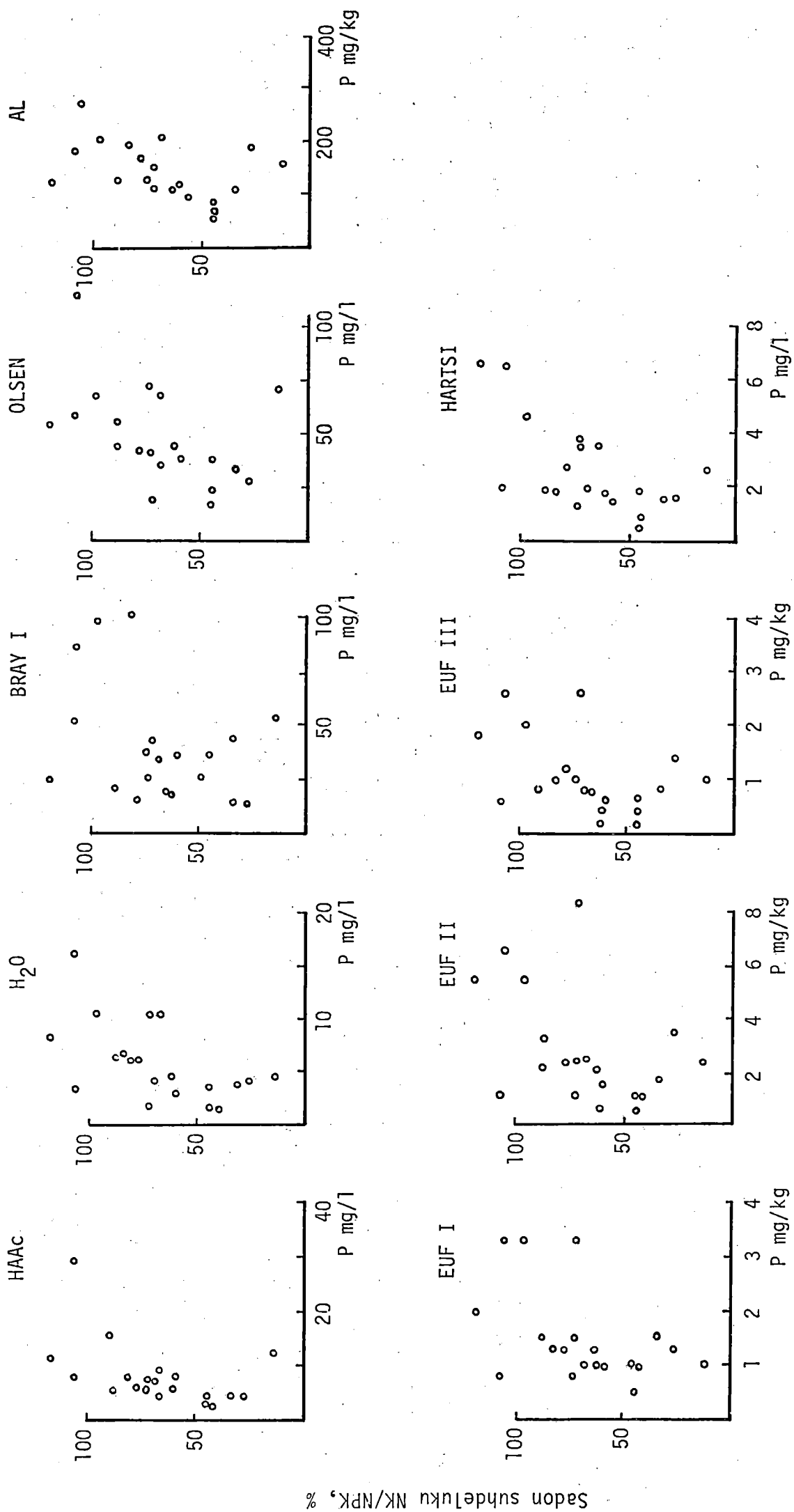


EUFI



Kuva 4. Eri menetelmillä maasta uutettujen typpipitoisuuksien ja ilman typpilannoitusta saadun suhteellisen sadon välinen riippuvuus astia- ja kenttäkokeissa.

