

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANTUTKIMUSLAITOS

Tiedote N:o 10 1980

VILJAVUUSTUTKIMUKSEN TULKINNAN JA
NOUSEVIEN FOSFORI- JA KALIUMMÄÄRIEN
KOKEIDEN TULOSTEN VERTAILU

Jouko Sippola

Tiedote N:o 10

1980

VILJAVUUSTUTKIMUKSEN TULKINNAN JA
NOUSEVIEN FOSFORI- JA KALIUMMÄÄRIEN
KOKEIDEN TULOSTEN VERTAILU

Jouko Sippola

TIIVISTELMÄ

Tiedotteessa vertaillaan Paikalliskoetoimiston nousevien fosfori- ja kaliumlannoituskokeiden tuloksia viljavuustutkimuksen tuloksiin ja niiden tulkintaan.

Fosforilannoituskokeissa maan fosforiluku selvitti 5-24 % saaduista sadonlisäyksistä. Kaliumluku puolestaan selvitti 17-37 % kaliumilla saaduista sadonlisäyksistä. Fosforiluvun selvitysteaste parani kun koeainestoa ryhmiteltiin luokkiin pH:n perusteella.

Kokeiden keskiarvotuloksen mukaan fosforilla ei saatu sadonlisää koekentillä, jotka kuuluivat viljavuusluokkaan "hyvä" tai sitä parempaan, paitsi karkeilla kivennäismailloilla, joilla sadonlisää ei enää saatu viljavuusluokassa "tyydyttävä". Kaliumin satoa lisäävä vaikutus päättyi keskimäärätuloksen mukaan viljavuusluokassa "tyydyttävä".

Tarkasteltaessa eri viljavuusluokissa saatuja sadonlisäyksiä yksityiskohtaisemmin todettiin, että viljavuusluokitusta tulisi tarkistaa fosforilukujen kyseessä ollen karkeilla kivennäismailloilla ja savilla. Kaliumluokituksen vähäinen tarkistus näyttäisi olevan tarpeen kaikissa maalajiryhmissä.

Tarkasteltaessa koeaineiston perusteella laskettuja lannoitus-suosituksia todettiin, että 1970-luvulla tapahtunut lannoitteiden hintojen satotuotteiden hintoja nopeampi nousu on pienentänyt taloudellisesti edullisimpia lannoitemääriä. Kaikkia laskettuja suosituksia ei kuitenkaan voida soveltaa nykyiseen käytäntöön, sillä kokeissa lannoitteet levitettiin hajalleen ja mulattiin, missä käytettävässä lannoitteiden teho ei ole yhtä hyvä kuin nykyään yleisessä kylvölannoituksessa.

JOHDANTO

Maanäytteistä tehdyn ns. viljavuusanalyysin tulos ei suoraan anna tietoa parhaaseen mahdolliseen kasvuun tarvittavista lannoitemääristä vaan se ilmoittaa käytettyyn uuttonesteeseen liukenevien ravinteiden määrän. Saadun analyysituloksen merkityksen tulkitsemiseksi tarvitaan lannoituskokeita, joilla saadaan tietoa ravinteiden vaikutuksesta viljavuudeltaan erilaisilla mailla. Koska maat poikkeavat toisistaan myös muilta kasvuun vaikuttavilta ominaisuuksiltaan kuten maalajiltaan, happamuudeltaan sekä muiltakin olosuhteiltaan niin edellyttää eri kentiltä saatu samakin viljavuusluku erilaista tulkintaa. Siksi luotettavien lannoitussuosituksen laatimiseksi tarvitaan suuri määrä eri olosuhteissa suoritettuja kenttäkokeita.

Taloudellisilla tekijöillä on vaikutuksensa kunkin tilanteen mukaiseen taloudellisesti edullisempaan lannoitusmäärään ja ne tulee ottaa huomioon lannoitussuunnitelmia tehtäessä. Lannoitteiden hintojen kohotessa sato- tuotteiden hintoja nopeammin taloudellisesti edullisin lannoitemäärä pienenee ja päinvastoin. On edullisempaa lannoittaa runsaammin niitä kasveja, joista saatavien tuotteiden hinta on muita korkeampi silloin, kun lannoituksen satoa lisäävä vaikutus on samansuuruinen.

Paikalliskoetoimiston järjestämien nousevien fosfori- ja kaliummäärien kokeiden tulokset (SIPPOLA ja MARJANEN 1978) tarjoaa ainestoa viljavuustutkimuksen perusteiden tarkistamiseksi sekä lannoitussuosituksen laatimiseksi. Tässä työssä tarkastellaan edellä mainituissa kokeissa saatuja tuloksia viljavuustutkimuksessa käytettyjen luokitusten puitteissa sekä vertaillaan viljavuustutkimuksen nykyisiä lannoitussuosituksia tarkasteltavina olevien kokeiden perusteella laskettuihin lannoitussuosituksiin.

