

Annales Agriculturae Fenniae

Maatalouden
tutkimuskeskuksen
aikakauskirja

Vol. 4, 3

Journal of the
Agricultural
Research
Centre

Helsinki 1965

ANNALES AGRICULTURAE FENNIAE

Maatalouden tutkimuskeskuksen aikakauskirja
Journal of the Agricultural Research Centre

TOIMITUSNEUVOSTO JA TOIMITUS
EDITORIAL BOARD AND STAFF

<i>E. A. Jamalainen</i>	<i>V. Kanervo</i>	<i>R. Manner</i>	<i>O. Ring</i>
<i>M. Salonen</i>	<i>M. Sillanpää</i>	<i>J. Säkö</i>	<i>V. Vainikainen</i>

O. Valle
Päätoimittaja
Editor-in-chief

V. U. Mustonen
Toimitussihteeri
Managing editor

Ilmestyy 4—6 numeroa vuodessa; ajoittain lisänidoksia
Issued as 4—6 numbers yearly and occasional supplements

SARJAT — SERIES

Agrogeologia, -chimica et -physica
— Maaperä, lannoitus ja muokkaus
Agricultura — Kasvinviljely
Horticultura — Puutarhanviljely
Phytopathologia — Kasvitaudit
Animalia domestica — Kotieläimet
Animalia nocentia — Tuhoeläimet

JAKELU JA VAIHTOTILAUKSET
DISTRIBUTION AND EXCHANGE

Maatalouden tutkimuskeskus, kirjasto, Tikkurila
Agricultural Research Centre, Library, Tikkurila, Finland

RIKKIPITOISTEN JA RIKITTÖMIEN MONIRAVINTEISTEN
LANNOITTEIDEN KÄYTTÖARVOA SELVITTELEVIÄ
TUTKIMUKSIA

Summary: Comparative studies on the effect of sulphur-containing and sulphur-free multi-nutrient fertilizers

MARTTI SALONEN, HILKKA TÄHTINEN, AARNE TAINIO,
TUOMAS KERÄNEN, EUGEN BARKOFF ja
RAILI JOKINEN

Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, Tikkurila

Saapunut 1. 6. 1965

Viljelystapojen voimaperäistyessä on yhä tärkeämpää selvittää, missä määrin lannoituksessa on otettava huomioon muutkin kuin tavanomaiset kolme pääravinnetta. Paitsi hivenravinteiden tarvetta on selvitettävä myös ns. sivuravinteiden, kalsiumin, magnesiumin ja rikin, maahan lisäämisen tarpeellisuus.

Viimeksi kuluneiden kahden vuosikymmenen huomattavimpia muutoksia väkilannoitealalla Suomessa on moniravinteisten lannoitteiden yleistyminen, jossa tärkeimpinä tekijöinä on ollut työn säästön ja käytännöllisyyden tavoittelu. Kun moniravinteisten lannoitteiden valmistus ja käyttö on ainakin meillä yhä verrattua, on alalla vielä paljon kehittämisen mahdollisuuksia. Olisi jatkuvasti pyrittävä yhä parempiin ja käytännöllisempiin moniravinteisiin lannoitteisiin.

Suurin osa meillä nykyisin kaupassa olevista moniravinteisista lannoitteista on tavallisista yksiravinteisista lannoitteista valmistettuja seoksia. Sellaiset voivat olla hyvin käyttökelpoisia, jos ne esim. ovat rakeistettuja kuten meillä jo on ollut usean vuoden ajan asian laita. On itsestään selvää, ettei tällaisessa tavarassa ole mahdollista yksityisten ravinteiden kohdalla päästä korkeisiin prosentteihin. Teknilliset näkökohdat, esim.

seoksen vetistymisen ja kovettumisen vaara, asettavat vielä eräitä rajoituksia. Niinpä typpi-osana eivät juuri tule kysymykseen muut kuin ammoniumsuolat, joilla voi olla maan happamuutta lisäävä vaikutus.

Meillä on kaupassa myös sellaista tyyppiä olevia moniravinteisiä lannoitteita, joihin jo valmistusprosessissa tulee useampia pääravinteita ja joissa päästään korkeisiin prosentteihin. Tärkeimmät tämän ryhmän lannoitteet on valmistettu ns. nitrofosfaattimenetelmällä. Näin saaduilla lannoitteilla ei ole maan happamuutta lisäävää vaikutusta, mutta niillä on vähemmän edullisina ominaisuuksina fosforin suhteellisen pieni määrä ja se, että fosfori joko ei ole ollenkaan tai on vain osittain vesiliukoista. Fosforin riittävää määrää ja liukoisuutta on kuitenkin pidettävä hyvin tärkeinä meikäläisissä ilmasto- ja maaperäoloissa ja käytettäessä meikäläisiä viljelystapoja. Lannoitteen fosforin riittävän vesiliukoisuuden merkitys lisääntyy vielä suuresti, jos lannoite rakeistetaan (van BURG 1963), kuten nykyisin jo yleisesti vaaditaan.

Hyvin huomioon otettava mahdollisuus valmistaa korkeaprosenttisia moniravinteisiä lannoitteita on ammoniumfosfaatin käyttö aineosana. Sen mukana saadaan runsaasti veteen liu-

kenevaa fosforia ja ammoniumtyyppiä. Jälkimmäistä on kuitenkin fosforiin verrattuna niin vähän, että tavallisimmin on tarpeen lisätä lannoitteeseen paitsi kalia myös tyyppiä. — Kum-

massakaan edellä mainitussa menettelytavassa ei tuotteeseen tule rikkiä valmistusprosessiin kuuluvana.