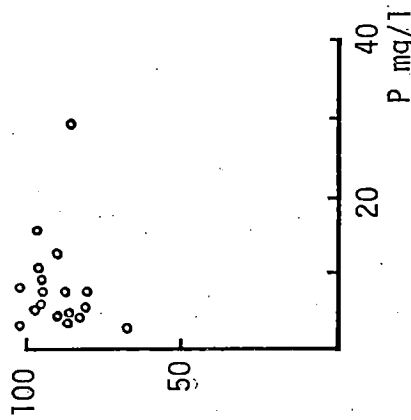
ASTIAKOKKEET



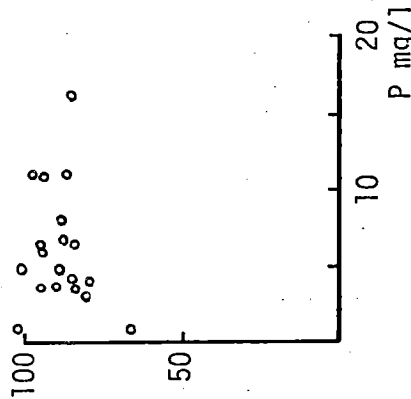
Kuva 5a. Eri menetelmillä maasta uutettujen fosforipitoisuuksien ja ilman fosforilannoitusta saadun suhteellisen sadon välinen riippuvuus astiakokeessa.