AINEISTO JA MENETELMÄT

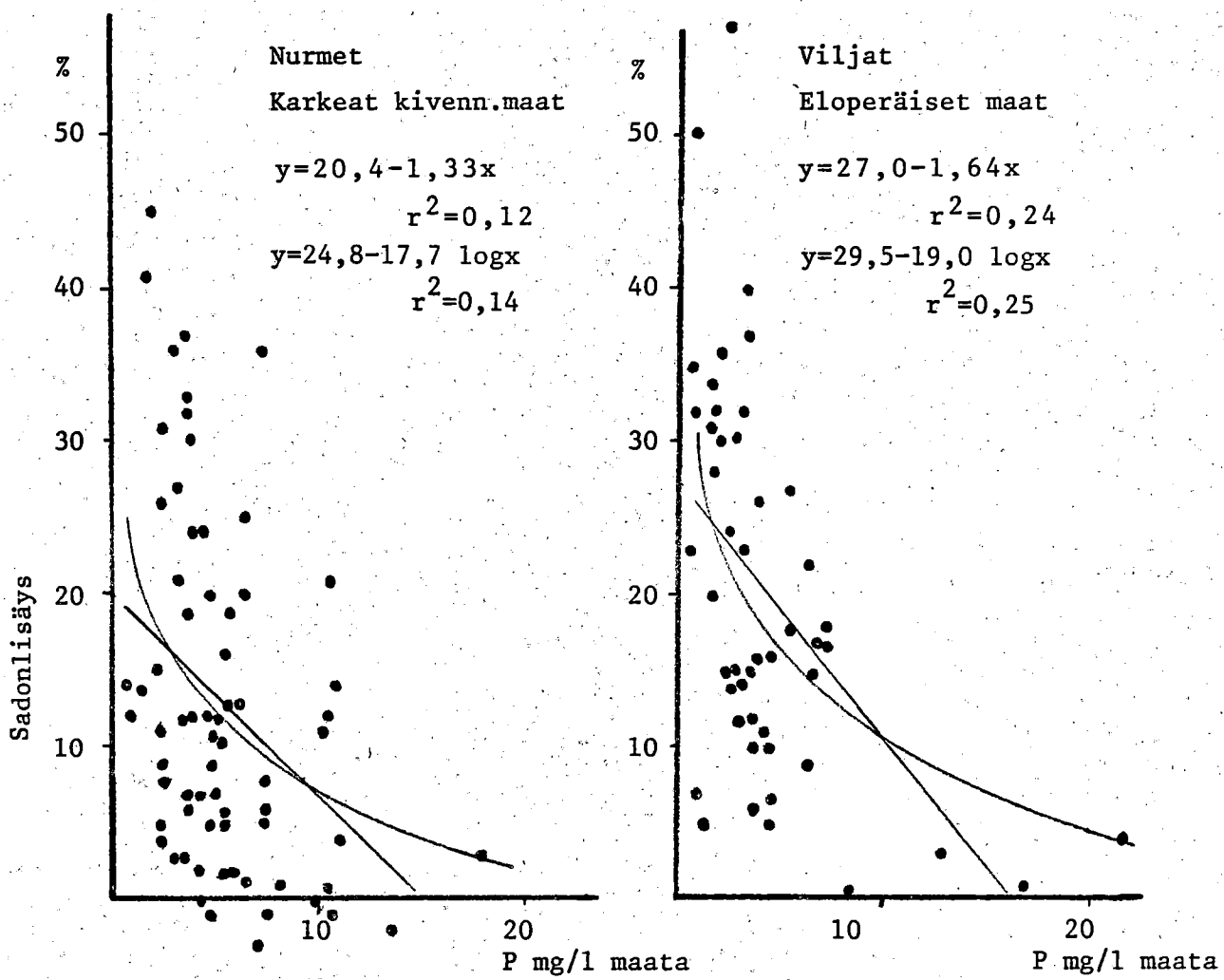
Käsitelty aineisto on sama kuin Maantutkimuslaitoksen tiedotteessa N:o 3 on esitetty. Nousevien fosforimäärien kokeita oli käsittelyssä mukana 436 ja nousevien kaliummäärien kokeita 255. Aineisto ryhmiteltiin eloperäisiin maihin, karkeisiin kivennäismaihin ja saviin viljavuustutkimuksessa käytetyn luokituksen mukaisesti. Kasviryhminä oli nurmet ja viljat. Jälkimmäiseen ryhmään sisällytettiin kokeet, joissa kasvina oli kaura, ohra tai vehnä. Kokeita perustettaessa otetut maanäytteet on analysoitu viljavuusanalyysimenetelmän mukaan (VUORINEN ja MÄKITIE 1955). Kokeet ajoittuvat vuo-

sille 1950 - 1976. Lannoituskäsittelyt on esitetty yksityiskohtaisesti mm. Maantutkimuslaitoksen tiedotteessa N:o 3 (SIPPOLA ja MARJANEN 1978).

TULOKSET JA TARKASTELU

Lannoituksella saatujen sadonlisäysten riippuvuus maan viljavuusluvusta.