I. TUTKIMUSAINEISTO

Lähtökohdat ja tavoitteet

Moniravinteisten lannoitteiden käyttöarvon tutkiminen ja eri lajien vertailu koko laajuudessaan olisi ylivoimaisen laaja tehtävä. Erilaisia vaihtoehtoja on jo pelkästään kolmen pääravinteiden määrien ja määräsuhteiden puolesta hyvin paljon, mutta jos otetaan vielä eri muodot pääravinteista ja sivu- sekä mahdollisesti hivenravinteitakin mukaan, lisääntyy vaihtoehtojen lukumäärä vielä hyvin paljon. On lisäksi todettava, että tuskin on mahdollista valmistaa moniravinteisia lannoitteita sellaista sarjaa, että eroa olisi vain yhdessä ominaisuudessa, vaan muutos jossakin kohdassa aiheuttaa muutoksia muuallakin. Siten moniravinteisten lannoitteiden kokeilu on pakko rajoittaa koskemaan vain joitakin erityisen tärkeiksi katsottuja seikkoja.

Esilläolevassa työssä on toisiinsa verrattavien lannoitteiden pääravinteiden pitoisuudet pyritty saamaan sellaisiksi, että olisi mahdollista antaa jokaisessa kaikkia kolmea samat määrät. Milloin se ei ole ollut mahdollista, on ainakin tyypin, useimmiten tehokkaimmin vaikuttavan aineen, määrät järjestetty samoiksi.

Jonkin lannoitteen vaikutus voi olla erilainen eri paikkakunnilla, eri maalajeilla, eri kasvukausina ja eri viljelyskasveilla. Niinpä olisi saatava tietoja näistä kaikista, jotta voitaisiin vertailla eri lannoitteiden käyttökelpoisuutta.

Jotta lannoite olisi hyväksyttävä, ei sillä pitkänkään käyttöajan tuloksena saa olla mitään haitallista vaikutusta maahan. Siten on aina tarpeen selvittää lannoitteiden jatkuvan käytön vaikutukset satotasoon ja viljelysmaan ominaisuuksiin. Niinpä tähänkin tutkimusohjelmaan otettiin mahdollisimman monia uusintalannoituskokeita, joiden käynnissäolon ajaksi määrättiin 5 vuotta.

Sadoissa on määrän ohella tärkeää myös laatu. Suomen oloissa on rehusatojen laadulla erityisen suuri merkitys. Siten tutkimusohjelmaan otettiin myös nurmisatojen kasvilajikoostumuksen ja satojen kasvinravinnepitoisuuden selvitys. Viimeksi mainittu voi antaa myös tietoja lannoitteissa olevien eri aineiden käyttökelpoisuudesta kasveille.

Koelannoitteet

Koetyyppi 1. Kokeita varten valmisti Rikihappo Oy sarjan koelannoitteita. Diammoniumfosfaatista ja kalisuolasta valmistetusta rikittömästä seoksesta käytetään tässä lyhennysmerkkiä Yd, ja seoksesta, johon on lisätty kipsiä sellainen määrä, että se rikkipitoisuuden puolesta vastaa superfosfaattiseosta, lyhennysmerkkiä Ydk. Tavanomaiseen seoslannoitetyyppiin vertaamista varten valmistettiin superfosfaatista, montansalpietarista ja kalisuolasta samantapainen seos kuin kaupassa esiintyvä ns. normaali Y-lannos, lyhennysmerkki Yn. Sen ravinnesuhteet ovat samat kuin koelannoitteissa Yd ja Ydk.

Koetyyppi 2. Kun oli tarkoitus tutkia myös meillä valmistettavien nitrofosfaattipohjalla olevien moniravinteisten lannoitteiden arvoa ja niiden rikittömyyden merkitystä, otettiin mukaan Typpi Oy:n valmistama ns. Oulun Y-lannos, lyhennysmerkki Yo, joka oli kokeissa 1959. Kun Typpi Oy ryhtyi valmistamaan toisenlaista nitrofosfaattituotetta, ns. Oulun väkevää Y-lannosta, lyhennysmerkki Yov, jossa fosforia on runsaammin ja se osittain veteen liukevaa, otettiin se näihin kokeisiin. V. 1960, jolloin Typpi Oy:n uutta tuotetta ei vielä saatu kevääksi, tehdas toimitti kokeita varten erän

Taulukko 1. Kokeissa eri vuosina käytettyjen lannoitteiden ravinnepitoisuudet ja niissä annetut määrät kg/ha tasolla 1.
Tasolla 2 määrät olivat kaksinkertaiset

Table 1. Plant nutrient contents of fertilizers used in the trials as well as quantities of minerals applied to the fields using rate 1.
The amounts in rate 2 were double.

		Ravinnemäärät % Mineral content %			Lannoitetta Fert. kg/ha	kg/ha				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	
Koetyyppi 1 — Trial type 1										
1959	tavallinen seoslannoite — <i>conventional multi-nutrient fertilizer</i>	Yn	5.0	13.7	9.6	500	25	69	48	41
	diammoniumfosfaattia käyttäen tehty koelannoite — <i>trial fertilizer using diammonium phosphate</i>	Yd	10.0	25.6	20.2	250	25	64	51	0
	kuten edellä, mutta lisätty kipsiä — <i>same as above, but with gypsum</i>	Ydk	5.9	15.2	11.4	420	25	64	48	42
1960		Yn	5.5	13.7	10.0	450	25	62	45	38
		Yd	9.8	25.4	19.9	250	25	64	50	0
		Ydk	5.9	15.6	12.4	420	25	66	52	43
1961		Yn	5.2	13.7	9.8	480	25	66	47	40
		Yd	10.0	25.5	20.2	250	25	64	51	0
		Ydk	5.9	15.9	12.7	420	25	67	53	42
1962		Yn	5.6	13.6	10.3	450	25	61	46	38
1963	(kiinteät koekentät)	Yd	10.1	25.6	20.1	250	25	64	50	0
		Ydk	5.8	15.6	12.6	430	25	67	54	43
1963	(koeasemat ja paikalliskokeet)	Yn	5.2	13.3	10.1	480	25	64	48	37
		Yd	10.1	23.6	19.5	250	25	59	49	0
		Ydk	5.8	14.7	11.8	430	25	63	51	40
Koetyyppi 2 — Trial type 2										
1959	superfosfaatista, amm. nitr. ja kalisuolasta tehty seos — <i>mixture of superphos., ammon. nitr. and pot.salt</i>	Yan	11.3	8.8	16.0	440	50	39	70	25
	nitrofosfaattimenetelmällä tehty moniravinteinen lannoite — <i>trial fertilizer made by nitrophosphate method</i>	Yo	12	9	17	420	50	38	71	2
1960		Yan	8.8	11.4	13.3	580	51	66	77	42
	ulkom. — <i>foreign</i>	Yov	12.1	14.5	19.2	420	51	61	81	
1961		Yan	8.8	11.0	13.1	580	51	64	76	41
		Yov	12	15	18	420	50	63	76	2
1962		Yan	8.9	11.9	12.6	580	52	69	73	44
1963	(kiinteät koekentät)	Yov	12	15	18	420	50	63	76	2
1963	(koeasemat ja paikalliskokeet)	Yan	9.0	11.4	13.3	560	50	64	74	40
		Yov	12	15	18	420	50	63	76	2