KENTTÄKOKKEET

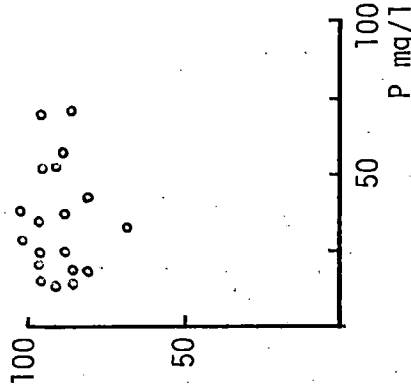
HAAC



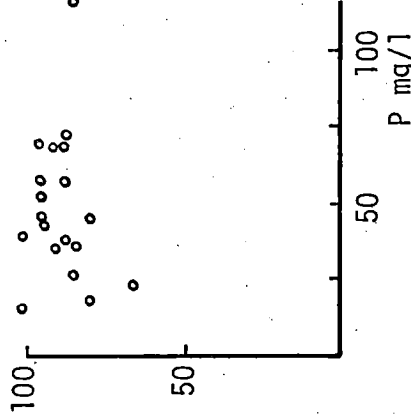
H<sub>2</sub>O



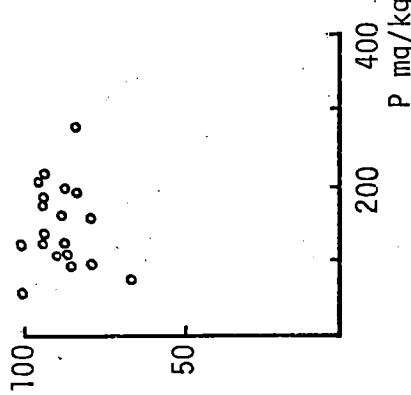
BRAY-I



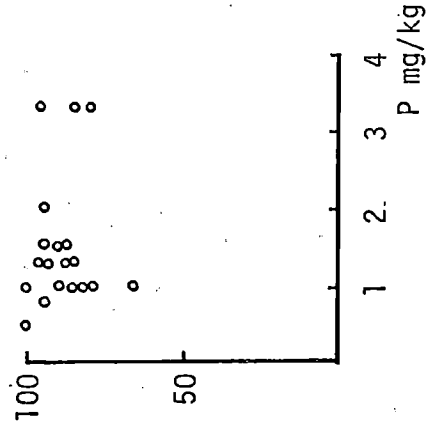
OLSEN



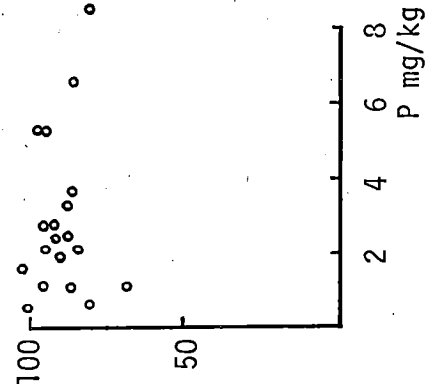
AL



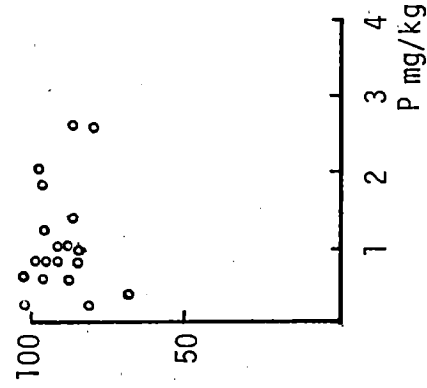
EUFI I



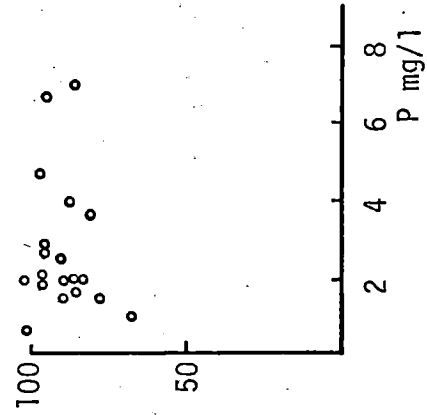
EUFI II



EUFI III



HARTSI



Sadon suhdeluku NK/NPK, %

Kuva 5b. Eri menetelmillä maasta uutettujen fosforipitoisuuksien ja ilman fosforilannoitusta saadun suhteellisen sadon välinen riippuvuus kenttäkokeissa.

ASTIAKOKKEET

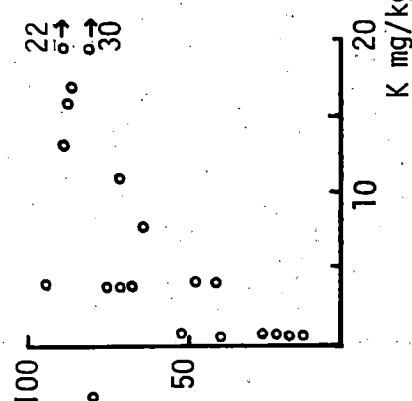
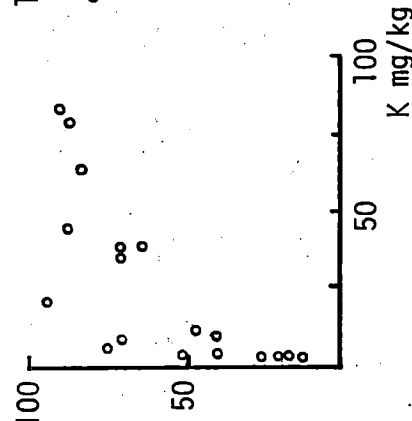
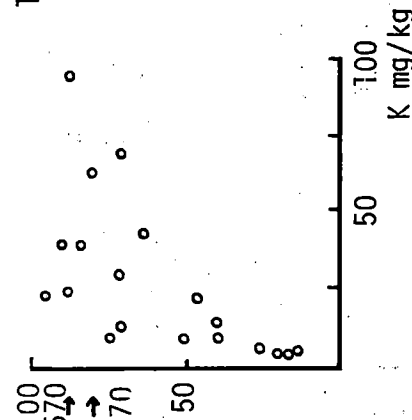
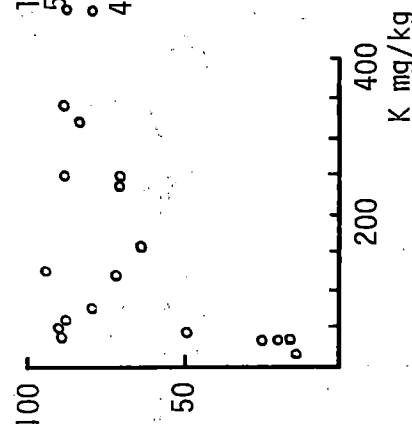
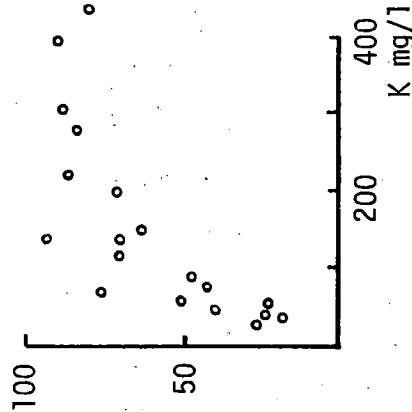
HAAC