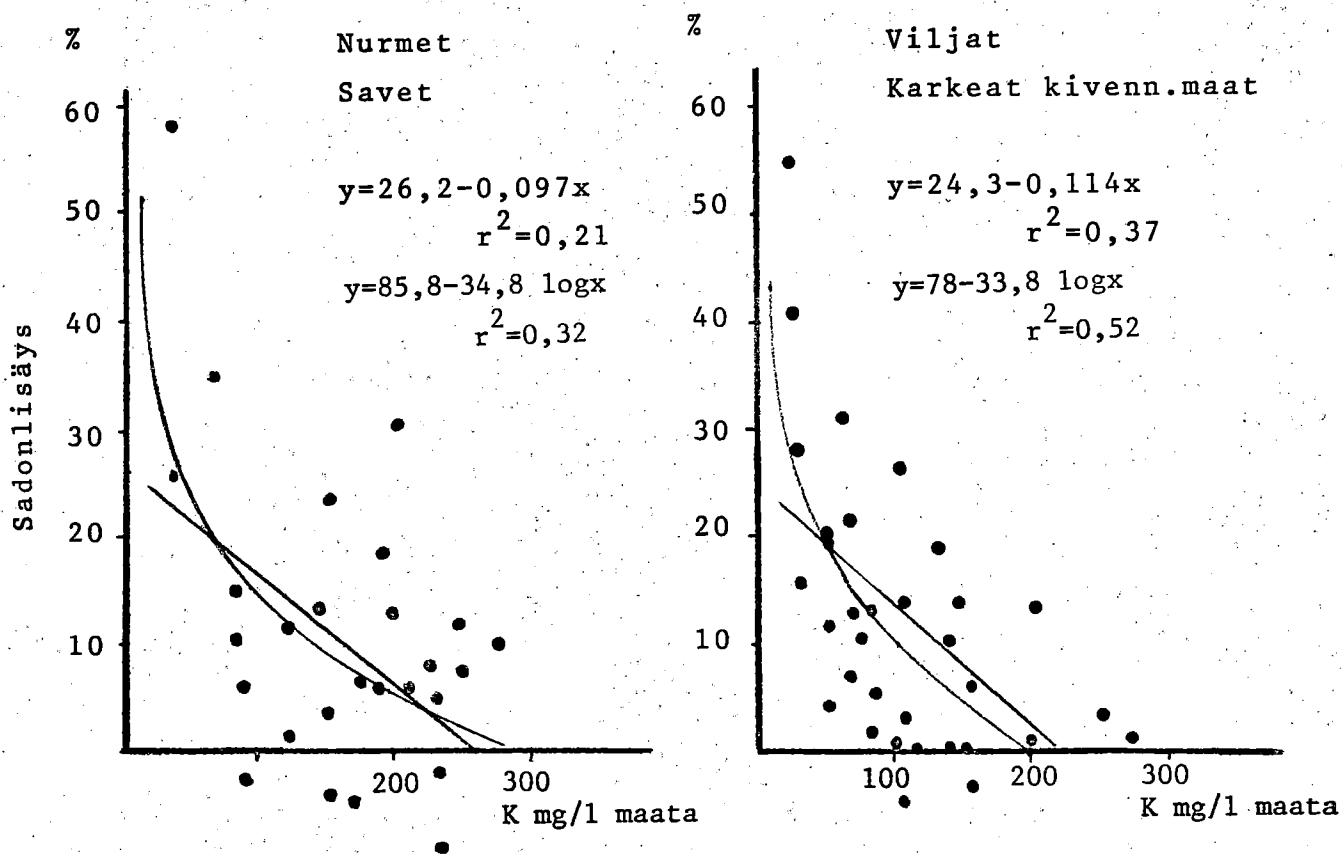
Kuvassa 1 on esitetty maan fosforiluvun funktiona kaksi esimerkkiä yksittäisissä fosforilannoituskokeissa saaduista sadonlisäyksistä. Sadonlisäyk-



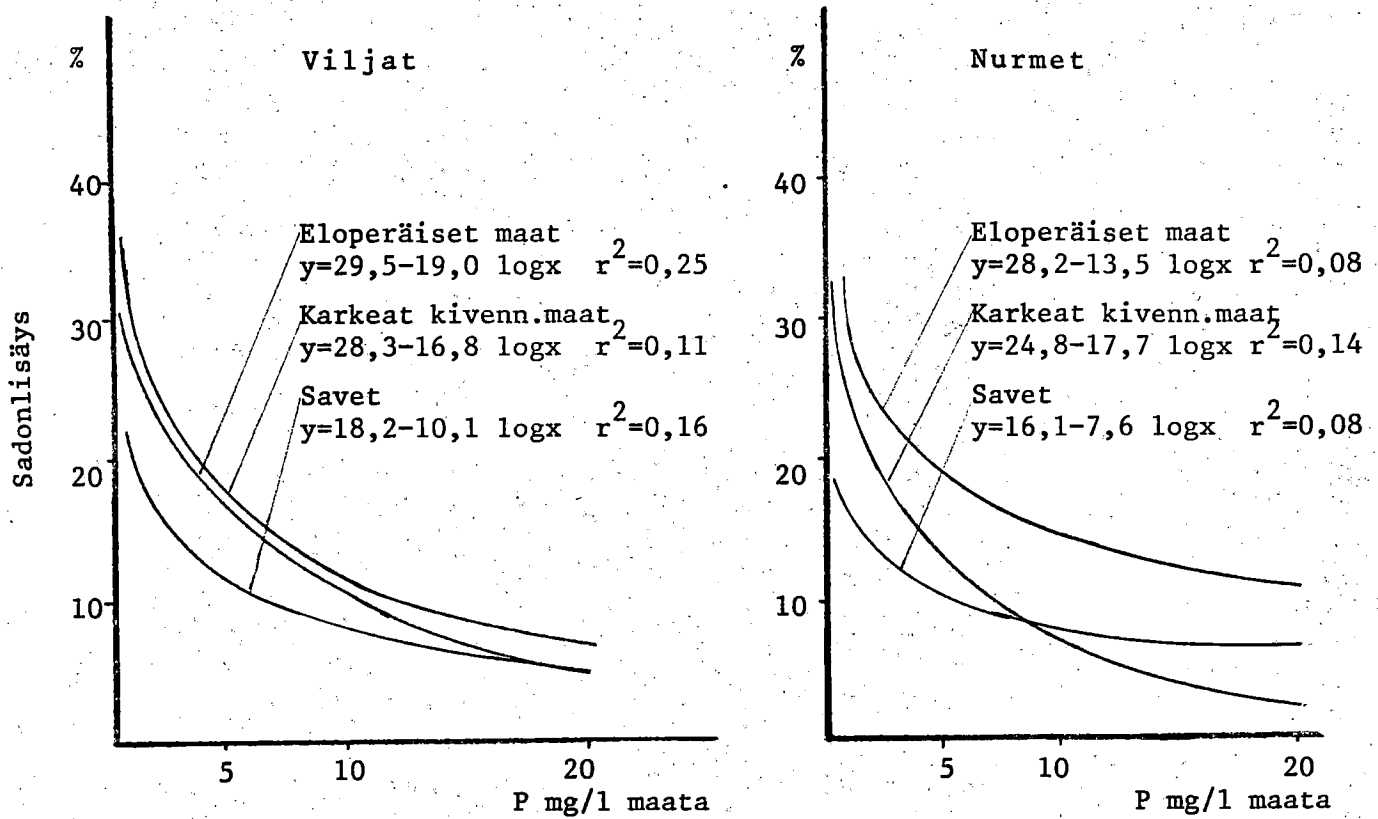
Kuva 1. Fosforilannoituksella saadun sadonlisäyksen riippuvuus maan fosforiluvusta kahdessa esimerkkitapauksessa.

set on laskettu prosentteina NK-lannoituksen saaneiden koejäsenien sadois-
ta. Kuvassa 2 on vastaavasti esimerkki kaliumlannoituskokeiden tuloksista.
Kuviin on otettu kunkin kentän eri lannoitemäärillä saaduista sadonlisäyk-
sistä suurin, sillä on ilmeistä, että vain yhdellä lannoitemäärällä ei voi-
da hyvin erilaisten kenttien sadontuotantokykyä osoittaa parhaalla mahdol-
lisella tavalla.