Hollannissa valmistettua vastaavaa lannoitetta. Muina vuosina on kokeissa käytetty Typpi Oy:n kauppaa varten valmistamaa tuotetta Yov. Lukuun ottamatta taulukkoa 1 ja eräitä kohtia tekstissä merkitään tässä kirjoituksessa yleensä yksinkertaisuuden vuoksi pelkästään Yov, mutta

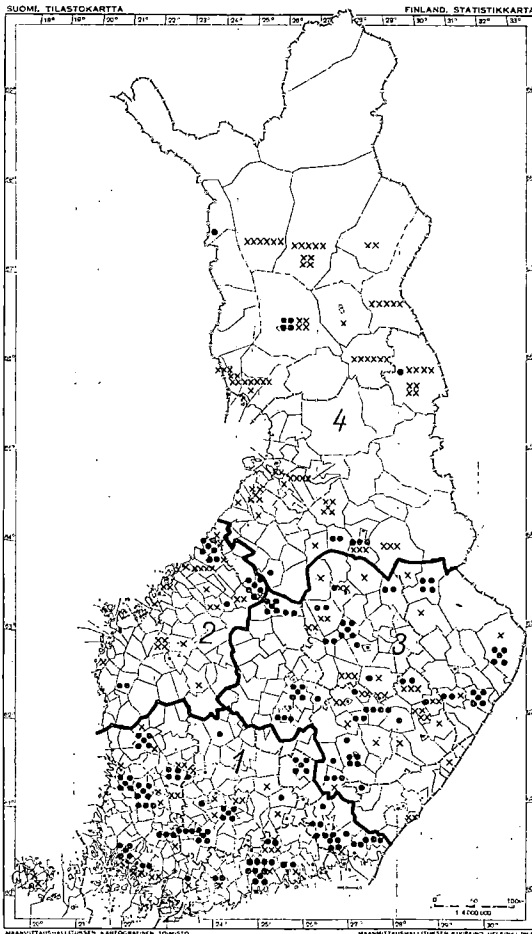
on huomattava, että kokeissa 1959 sen tilalla oli lannoite Yo. Nitrofosfaattimenetelmällä valmistetun tuotteen vertaamiseksi vesiliukoista fosforia ja rikkiä sisältävään lannoitteeseen Rikkihappo Oy valmisti ammoniumnitraatista, superfosfaatista ja kalisuolasta koelannoitteen, jossa

ravinteiden suhteet ovat samat kuin Typpi Oy:n tuotteissa. Tästä lannoitteesta on käytetty lyhenysmerkkiä Yan. — Kaikki kokeissa käytetyt lannoitteet ovat olleet rakeistettuja.

Koelannoitteiden kasvinravinnepitoisuudet on määritetty laboratoriossamme ja niiden on to-

dettu vastaavan valmistajien ilmoittamia. Ne esitetään taulukossa 1, johon on merkitty myös alemmalla lannoitustasolla annetut ravinnemäärät kg/ha. Kuten nähdään, Typpi Oy:n tuotteissa Yo ja Yov on ollut pienet määrät rikkiä.

Kenttäkokeiden suunnitelmat



Kuva 1. Aluejako ja koekenttien sijainti. Alueista käytetään seuraavia nimityksiä: 1. Etelä-Suomi, 2. Pohjanmaa, 3. Sisä- ja Itä-Suomi, 4. Pohjois-Suomi. Koetyyppi 1:n mukaiset kokeet on ilmaistu pisteillä ja koetyyppi 2:n mukaiset kokeet risteillä. Yksi merkki ilmaisee aina yhtä vuotuisia koesatoa; 5 (4) merkkiä säännöllisessä ryhmässä merkitsee taulukossa 7 esitettyjä monivuotisia kokeita.

Fig. 1. Regions and location of experimental fields. The four regions are: 1. southern Finland, 2. Ostrobothnia, 3. central and eastern Finland, 4. northern Finland. The type 1 trials are designated by a dot and those of type 2 by a cross. One such mark indicates one annual harvest; 4 or 5 marks together denote the long-term trials shown in Table 7.

Kenttäkokeita suunniteltiin kaksi eri tyyppiä, nim. tyyppi 1, jossa verrataan diammoniumfosfaatista valmistettua rikitöntä lannoitetta Yd rikkiä sisältävään, mutta muuten vastaavaan lannoitteeseen Ydk ja tavanomaiseen seostyyppiin Yn, sekä tyyppi 2, jossa verrataan nitrofosfaattimenetelmällä valmistettua rikitöntä lannoitetta (Yo) Yov tavanomaiseen superfosfaattiseokseen Yan. Koetyyppiä 2 oli kaksi muotoa, suppea ja laaja. Edellisessä, jota järjestettiin paikalliskokeina, oli mukana vain mainitut koelannoitteet, mutta jälkimmäisessä laajassa muodossa oli lisäksi koejäsenet, joissa lannoite (Yo) Yov oli täydennetty kipsillä. Lannoitusmääriä, -tasoja, otettiin kaksi (merkitty taulukoissa alaindeksillä 1 ja 2 tai 2 ja 4), jotka koetyypissä 1 olivat tyypimääriä 25 ja 50 kg/ha vastaavat ja koetyypissä 2 tyypimääriä 50 ja 100 kg/ha vastaavat. Koetyyppi 2:een järjestettiin kaksi kertaa runsaammat lannoitukset sen vuoksi, että se oli tarkoitettu lähinnä Pohjois-Suomeen, jossa erityisesti nurmilla tarvitaan runsasta lannoitusta. Koesuunnitelmiin sisältyi tietenkin myös lannoittamaton koejäsen. Kaikissa kokeissa olivat kaikki koejäsenet neljänä kerran teena.