AL

EUFI

EUFI

EUFI



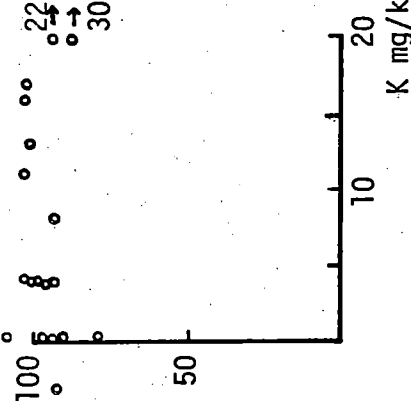
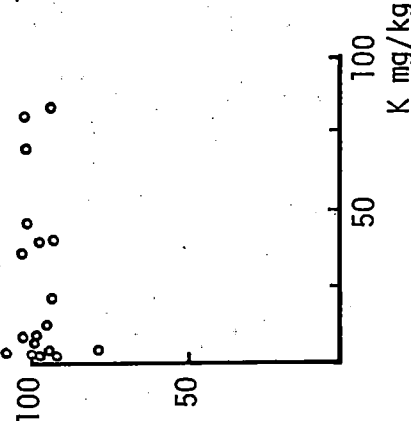
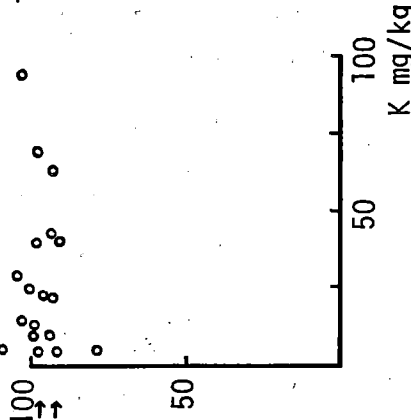
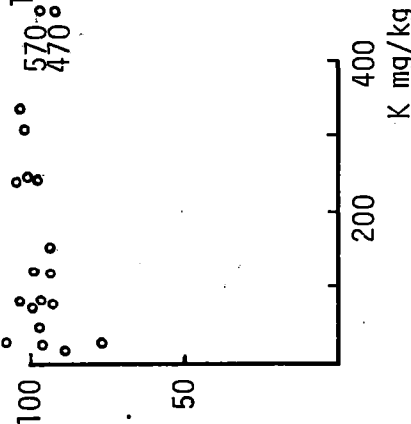
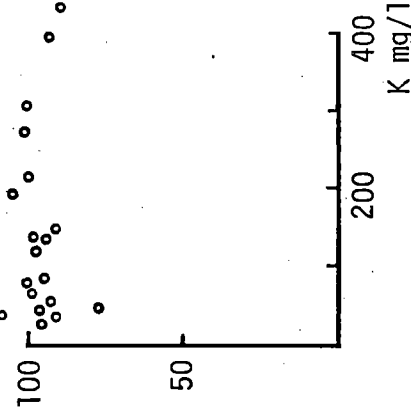
HAAC

AL

EUFI

EUFI

EUFI



Sadon suhdetuku NP/NPK, %

Kuva 6. Eri menetelmillä maasta uutettujen kaliumpitoisuuksien ja ilman kaliumlannoitusta saadun suhteellisen sadon väläinen riippuvuus astia- ja kenttäkokeissa.

Fosfori. Astiakokeessa ohra tuotti ilman fosforilannoitusta eri koemaissa hyvin erisuuruisia satoja. Siten aineisto sopinee hyvin fosforianalyysimenetelmien vertailuun. Maan fosforipitoisuudet, jotka oli määritetty vedellä, happamalla ammoniumasetaatilla, Olsenin ja EUF I-menetelmillä tai anioninvaihtohartsilla uuttaen olivat varmoja ilman fosforilannoitusta saatujen suhteellisten satojen selittäjiä (kuva 5a). Menetelmien selvitysasteet olivat seuraavat:

H <sub>2</sub> O	30 %
Hartsi	29 %
Olsen	24 %
AL	23 %
HAAC	21 %
EUF I	21 %

Muiden tutkimuksessa mukana olleiden maa-analyysimenetelmien antaman tuloksen ja suhteellisen sadon välillä ei ollut varmaa riippuvuutta.