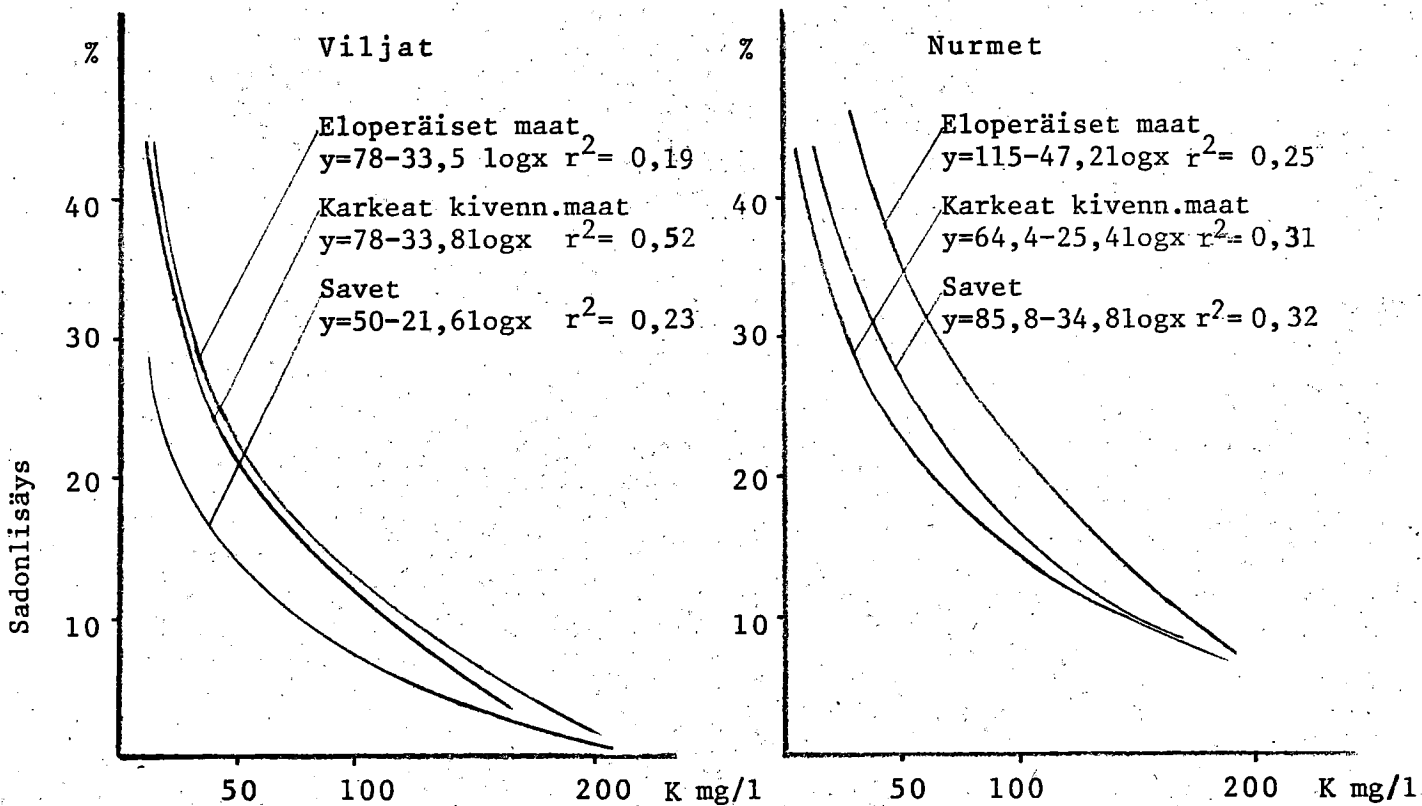
Yksittäisissä kokeissa vaihtelivat saadut sadonlisäykset hyvin paljon.
Esimerkiksi karkeitten kivennäismaitten ryhmässä fosforiluvun ollessa 1,5
heinäsadon lisäys oli eräällä kentällä 14 % (Kuva 1). Eräällä toisella
kentällä, jonka fosforiluku oli 1,8 sadonlisäys oli 45 %. Viljakokeissa
vaihtelu oli tätäkin suurempi. Sadonlennuksiakin esiintyi jo verraten al-
haisilla maan fosforitasoilla. Maan fosforiluku selvitti maalajiryhmistä
riippuen logaritmisin mallin mukaan 8-14 % ja viljoilla 11-25 % (Kuva 3).
Sadonlisäyksen riippuvuus maan fosforiluvusta oli varma kaikissa maalaji-
ryhmissä.



Kuva 2. Kaliumlannoituksella saadun sadonlisäyksen riip-
vuus maan kaliumluvusta kahdessa esimerkkitapauksessa.



Kuva 3. Fosforilannoituksella saadun sadonlisäyksen logaritminen riippuvuus maan fosforiluvusta.



Kuva 4. Kaliumlannoituksella saadun sadonlisäyksen logaritminen riippuvuus maan kaliumluvusta.