Koekenttien sijainti eri puolilla Suomea esitetään kartassa (kuva 1).

Koekenttinä käytettyjen maiden kasvukunnosta antavat käsityksen taulukossa 2 esitetyt luvut. Ne on saatu, kun on analysoitu kokeen perustamisen yhteydessä otettuja ns. yleisnäytteenä. Kaikista kentistä valitettavasti ei ollut käytettävissä ko. näytteitä. Saadut viljavuusluvut ovat lähellä meillä tavallisia arvoja, mutta fosforin kohdalla hieman keskimääräistä korkeampia (vrt. esim. KURKI 1963).

Taulukko 2. Maa-analyysilukuja koekentistä kokeiden alkaessa

Table 2. Soil analyses of fields at start of trials

	Kenttien lukum. No. of fields	pH-Juku vedessä pH in water	Vaihtuva kalkki kals.karb. Exch. calcium as calc.carb. tn/ha	Vaihtuva kali 40 % kalis. Exch. pot. as 40 % KCl kg/ha	Liuk. fosf. 18 % superph. Soluble phos. as 18 % superph. kg/ha
Koetyyppi 1 — Trial type 1					
Alue 1, Etelä-Suomi Region 1, southern Finland	31	5.6	11.4	1 070	150
» 2, Pohjanmaa 2, Ostrobothnia	8	5.6	7.5	800	190
» 3, Sisä- ja Itä-Suomi 3, central + eastern Finland	31	5.5	8.1	630	170
» 4, Pohjois-Suomi 4, northern Finland	4	5.2	7.8	500	95
Koetyyppi 2 — Trial type 2					
Alue 1, Etelä-Suomi	23	5.6	10.5	1 020	160
» 2, Pohjanmaa	17	5.2	5.7	570	150
» 3, Sisä- ja Itä-Suomi	28	5.7	6.5	840	180
» 4, Pohjois-Suomi	33	5.1	7.7	660	200

Kasvukausien sääolot koevuosina

Kun kokeita on ollut eri puolilla Suomea, on pakko tyytyä kuvaamaan sääolot vain pääpiirtein.

1959 kasvukausi oli kuiva lähes koko maassa, mutta eniten tuntui kuivuus lounais-Suomessa, alue 1 kartassa 1. Keväällä oli harvinaisen kovia halloja melkein koko maassa, mutta ankarimpina pohjois-Suomessa, alue 4, jossa niitä oli uudelleen kesäkuun lopussa ja elokuussa. Keväthallat eivät aiheuttaneet kovinkaan suurta tuhoa, vaikka kaatoivatkin kevätiljojen oraat, mutta kesäkuun lopun hallat alueella 4 olivat hyvinkin vahingollisia.

1960 kasvukausi oli sekä lämpötilan että sateiden puolesta edullinen koko maassa.

1961 kasvukaudesta on sanottava suunnilleen samaa kuin edellisestä.

1962 kasvukausi oli epäedullisin koko koeaikana ja vaikeampi kuin vuosikymmeniin. Lukuun ottamatta aivan alkukesää oli koko kasvukausi kaikkialla maassa pilvinen ja kolea, minkä vuoksi kasvillisuuden kehitys oli hidasta. Halloja esiintyi elokuun lopulla ja syyskuussa varsinkin pohjois-Suomessa, alueella 4. Loppukesän ja syksyn runsaat sateet vaikeuttivat myöhästyneen sadon korjuuta suuresti.

1963 kasvukausi oli riittävän lämmin, eivätkä hallat häirinneet muualla kuin alueella 4. Sen sijaan kuivuus oli haitallinen alueella 1.

Kokeiden käynnissä olon aikaisen 5-vuotiskauden sääoloista voidaan sanoa, että ne kokonaisuudessaan ovat lähellä Suomen keskimääräisiä sääoloja.

Analyseissa käytetyt menetelmät

Maanäytteistä on kalkki-, kali- ja fosforimääritykset tehty ammoniumasetaattimenetelmällä (VUORINEN ja MÄKITE 1955). pH-lukujen määritykset on tehty sekä tavalliseen tapaan vesili-

toksesta että 1 n kaliumkloridilietoksesta suhteessa maa:neste 1 : 2.5.

Maan liukoisen rikin määrittystä varten tehtiin ututto 0.02 n kalsiumkloridiliuoksella suhteessa

maa:uuttoneste 1 : 10. Uutteesta määritettiin sulfaatti kolorimetrisesti käyttäen bariumkromaattia (NÉMETH 1963).

Maan orgaanisen rikin ja liukoisen rikin summan, tässä lyhyesti totaalirikin, määrityksessä käsiteltiin maaerä magnesiumnitraattiliuoksella ja poltettiin varovasti sähköuunissa 450 °C

(Official . . . 1960, s. 84). Tuhka uutettiin suolahapolla ja uutteesta määritettiin piihapon poistamisen jälkeen sulfaatti painoanalyttisesti bariumsulfaattina.

Kasviaineksen analysoinnissa on käytetty samoja menetelmiä kuin laitoksessamme on käytetty aikaisemmin (SALONEN ym. 1962).