Selvitettäessä muiden maaperätekijöiden kuin liukoisen fosforipitoisuuden vaikutusta suhteelliseen satoon todettiin, että uuttuvan fosforipitoisuuden lisäksi orgaanisen aineksen pitoisuus oli merkitsevä selittäjä. Näiden kahden tekijän yhteinen selvitysaste kohosi n. 50 %:iin menetelmästä riippumatta. Happamaan ammoniumoksalattiin uuttuvan raudan tai alumiinin ei todettu olevan merkitseviä ilman fosforilannoitusta saadun suhteellisen sadon selittäjiä tässä aineistossa.

Ilman fosforilannoitusta viljellyn kasvin fosforin ottoa astiakokeessa selittivät maa-analyysit paremmin kuin ilman fosforilannoitusta saatua suhteellista satoa. Menetelmien selvitysasteet olivat seuraavat:

H <sub>2</sub> O	45 %
Hartsi	41 %
EUF I	32 %
AL	23 %
HAAC	22 %
EUF II	22 %
Olsen	22 %
EUF III	21 %

Astiakokeen tulosten mukaan Hollannissa kehitetty vesiuuttomenetelmä ja toistaiseksi kehittelyasteella oleva hartsiuuttomenetelmä osoittautuivat sellaisiksi,

joiden paremmuutta nykyisin käytössä olevaan happamaan ammoniumasetaattiuuttomenetelmään tulisi tarkemmin selvittää. Koska uuttuvan fosforimäärän selvitysaste yksinään näyttää jäävän pieneksi tulisi muiden vaikuttavien tekijöiden selvittämiseen kiinnittää erityistä huomiota.

Kalium. Astiakokeessa saatiin kaliumilla selviä sadonlisäyksiä kuten fosforilla-kin (kuva 6). Satotulokset sopivat siis hyvin myös kaliumin uuttoon käytettyjen menetelmien vertailuun. Astiakokeessa ilman kaliumlannoitusta saatu suhteellinen sato riippui hyvin selvästi maan kaliumluvusta. Lineaarisen ja logaritmisen mallin mukaiset selvitysasteet olivat seuraavat:

	Lineaarinen malli		Logaritminen malli	
	kaikki kokeet	ilman koetta N:o 20	kaikki kokeet	ilman koetta N:o 20
HAAC	35 %	53 %	55 %	74 %
AL	28 %	53 %	52 %	79 %
EUF I	34 %	40 %	56 %	64 %
EUF II	29 %	45 %	53 %	69 %
EUF III	19 %	34 %	56 %	74 %

Kokeessa 20 saatiin kaliumlannoituksella sadonalennusta, vaikka siinä oli kaliumia vain 148 mg/l. Siten se poikkesi hyvin paljon aineiston muista näytteistä ja siksi selvitysasteet on laskettu myös ilman sitä. Kokeen 20 maa oli samantaista kuin kokeen 19 maa sillä erotuksella, että siinä oli paljon oksalaattiin liukoista rautaa ja sen pH oli lähes yhden yksikön alhaisempi. Kaliumlannoituksen satoa alentavaa vaikutusta nämä tekijät yksinään tuskin selittävät. Tämän kokeen pois jättäminen parantaa kuitenkin selvitysastetta. Muutoin menetelmien väliset erot suhteellisen sadon selvittämisessä olivat pienet lukuunottamatta EUF III-menetelmää, joka uuttaa vaikeasti vaihtuvaa varastokaliumia. Menetelmän lineaarisen mallin selvitysaste jäi alhaiseksi, mutta logaritmisen mallin selvitysaste oli samaa tasoa muiden kanssa.

Eri menetelmillä maasta uutettu vaihtuva kalium selitti paremmin ilman kaliumlannoitusta viljellyn kasvin kaliumin ottoa kuin ilman kaliumlannoitusta astiakokeessa saatua suhteellista satoa. Lineaarisen mallin mukaiset selvitysasteet olivat seuraavat:

HAAC	85 %
AL	81 %
EUF I	44 %
EUF II	77 %
EUF III	73 %

Tulosten mukaan vertailussa mukanaolleilla menetelmillä maasta määritetty kaliumpitoisuus selittää hyvin ilman kaliumlannoitusta saatua suhteellista satoa sekä kaliumin ottoa. Muilla tekijöillä on ilmeisesti vähän merkitystä. Maassamme nykyään kaliumin uuttoon käytetty hapan ammoniumasetaatti sijoittuu vertailussa hyvin.