Kaliumlannoituksen vaikutuksen riippuvuus maan kaliumluvusta oli kiinteämpi kuin fosforilannoituksen vastaava riippuvuus (Kuva 4). Logaritmisen mallin mukaiset selvityasteet vaihtelivat nurmilla 25-32 % ja viljoilla 19-52 %.

Syynä siihen, että maan viljavuusluku selittää vain osan lannoitteilla saatujen sadonlisäysten vaihtelusta on se, että maan muutkin kemialliset ominaisuudet sekä fysikaaliset että biologiset tekijät vaikuttavat lannoitteen tehoon. Samallakin kasvupaikalla eri vuosina saatava tulos saattaa olla erilainen johtuen säätekijöiden vaihtelusta.

Maaperätekijöistä happamuuden tiedetään vaikuttavan fosforin käyttökelpoisuuteen. Happamuuden merkitystä pyrittiin selvittämään tarkasteltavissa olevissa kokeissa laskemalla sadonlisäysten riippuvuus fosforipitoisuudesta muutamassa pH-luokassa. Savimaitten seitsemässä viljakokeessa, joiden pH oli 6,0 - 6,5 selvitysaste kohosi 58 %:iin selvitystapteen ollessa vain 10 % silloin kun kaikki savimaitten kokeet olivat mukana. Turvemaiilla maan fosforipitoisuus selvitti sadonlisäyksistä 24 % kaikkien kokeiden ollessa kyseessä. Seitsemän pH-alueella 5,4 - 5,6 olevaa turvemaan koetta käsittävissä osainnostossa selvitysaste oli 42 %.

Nykyisin viljavuustutkimuksessa otetaan huomioon maalaji. Näyttää siltä, että luokitusta olisi tehtävä muidenkin ominaisuuksien mukaan, jotta lannoitussuositukset voitaisiin maa-analyysiin nojautuen laatia entistä luotettavimmiksi.

Viljavuustutkimuksen luokituksen tarkastelu

Kuvissa 1 ja 2 esitetyjen regressiosuorien ja x-akselin leikkauskohta osoittaa viljavuusluvun, jolla sadonlisää ei lannoitetta käytettäessä enää saada. Taulukossa 1 on kyseessä olevat raja-arvot esitetty kaikille maalajiryhmille. Eloperäisten maiden ja savien ko. fosforiluvut sijoittuvat viljavuustutkimuksessa käytetyn luokituksen mukaan luokkaan "hyvä", jonka pitoisuusalue on 15-40 mg/l maata. Karkeitten kivennäismaiden luvut sekä nurmilla että viljoilla jäävät luokkaan "tydyttävä" (pitoisuusalue 10-25 mg/l). Viljavuusluokka "hyvän" rajan alentaminen myös karkeitten kivennäismaitten kohdalla 15 mg/aan/l maata sijoittaisi ko. raja-arvon luokkaan "hyvä".

Kaliumluku, jolla sadonlisäystä ei enää saada, sijoittui kaikilla maalajiryhmillä viljavuusluokkaan "tydyttävä". Siten myös kaliumluokitus näyttää käsiteltyjen kokeiden perusteella kaipaavan tarkistusta.

Taulukko 1. Viljavuusluvut (mg/l maata), joilla suoraviivaisen regressioyhtälön mukaan sadonlisää ei enää saada.

	Eloperäiset maat	Karkeat kiven- näismaat	Savet
Fosfori			
nurmet	31	15	15
viljat	16	22	31
Kalium			
nurmet	187	242	270
viljat	178	213	212

Koska logaritmissen mallin selvitysaste oli suurempi kuin lineaarisen mallin, niin käytettiin ensimmäintä vertailtaessa eri maalajeille käytettyjen viljavuusluokitusten keskinäistä yhteensopivuutta (Taulukko 2). Viljavuusluokkien sadonlisäysprosentit on saatu laskemalla sadonlisäysyhtälön (Kuvat 3 ja 4) arvo kunkin viljavuusluokan keskiarvon kohdalla.

Fosforilannoituksella saatiin viljavuusluokassa "hyvä" sekä nurmilla että viljoilla sadonlisäystä muulloin paitsi karkeilla kivennäismailla. Eloperäisillä mailla olivat fosforilannoituksella saadut sadonlisäykset suurimmat. Karkeitten kivennäismaitten sadonlisäykset olivat lähes eloperäisten maitten tasoa alimmissa viljavuusluokissa. Savimailla sadonlisäykset olivat alimmissa viljavuusluokissa muita maalajiryhmiä pienemmät, mutta paremmissa viljavuusluokissa karkeitten kivennäismaitten sadonlisäyksiä suurempia.

Jotta eri maalajiryhmien saman viljavuusluokan sadonlisäykset olisivat samaa tasoa tulisi luokitusta jossain määrin muuttaa. Eniten korjaustarvetta on savilla, joilla luokituksen tulisi alkaa pienemmistä pitoisuuksista kuin nykyinen 1,5 mg/l maata.

Myös kaliumin logaritmissen mallin mukaan viljavuusluokittain lasketut sadonlisäykset poikkesivat toisistaan verraten paljon. Kalium vaikutti parhaiten eloperäisillä mailla ja savilla heikoimmin. Viljoilla saatiin viljavuusluokassa "hyvä" sadonalennusta kaikilla maalajeilla.

Maalajiryhmien välisten sadonlisäyserojen ja viljavuusluokassa "hyvä" ilmenneiden sadonalennusten poistamiseksi luokitusta tulisi muuttaa myös kaliumin kohdalla. Luokan "hyvä" alarajaa näyttää tarpeelliselta laskea kaikissa maalajiryhmissä. Savilla tulisi kaikkien luokkien alarajoja laskea.

Taulukko 2. Sadonlisäykset (%) viljavuusluokkien keskikohdalla logaritmisen mallin mukaan.