II. TUTKIMUSTULOSTEN ESITTELY

Koko kenttäkoeaineisto

Kun koekenttiä ja vuotuisia koesatoja on niinkin suuri määrä kuin tässä, on yksityisten kokeiden tuloksien esittäminen mahdollista vain erikoistapauksissa. Sellaisia ovat muutamat 5(4) vuotta käynnissä olleet uusintalannoituskokeet (taul. 7). Aluksi tarkastellaan mahdollisimman laajan aineiston keskiarvoja, joihin otetaan mukaan kaikki vuotuiset koetulokset riippumatta siitä, onko kysymyksessä yksi- vai monivuotinen koe. Koesadot on tarkastelun helpottamiseksi muunnettu rehuyksiköiksi tavanomaisia kertoimia käyttäen. Nurmista on otettu mukaan ensimmäisessä niitossa saadut heinäsadot ja korsiviljoista jyväsadot (poikkeuksina monivuotiset kokeet no 5 ja 24, taul. 7, joiden kohdalla on v:n 1959 puimaton ohrasato laskettu rehuyksiköiksi).

Koeaineiston käsittelyssä on käytetty tavanomaisia tilastomatemattisia menetelmiä. Luotettaviksi on katsottu kaikki vähintään 95 %:n todennäköisyysrajan ylittävät tulokset. Koekenttien sisäinen vaihtelu (kerranteet) on yhdistelmissä jätetty huomioon ottamatta. Koelannoitteiden vaikutus verrattuna lannoittamattomaan on kaikissa yhdistelmissä ollut tilastollisesti erittäin merkitsevä. Päähuomio on tässä kiinnitetty eri lannoitelajien vaikutusten välisten erojen merkitsevyyden selvittämiseen. Niitä koskevien testien tulokset esitetään taulukoiden 4, 5 ja 7 oikeassa laidassa. Taulukossa 7 esitettyjen maajiryhmien keskiarvojen eroja ei ole tilastollisesti testattu.

Vaikutus eri osissa Suomea. — Jotta kokeiden lukumäärät ryhmissä eivät jäisi kovin pieniksi,

Taulukko 3. Kokeissa saadut satotulokset eri osissa Suomea ry/ha

Table 3. Yields (f.u./ha) of trials in different regions of Finland

	Koesatojen lukum. No. of harvests	Sato ilman lannoitusta Yield without fert.	Lannoituksen antama sadonlisäys Yield increase with fertilization					
			lann. taso 1 rate 1			lann. taso 2 rate 2		
			rikki S	ei rikkiä no S	rikki S	rikki S	ei rikkiä no S	rikki S
Koetyyppi 1 — Trial type 1	Lannoitteet: Fertilizers:		Yn ₁	Yd ₁	Ydk ₁	Yn ₂	Yd ₂	Ydk ₂
Alue 1, Etelä-Suomi	87	2 027	343	338	374	610	589	591
» 2, Pohjanmaa	16	1 582	511	525	608	906	911	913
» 3, Sisä- ja Itä-Suomi	66	1 835	428	449	462	738	742	749
» 4, Pohjois-Suomi	12	1 411	587	479	576	979	820	1 059
Koetyyppi 2 — Trial type 2	Lannoitteet: Fertilizers:		Yan ₂	Yov ₂		Yan ₄	Yov ₄	
Alue 1, Etelä-Suomi	35	1 784	590	567		819	783	
» 2, Pohjanmaa	24	1 796	901	777		1 218	1 182	
» 3, Sisä- ja Itä-Suomi	39	1 839	752	665		1 059	941	
» 4, Pohjois-Suomi	80	1 308	927	848		1 250	1 167	

Taulukko 4. Kokeissa saadut satotulokset eri maalaajeilla ry/ha
 Table 4. Yields (f.u./ha) of trials grouped according to soil type

	Koe- satojen lukum. <i>No. of harvests</i>	Sato ilman lannoit- tusta <i>Yield without fert.</i>	Lannoituksen antama sadonlisäys <i>Yield increase with fertilization</i>						Merkitsevyydet ¹⁾ <i>Significance¹⁾</i>					
			lann. taso 1 <i>rate 1</i>			lann. taso 2 <i>rate 2</i>			lann. laji <i>kind of fert.</i>	lann. määrä <i>rate of fert.</i>	laji × määrä <i>kind × rate</i>			
			rikki <i>S</i>	ei rikkiä <i>no S</i>	rikki <i>S</i>	rikki <i>S</i>	ei rikkiä <i>no S</i>	rikki <i>S</i>						
Koetyyppi 1 — <i>Trial type 1</i>														
			Lannoitteet: <i>Fertilizers:</i>			Y _{N1}	Y _{D1}	Y _{Dk1}	Y _{N2}	Y _{D2}	Y _{Dk2}			
Hietamaat — <i>Finesand soils</i>	66	1 898	384	433	427	713	739	735	**	***				
Hiesu- ja savimaat — <i>Silt and clay soils</i>	65	1 830	363	351	402	640	595	613	(*)	***				
Multa- ja turvemaat — <i>Humus and peat soils</i>	50	1 882	479	433	503	771	737	775	**	***				
Keskim. — <i>Average</i>	181	1 869	403	403	439	703	687	702		***				
Koetyyppi 2 — <i>Trial type 2</i>														
			Lannoitteet: <i>Fertilizers:</i>			Y _{N2}	Y _{Ov2}	Y _{Ov2} + kipsi <i>gypsum</i>	Y _{N4}	Y _{Ov4}	Y _{Ov4} + kipsi <i>gypsum</i>			
Laaja muoto — <i>Extensive form</i>														
Hietamaat	3	1 333	629	455	639	845	830	851					*	
Hiesu- ja savimaat	4	1 884	937	794	808	1 446	1 333	1 276				**	***	
Multa- ja turvemaat	36	1 211	884	841	915	1 150	1 055	1 075				**	***	
Keskim.	43	1 282	871	809	886	1 157	1 065	1 078	***	***				
Suppea muoto + vastaavat koejäsenet laajasta muodosta <i>Limited form + corresponding treatments from extensive form</i>														
Hietamaat	59	1 820	726	617		1 011	929		***	***				
Hiesu- ja savimaat	32	1 858	649	627		919	890		***	***				
Multa- ja turvemaat	87	1 322	944	871		1 267	1 179		***	***				
Keskim.	178	1 584	819	743		1 120	1 044		***	***				