Maa-analyysien tulosten ja kenttäkokeessa saatujen satojen välinen riippuvuus

Typpi. Kenttäkokeissa ilman typpilannoitusta saatu sato oli keskimäärin 70 % typpilannoituksen saaneesta (kuva 4). Sadonlisäyksen riippuvuus maasta kuparisulfaattiliuoksella ja EUF I-menetelmällä uutetusta nitraattitypestä oli varma. Riippuvuus oli kiintein kuparisulfaattiliuoksella uutetun nitraattitypen kanssa selvitustasasteen ollessa 40 %.

Pienin suhteellinen sato 47 %, saatiin kentältä, jonka nitraattityppipitoisuus oli 10,2 mg/l maata. Toisaalta suurin suhteellinen sato saatiin toiselta kentältä, jonka nitraattityppipitoisuus oli lähes sama. Nämä kaksi kenttää (4 ja 7) edustavat ääritapauksia. Niiden huomiotta jättäminen paransi selvitystasetta 62 %:iin. Suhteellisen sadon määrän riippuvuutta muokkauskerroksen nitraattipitoisuudesta kuvaavan yhtälön  $y = 56,7 + 1,48x$  mukaan täysi sato saataisiin nitraattityppipitoisuuden ollessa 29,1 mg/l maata. Tämä vastaisi 58 kg typpeä 20 cm kerroksessa hehtaarin alalla. Tällainen typpimäärä riittää tyydyttämään vain osan hyvän sadon tarpeesta. Toisaalta on todettu, että kasvien typen saannin kannalta syvempien kerrosten mineraalitypellä on merkitystä (mm. LINDEN 1978). Kokeiden muokkauskerroksen ja jankon nitraattitypen summa ei kuitenkaan tämän tutkimuksen kokeissa selvittänyt suhteellista satoa paremmin kuin muokkauskerroksen nitraattityppi. Ilmeisesti orgaanisesta muodosta kasvukauden aikana mobilisoitavalla typpellä oli keskeinen merkitys.

Tulosten mukaan näyttää siltä, että keväällä ennen kylvöä otetun maanäytteen nitraattityppipitoisuutta voidaan käyttää lannoitussuosituksen perustana. Ilmeisesti tulisi selvittää syvempien kerrosten mineraalitypen merkitystä lähemmin, kuten muualla on tehty. Tällöin mm. eri maalajien ja niiden orgaanisen aineen määrän sekä typen mobilisoitumisen vaikutus tulee ottaa huomioon.

Fosfori. Kenttäkokeessa fosforilannoituksen vaikutus oli vähäisempi kuin astiako-keessa. Ilman fosforilannoitusta saatu sato oli keskimäärin 92 % fosforilannoituksella saadusta sadosta. Satovaihtelu oli kentällä suhteellisen pieni ja tämän takia sadon riippuvuus maasta uutuvan fosforin pitoisuudesta oli epäselvä kaikkien menetelmien kohdalla (kuva 5b).

Pienin suhteellinen sato saatiin kentällä 20, jonka uuttuvan fosforin pitoisuus oli useimmilla menetelmillä alhainen. Tätäkin alempia pitoisuuksia uuttui eräillä menetelmillä maasta 9, jolla saatiin fosforilannoituksella sadonalennusta. Tässä näytteessä oli oksalaattiliukoista rautaa alle aineiston keskimäärän, mutta alumiinia enemmän kuin missään muussa näytteessä. Regressioanalyysin mukaan ei raudalla ja alumiinilla ollut kuitenkaan merkitsevää vaikutusta suhteelliseen satoon kenttäkoeaineistossa.