	S a d o n l i s ä y s %		
	Eloperäiset maat	Karkeat kiven- näismaat	Savet
Fosfori, nurmet			
Vilj. luokka:			
Hyvä	9	-5	5
Tyydyttävä	14	3	8
Välttävä	19	10	11
Huononlainen	23	16	13
Huono	30	25	17
Fosfori, viljat			
Vilj. luokka:			
Hyvä	2	0	4
Tyydyttävä	10	7	8
Välttävä	17	14	12
Huononlainen	23	20	15
Huono	32	28	19
Kalium, nurmet			
Vilj. luokka:			
Hyvä	0	1	-5
Tyydyttävä	12	6	2
Välttävä	25	11	8
Huononlainen	37	22	13
Huono	59	29	27
Kalium, viljat			
Vilj. luokka:			
Hyvä	-4	-3	-6
Tyydyttävä	5	2	-2
Välttävä	14	7	2
Huononlainen	23	15	5
Huono	39	31	13

Koeaineiston mukaiset optimilannoitemäärät

Taloudellisesti edullisimpien lannoitemäärien laskemisessa käytettiin hyväksi Maantutkimuslaitoksen tiedotteessa N:o 3 (SIPPOLA ja MARJANEN 1978) esitettyjen sadonlisäyskäyrien yhtälöitä. Optimikohdan määräävänä tekijänä

on lannoitteiden ja satotuotteiden hintasuhte (IHAMUOTILA 1970, COLLWELL 1974). Kunkin viljavuusluokan optimi saatiin yhtälöstä:

$$y' = \frac{Px}{Py}$$

missä y' = sadonlisäysyhtälön $y = a + b_1x + b_2x^2$ derivaatta

Px = lannoitteen sisältämän kasvinravinteiden hinta

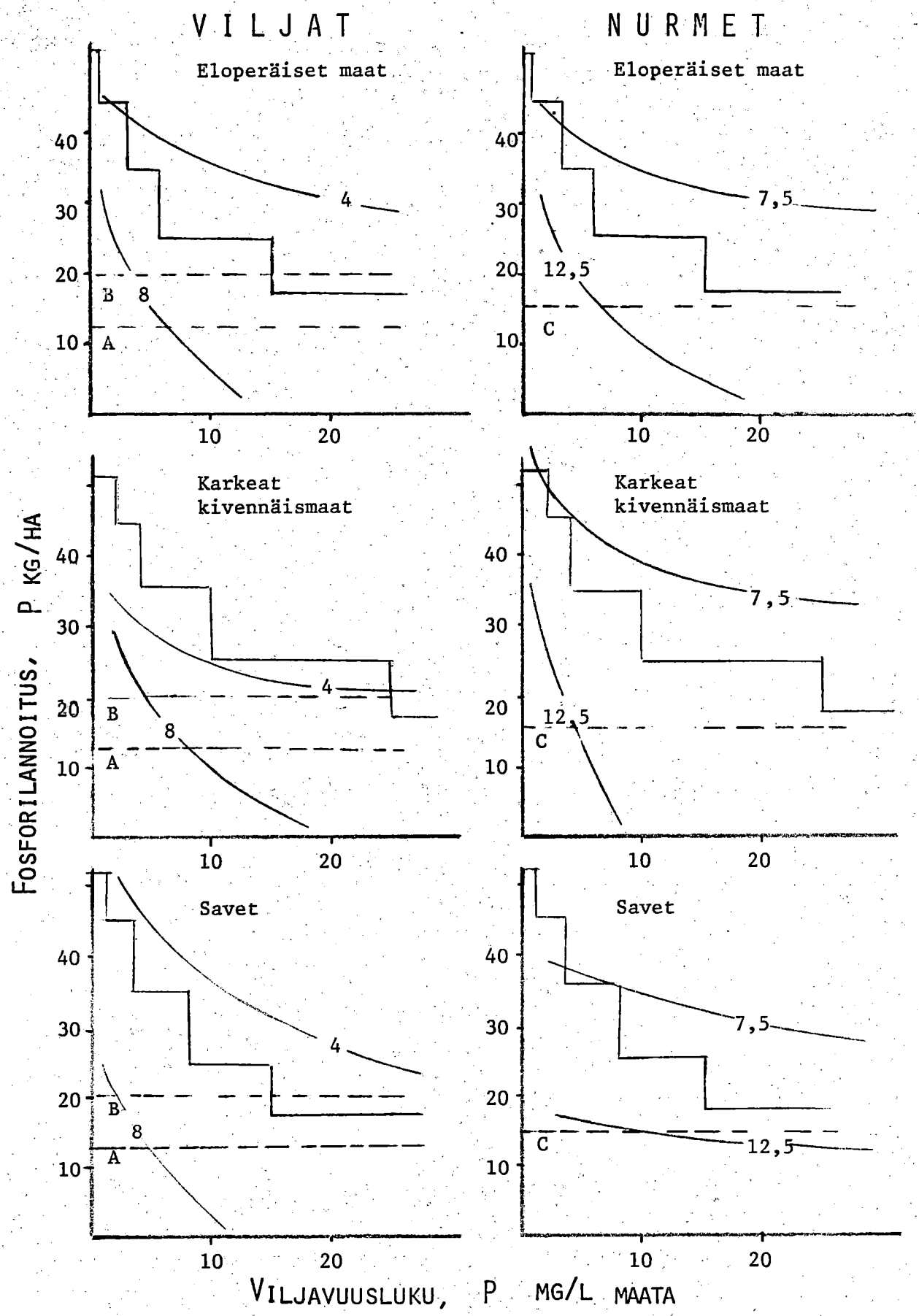
Py = satotuotteen hinta

Lannoitteiden ja satotuotteiden hintojen muutoksen vaikutusta taloudelliseen optimiin selvitettiin laskemalla lannoituksen optimi kahden eri hintasuhteen vallitessa. Lopuksi laskettiin optimilannoitemäärän ja maan viljavuusluvun välinen riippuvuus. Tulokset on esitetty kuvissa 5 ja 6, joihin on lisäksi piirretty portaina viljavuustutkimuksen tulokinnan mukaiset ravinemäärät. Lisäksi on kuvissa esitetty 3 000 kg/ha jyvä- ja 3 000 kg/ha olkisadon sisältämä fosfori- ja kaliummäärä katkoviivana. Nurmien sadon sisältämät fosfori- ja kaliummäärät on laskettu 5 000 kg/ha kuiva-ainesadon mukaan.