¹⁾ Taulukoissa 4, 5, 7, 9 ja 11 on tilastolliset merkitsevyydet ilmaistu seuraavasti:

- * melko merkitsevä, todennäköisyys 95—99 %
- ** merkitsevä, » 99—99,9 »
- *** erittäin merkitsevä, » yli 99,9 »

The significance symbols used in Tables 4, 5, 7, 9 and 11 are as follows:

- * signif. at probability 95—99 %
- ** » » 99—99,9 »
- *** » » above 99,9 »

on maa jaettu mahdollisimman harvoin alueisiin. Niiden rajat esitetään kartassa kuva 1. Rajojen vetämisessä on pääpiirtein seurattu maanviljelysseurojen alueiden rajoja. Koekentät on ilmoitettu merkeillä ao. kunnan kohdalla. Eri alueiden keskiarvot esitetään kummastakin koetyypistä taulukossa 3 (tyypistä 2 vain suppeaa koemuotoa vastaavat tulokset kaikista kokeista).

Lannoittamattomalta alalta saadut sadot ovat eteläisillä alueilla suuremmat kuin pohjoisilla, mutta lannoitusten vaikutus on pohjoisessa suu-

rempi kuin etelässä. Muuta johdonmukaisuutta näistä luvuista tuskin löytääkään koetyyppi 1:n kohdalla. Koetyyppi 2:ssa näyttää lannoite Y_{ov} jäävän jälkeen lannoite Y_N:stä.

Vaikutus eri maalaajeilla. — Taulukosta 4 nähdään, että koetyyppi 1:n mukaisten kokeiden lannoittamattoman koejäsenen keskisato tulee lähes samaksi kaikissa maalariryhmissä. Eri koelannoitteiden antamissa sadonlisäyksissä herättää huomiota diammoniumfosfaattiseoksen (Y_D) hyvä vaikutus hietamailla, joilla kipsilisäyksellä ei näytä olevan vaikutusta (Y_{Dk}). Hiesu- ja savi-

Taulukko 5. Kokeissa saadut satotulokset eri kalenterivuosina ry/ha

Table 5. Yields (f.u./ha) of trials in different years

	Koe- satojen lukum. <i>No. of harvests</i>	Sato ilman lannoit- tusta <i>Yield without fert.</i>	Lannoituksen antama sadonlisäys <i>Yield increase with fertilization</i>						Merkitsevydet <i>Significance</i>			
			lann. taso 1 <i>rate 1</i>			lann. taso 2 <i>rate 2</i>			lann. laji <i>kind of fert.</i>	lann. määrä <i>rate of fert.</i>	laji × määrä <i>kind × rate</i>	
			rikki <i>S</i>	ei rikkiä <i>no S</i>	rikki <i>S</i>	rikki <i>S</i>	ei rikkiä <i>no S</i>	rikki <i>S</i>				
Koetyyppi 1 — Trial type 1												
			Lannoitteet: <i>Fertilizers:</i>									
			Yn ₁	Yd ₁	Ydk ₁	Yn ₂	Yd ₂	Ydk ₂				
1959	40	1 539	319	290	327	570	535	582			***	
1960	43	2 106	408	395	432	659	643	638			***	
1961	37	2 033	378	389	419	629	581	605			***	
1962	32	2 007	490	548	553	877	910	918			***	
1963	29	1 611	446	430	505	855	849	852			***	
Koetyyppi 2 — Trial type 2												
			Lannoitteet: <i>Fertilizers:</i>			Yov ₂ + kipsi <i>gypsum</i>			Yov ₄ + kipsi <i>gypsum</i>			
			Yan ₂	Yov ₂		Yan ₄	Yov ₄					
1959 (Yo)	4	1 382	499	306	294	941	536	598	**		***	
1960 (Yov)	7	1 513	992	825	997	1 244	998	1 126			*	
1961 »	11	1 159	657	668	692	763	803	775			***	
1962 »	11	1 477	859	803	930	1 086	1 030	1 001			***	
1963 »	10	1 000	1 184	1 163	1 210	1 694	1 652	1 654			***	
Suppea muoto + vastaavat koejäsenet laajasta muodosta												
<i>Limited form + corresponding treatments from extensive form</i>												
1959 (Yo)	38	1 566	767	667		1 143	991		***		***	
1960 (Yov)	50	1 657	774	676		1 049	990		***		***	
1961 »	40	1 677	705	687		887	849				***	
1962 »	27	1 639	987	897		1 278	1 202		**		***	
1963 »	23	1 225	1 002	932		1 453	1 404		*		***	

maiden samoin kuin multa- ja turvemaidenkin ryhmässä on diammoniumfosfaattiseoksen vaikutus ollut hieman huonompi kuin tavanomaisen lannoitteen (Yn), mutta kipsilisäys näyttää saattavan nämä lannoitteet samanarvoisiksi. Lannoitelajien antamien sadonlisäysten välisille eroille tulee eri maalajiryhmissä tilastollisia merkitsevyyksiä. Kaikkien kokeiden keskiarvoille sitä ei kuitenkaan tule, koska koelannoitteet ovat vaikuttaneet eri tavoin eri maalajeilla.

Koetyyppi 2:n tuloksien tarkastelua vaikeuttaa kokeiden jakautuminen kahteen muotoon, laajaan ja suppeaan. Aineistossa, johon on voitu yhdistää kummankin muodon tulokset, näyttää nitrofosfaattimenetelmän mukainen rikitön lannoite Yov antaneen hieman huonomman tuloksen kuin Yan. Hiesu- ja savimaiden ryhmässä ero on pieni ja jää vaille merkitsevyyttä. Laajan

koemuodon tulosten mukaan on kipsilisäys kuitenkin saattanut lannoitteen Yov samanarvoiseksi kuin vertailuperusteena olleen superfosfaattiseoksen Yan. On luultavaa, että lannoitteen Yov sisältämällä pienellä rikkimäärällä on osuutta siihen, ettei kipsilisäys vaikuta, kun on kysymyksessä lannoitemäärät 4.