Kalium. Kenttäkokeissa kaliumlannoituksen vaikutus oli heikko sadonlisäyksen ollessa keskimäärin vain 2 %. Kentillä, joilla kaliumpitoisuudet olivat pienet, 30-50 mg/l, ilman kaliumlannoitusta saatu sato vaihteli 79-110 % kaliumlannoituksella saadusta sadosta. Ilman kaliumlannoitusta saatu suhteellinen sato ei riippunut maan kaliumpitoisuudesta. Tämän takia ei saatujen tuloksien perusteella voida tehdä päätelmiä kaliumlannoitusta edellyttävistä raja-arvoista.

Kirjallisuutta

- AURA, E. 1978. Phosphate desorption from soil in anionexchange resin extraction. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 50: 335-345.
- BRAY, R. H. & KURTZ, L. T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.
- EGNER, H., RIEM, H. & DOMINGO, W. R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Kungl. Lantbrukshögsk. Ann. 26: 199-215.
- JAAKKOLA, A. 1980. Astiakoe ohran typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitustarpeen osoittajana. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote N:o 13: 2-23.
- JENSEN, J. 1970. Bestemmelse af nitrat i jordekstrakter med en nitratspecifik elektrode. Tidsskr. Planteavl. 74: 145-156.
- KURKI, M. 1979. Suomen peltojen viljavuuden kehityksestä. Moniste. 41 s. Helsinki.
- LINDEN, B. 1979. Kvävegödsling baserad på bestämning av mineralkväveförrådet i marken. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. markv., avd. växtnäringslära, Rapport 122. 80 p.
- NEMETH, K. 1976. Elektro-Ultrafiltration. 66 s. Hannover.
- ØIEN, A. & SELMER-OLSEN, A. R. 1980. A laboratory method for evaluation of available nitrogen in soil. Acta Agr. Scand. 30: 149-156.
- 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.
- SIPPOLA, J. & JANSSON, H. 1979. Soil phosphorus test values obtained by acid ammoniumacetate, water and resin extraction as predictors of phosphorus content in timothy (*Phleum pratense* L.) Ann. Agric. Fenn. 18: 225-230.

- SIPPOLA, J. & MARJANEN, H. 1978. Viljavuusluokittaiset sadonlisäykset paikallisissa nousevien fosfori- ja kaliummäärien kokeissa. Maantutkimuslaitoksen tiedote N:o 3. 16 p.
- SISSINGH, H. A. 1971. Analytical technique of the Pw method, used for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. Plant and Soil 34: 483-486.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä. Agrogeol. Julk. 63: 1-44.

## Tiedote n:o

- 1 Jokinen, R. 1977. Perunan magnesium- ja mangaanilannoitus. 11 p.
- 2 Jokinen, R. 1977. Kalkituksen ja runsaan kaliumlannoituksen vaikutus magnesiumlannoituksella saatavaan tulokseen. 29 p.
- 3 Tähtinen, H., Köylijärvi, J. ja Teittinen, P. 1977. Niittonurmen syyslannoitus. 12 p.
- 4 Salonen, M. ja Kähäri, J. 1977. Suoturvelisäyksen tyypivaikutuksesta humusköyhässä savimaassa. 13 p.
- 5 Tähtinen, H. 1977. Perunan typpi- ja kaliumlannoitus. 21 p.
- 6 Jokinen, R. 1977. Magnesiumsulfaattilannoitus kevätiljoille. 18 p.
- 7 Kähäri, J. ja Paasikallio, A. 1978. Timotein kivennäisainepitoisuudet Suomessa kunnittain. 19 p.
- 8 Yhteispohjoismainen kalkitusseminaari Savonlinnassa 24.-25.5.1978. 100 p.
- 9 Tähtinen, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. 42 p.
- 10 Jaakkola, A. 1979. Kalkkikivijauheen, dolomiittikalkin ja terässulaton kuonan vertailu. 18 p.
- 11 Jokinen, R. 1979. Talkkitekollisuuden sivutuote maanparannusaineena ja magnesiumlannoitteena. 16 p.
- 12 Jaakkola, A. 1980. Olkien, olkituhkan ja sokerijuurikkaan naattien arvo kaliumlannoitteina. 14 p.
- 13 Jaakkola, A. 1980. Astiakoe ohran typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitustarpeen osoittajana.  
Sippola, J. ja Jaakkola, A. 1980. Maasta eri menetelmillä määritetyt typpi, fosfori ja kalium lannoitustarpeen osoittajina astia- ja kenttäkokeissa. 42 p.