Vuonna 1970 lannoitefosforin ja vehnän hintasuhte oli 3,3 ohran ja kauran vastaava suhte oli 4,7 ja 5,3 (Taulukko 3). Tänä ajankohtana olivat viljavuustutkimuksen mukaiset lannoitesuosituksot eloperäisillä mailla ja savilla

Taulukko 3. Fosforin ja kaliumin sekä eräiden satotuotteiden hinnat vuosina 1970 ja 1977 sekä näiden suhteita (Pellervo-Seura ja Maatalouskeskusten liitto 1980).

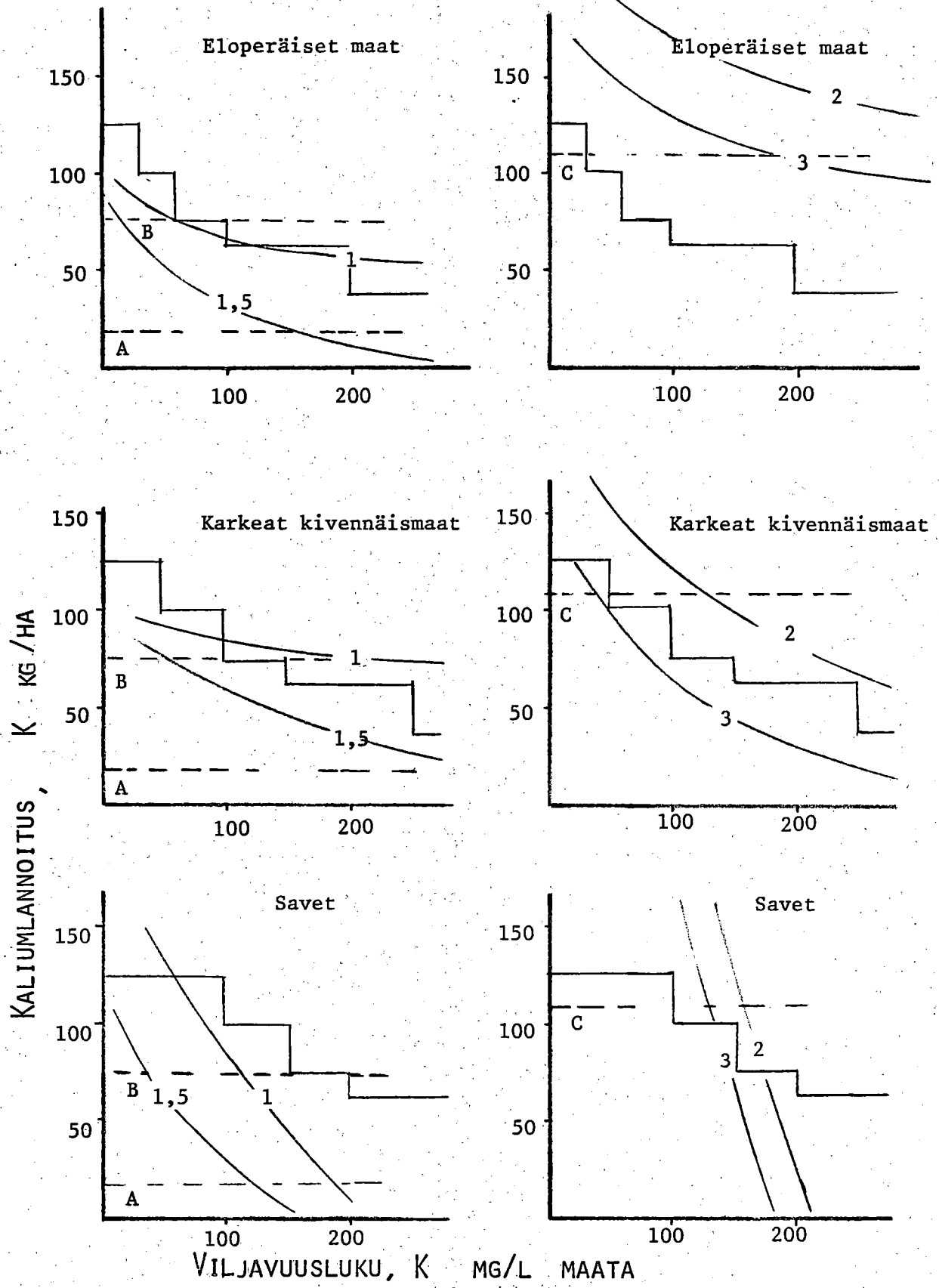
	1970	1977	suhde	$\frac{v.1977}{v.1970}$
Fosfori (P) mk/kg	2,02	6,46		3,2
Kalium (K) mk/kg	0,56	1,44		2,6
Vehnä mk/kg	0,61	0,87		1,4
Ohra "	0,43	0,74		1,7
Kaura "	0,38	0,64		1,7
Heinä "	0,27	0,51		1,9
Fosforin hinnan suhde				
vehnän hintaan	3,3	7,4		2,2
ohran "	4,7	8,7		1,9
kauran "	5,3	9,4		1,8
heinän "	7,5	13,0		1,7
Kaliumin hinnan suhde				
vehnän hintaan	0,9	1,7		1,9
ohran "	1,4	1,9		1,4
kauran "	1,5	2,3		1,5
heinän "	2,1	2,8		1,3



Kuva 5. Fosforilannoituksen taloudelliset optimit lannoitefosforin ja viljan hintasuhteen ollessa 4 ja 8, lannoitefosforin ja heinän hintasuhteen ollessa 7,5 ja 12,5, viljavuustutkimuksen mukaiset lannoitussuositukset portaina sekä 3000 kg:n jyväsadon sisältämä fosfori (A), 3000 kg:n olkisadon sisältämä fosfori (B) ja 5000 kg:n heinäsadon sisältämä fosfori (C).