Vaikutus eri kalenterivuosina. — Taulukossa 5 esitetään satotulokset kalenterivuositain. Ilman lannoitusta saadut sadot ovat olleet alhaisimmat vuosina 1959 ja 1963, mutta koetyyppi 2:n laajassa muodossa on myös 1961 ollut alhainen satotaso. Tähän oli ainakin osaksi syynä keväällä maassa ollut erityisen syvä routa alueella 4 (kartta 1), jossa nämä kokeet yhtä (koe 21) lukuun ottamatta sijaitsivat. On yleinen säännönmukaisuus, että jos sato ilman lannoitusta on pieni, muodostuu lannoituksen vaikutus voimakkaaksi. V:n 1959 tulokset eivät kuitenkaan

Taulukko 6. Kokeissa saadut satotulokset eri kasvilajeista ry/ha

Table 6. Yields (f.u./ha) of trials according to crop

	Koesatojen lukum. No. of harvests	Sato ilman lannoitusta Yield without fert.	Lannoituksen antama sadonlisäys Yield increase with fertilization					
			lann. taso 1 rate 1			lann. taso 2 rate 2		
			rikki S	ei rikkiä no S	rikki S	rikki S	ei rikkiä no S	rikki S
Koetyyppi 1 — Trial type 1								
		Lannoitteet: Fertilizers:	Yn ₁	Yd ₁	Ydk ₁	Yn ₂	Yd ₂	Ydk ₂
Korsiviljat, jyviä — Cereals, grain yield	53	1 815	388	371	395	650	631	608
Nurmet, 1. niitto, heiniä — Leys, first cut	128	1 892	408	416	457	724	709	741
Koetyyppi 2 — Trial type 2								
		Lannoitteet: Fertilizers:	Yan ₂	Yov ₂	Yov ₂ + kipsi gypsum	Yan ₄	Yov ₄	Yov ₄ + kipsi gypsum
Laaja muoto — Extensive form								
Korsiviljat, jyviä — Cereals, grain yield	11	1 304	595	499	545	820	712	743
Nurmet, 1. niitto, heiniä — Leys, first cut	32	1 274	966	916	1 003	1 273	1 187	1 190
Suppea muoto + vastaavat koejäsenet laajasta muodosta Limited form + corresponding treatments from extensive form								
Korsiviljat, jyviä — Cereals, grain yield	16	1 458	604	550		845	805	
Nurmet, 1. niitto, heiniä — Leys, first cut	162	1 596	839	761		1 145	1 067	

ole sen mukaiset, vaan myös koelannoitusten vaikutukset ovat silloin jääneet pieniksi.

Koetyyppi 1:ssä eri koelannoitteiden keskimääräiset vaikutukset ovat olleet kaikkina vuosina siinä määrin samanlaisia, ettei merkitseviä eroja tule eri lannoitelajien välille. Siihen vaikuttaa osaltaan varmaankin eri maalajeilla saatujen tulosten yhdistäminen (vrt. taul. 4).

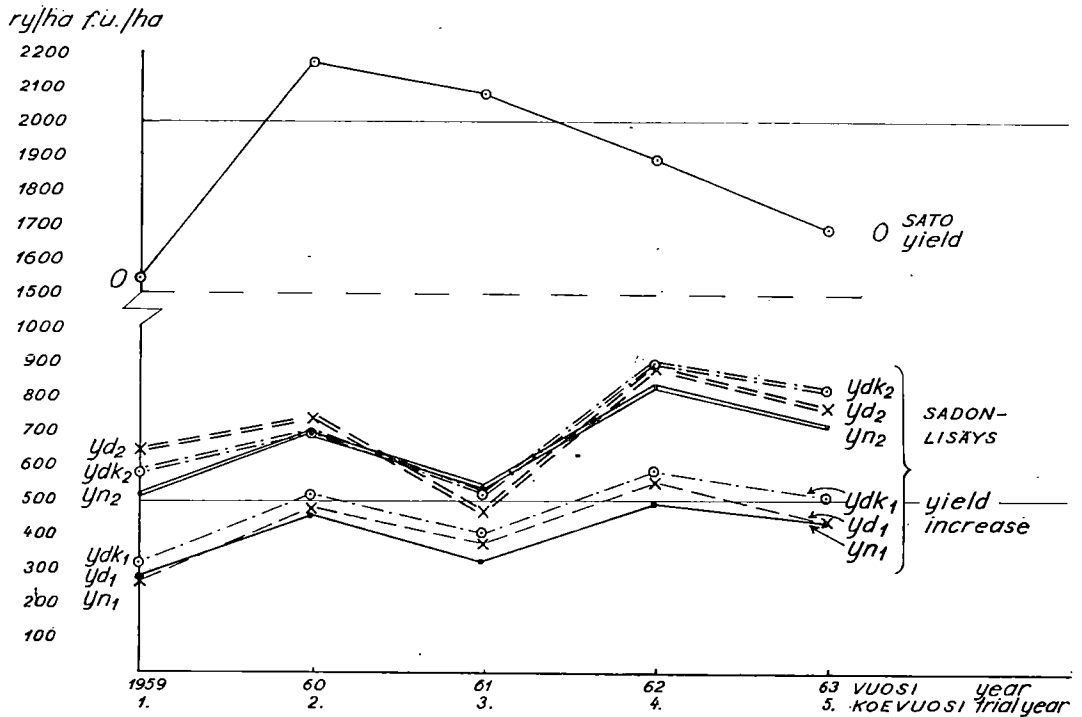
Toisin on koetyyppi 2:ssa, vaikka siinä vertailuja vaikeuttaakin kokeiden jakautuminen kahteen muotoon. Vuotta 1961 lukuunottamatta koelannoite Yan on antanut parempia tuloksia kuin Yov. Täydennys kipsillä on voinut parantaa Yov:n vaikutusta, mutta ei aina.