VILJAT

NURMET



Kuva 6. Kaliumlannoituksen taloudelliset optimit lannoitekaliumin ja viljan hintasuhteen ollessa 1 ja 1,5, lannoitekaliumin ja heinän hintasuhteen ollessa 2 ja 3, viljavuustutkimuksen mukaiset kaliumlannoitussuosituksportaina sekä 3000 kg:n jyväsadon sisältämä kalium (A), 3000 kg:n olkisadon sisältämä kalium (B) ja 5000 kg:n heinäsadon sisältämä kalium (C).

samaa tasoa kuin kauran ja ohran optimilannoitemäärät. Vehnää kannatti lannoittaa suuremmillakin fosforimäärillä. Karkeitten kivennäismaitten suositus on sopiva vehnän lannoitukseen ko. ajankohtana.

Lannoitteiden hintojen kohottua 1970-luvulla satotuotteiden hintoja nopeammin on v. 1977 fosforin hinnan suhde vehnän hintaan ollut 7,4, ohran hintaan 8,7 ja kauran hintaan 9,4. Taloudellisesti edullisimmat lannoitemäärät näillä hintasuhteilla ovat kaikilla maalajeilla selvästi alempia kuin portaina kuvatut suositukset.

Lannoitefosforin ja heinän hintasuhte oli v. 1970 n. 7. Tulosten mukaan kaikilla maalajeilla taloudellisesti edullisin fosforimäärä oli suositeltua suurempi. Vuonna 1977 lannoitefosforin ja heinän hintasuhte oli 13. Tällöin taloudellisesti edullisimmat fosforimäärät olivat suositeltuja määriä alempia kaikilla maalajeilla.

Lannoitekaliumin hinnan suhde vehnän hintaan oli vuonna 1970 0,9. Ohran jakauran vastaava suhde oli 1,4 ja 1,5. Viljavuustutkimuksen tuloksin mukaiset lannoitemäärät vastaavat vehnänviljelyssä likimain taloudellisesti edullisimpia määriä edellä mainittuna ajankohtana. Rehuviljan viljelyssä taloudellisesti edullisimmat kaliummäärät olivat suosituksia alemmat kaikilla maalajeilla. Vuonna 1977 hintasuhteet olivat muuttuneet pienentäen taloudellisesti edullisimpia lannoitemääriä huomattavasti.

Vuonna 1970 kaliumin ja heinän hintasuhte oli 2,1. Tällöin eloperäisillä mailla olisi nurmia kannattanut lannoittaa paljon suositeltua suuremmillakin kaliummäärillä. Karkeitten kivennäismaitten suositus on v. 1970 hintasuhteiden vallitessa hyvin paikallaan. Savimailla vain alimmassa kaliumluokassa kaliumlannoituksella oli hyvä vaikutus ja siksi taloudellista optimia kuvaavat käyrät on lähes pystysuoria.

Heinän ja lannoitekaliumin hintasuhteen muutos on viime vuosina ollut verraten pieni eikä siksi muutos kaliumlannoituksen taloudellisessa optimissa ole kovin suuri v. 1970 ja 1977 välillä.

Kuvissa esitetyt taloudellisesti edullisimmat lannoitemäärät laskevat useimmissa tapauksissa hyvin nopeasti maan ravinnetason parantuessa jopa alle sadossa poistuvien määrien. Tässä tilanteessa on kuitenkin lannoitettava sellaisilla määrillä, jotka korvaavat häviöt. Riippuen siitä korjataanko myös olkisato vai pelkästään jyvät päädytään erilaisiin lannoitemääriin. Olkien vaikutus varsinkin kaliumin poistumaan on hyvin merkittävä.

Edellä esitetystä ilmenee, että lannoitteiden ja satotuotteiden hintasuhteella on suuri vaikutus taloudellisesti edullisimpiin lannoitemääriin. Käsiteltyjen kokeiden tuloksia ei tosin voida suoraan soveltaa nykyään yleiseen

kylvöläannoitukseen, missä ravinteiden teho on parempi ja taloudellisesti edullisimmat lannoitemäärät siten suurempia. Tämän vuoksi varmenpien lannoitussuosituksien laatimiseksi tulisi kerätä entistä enemmän tulosaineistoa eri olosuhteisiin perustetuista lannoituskokeista, jossa on useita koekasveja.

Kirjallisuutta

- COLWELL, J. D. 1974. The computation of optimal rates of application of fertilizers from quadratic response functions. Commonw. Scient. and Industr. Res. Org. Div. Soils Techn. Paper N:o 21
- IHAMUOTILA, R. 1970. The effect of increasing nitrogen fertilization on the economic result in corn production. Selostus: lisääntyvän typpilannoituksen vaikutuksesta maissintuotannon taloudelliseen tulokseen New Yorkin valtiossa. Maatal. Taloud. Tutkimusl. Julk. N:o 21
- PELLERVO-SEURA & MAATALOUSKESKUSTEN LIITTO 1980. Maatalouskalenteri 1980. 288 p.
- SIPPOLA, J. & MARJANEN, H. 1978. Viljavuusluokittaiset sadonlisäykset paikallisissa nousevien fosfori- ja kaliummäärien kokeissa. Maantutkimuslaitoksen tiedote N:o 3. 16 p.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä. Agrogeol. Julk. 63: 1-44.