Vuonna 1959 on koelannoite Yan:n paremmuus ollut suurempi kuin muulloin. On huomattava, että silloin oli kokeissa lannoite Yo; jonka fosforista vain pieni osa on vesiliukoista, kun muulloin on ollut lannoite Yov, jonka fosforista ilmoitetaan 40 % olevan veteen liukevaa.

Muina vuosina lannoitteiden Yov ja Yan välillä ei ole ollut näin selvää eroa eikä 1961 ollenkaan. Selvimpänä ja varmimpana tulee koelannoite Yan:n paremmuus näkyviin suppean koemuodon aineistossa. Valitettavasti siitä ei selviä, johtuuko ero rikistä vai muista tekijöistä. Laajan koemuodon tuloksista nähdään, että rikin lisääminen useimmiten on tasoittanut eron.

Eri kasvilajien subtautumisesta koelannoitteisiin saadaan aineistosta vain kovin niukasti tietoja. Taulukossa 6 esitetään tulokset ryhmiteltynä korsiviljoilla ja nurmilla saatuihin.

Ilman lannoitusta saadut sadot ry/ha ovat kutakuinkin samat molemmissa ryhmissä, kun korsiviljoista on otettu huomioon jyväsadot ja nurmista 1. niitossa saadut heinäsadot. Lannoitusten antamat sadonlisäykset ry ovat olleet heinällä suuremmat kuin korsiviljoilla. Suhtautumisessa eri lannoitelajeihin ei voi nähdä mitään johdonmukaisia eroja.



Kuva 2. Keskimääräiset vuosittaiset sadot ilman lannoitusta ja sadonlisäykset 14:ssä viisi vuotta jatkuneessa kokeessa ry/ha.

Fig. 2. Average annual yields and yield increases (f.u./ha) of 14 five-year trials.

Monivuotiset uusintalannoituskokeet

Tietojen saamiseksi eri koelannoitteiden pitkäaikaisen käytön vaikutuksista satojen tasoon ja maan ominaisuuksiin järjestettiin sarja monivuotisia uusintalannoituskokeita. Niiden sijainti nähdään kartasta (kuva 1). Tarkoitus oli jatkaa näitä kokeita viisi vuotta, mutta se ei kaikkien kohdalla onnistunut. Jotta aineisto ei jäisi kovin pieneksi, on mukaan otettu myös vain neljä vuotta käynnissä olleet kokeet.

Näillä kokeilla pyrittiin saamaan tietoja siitä, tuleeko vuodesta toiseen jatkuvan käytön seurauksena koelannoitteiden vaikutuksiin joitakin muutoksia. Ennen kaikkea oli tietenkin kiintoisaa tietää, tuleeko lannoitteen rikittämyyden vaikutus esille.

Vertailuja vaikeuttaa kasvinviljelyssä aina esiintyvä suuri vuotuisvaihtelu ja asian laatuun nähden suppea aineisto. Jotta voitaisiin eri vuosien tuloksia verrata toisiinsa mahdollisimman hyvin, otettiin vertailtavaksi kaikkien 1959 aloi-

tettujen ja 5 vuotta jatkuneiden kokeiden tulokset, joista lasketut keskiarvot esitetään kuvassa 2. Ne ovat koetyypistä 1, josta tähän vertailuun saatiin 14 kokeen keskiarvot.

Kuvassa 2 esitetyistä käyristä nähdään, että lannoittamattoman koelijäsenen satotaso on ollut keskimäärin hyvä. Toisen koevuoden kohdalle sattuneen huipun jälkeen tulee lannoittamattoman satoihiin tasainen lasku, jonka täytyy pääosalta johtua maan kasvuvoiman vähenemisestä lannoituksen puuttuessa. Kaikkien koelannoitteiden vaikutuksissa ilmenevät vuotuisvaihtelut hyvin samanlaisina. Ei ole voitu selvittää, mistä johtuisi kolmantena koevuotena 1961 ilmenevä lannoitteiden pieni vaikutus. Pääasia vertailussa on selvitys siitä, tuleeko jonkin koelannoitteen jatkuvassa käytössä vaikutukseen joitakin muutoksia. Mitään sellaiseen viittaavaa ei aineistossa kuitenkaan ole nähtävissä, vaan kaikkien koelannoitteiden vaikutus on koekauden lopussa

jopa parempi kuin alussa, eikä mikään erotu muita huonommaksi tai paremmaksi. Kaikista monivuotisista kokeista tutkittiin variassiansa-lyyisillä eri vuosien aikana eri lannoittelajeilla ja -määrillä saatujen satoerojen merkitsevyyksiä. Viimeisen koivuoden tuloksia käsiteltiin vielä erikseen, jolloin laskelmissa otettiin huomioon myös kerranteet. Tulosten mukaan ei eri lan-

noittelajien ja niiden rikkipitoisuuden vaikutuk- sessa ole ilmennyt selvää eroa viimeisenäkään koivuotena.

Koetyypistä 2 on vain kahdesta koekentästä tällaiset viiden vuoden sarjat, joten niistä ei tässä esitetä mitään vertailua, varsinkaan kun ei niissäkään tule esille mitään selvää kehitystä.

Taulukko 7. Monivuotisissa kokeissa koko koeaikana keskim. saadut tulokset ry/ha

Table 7. Average yields (f.u./ha) of long-term trials for entire trial period

Kokeen n:o — Trial No.	Koevuosia — No. of years	Koetila ja paikkakunta Exp. field and location	Sato ilman lannoitusta Yield without fert.	Lannoituksen antama sadonlisäys Yield increase with fertilization						Merkitsevyydet Significance		
				lann. taso 1 rate 1			lann. taso 2 rate 2			lann. laji kind of fert.	lann. määrä rate of fert.	laji × määrä kind × rate
				rikki S	ei rikkiä no S	rikki S	rikki S	ei rikkiä no S	rikki S			
				Lannoitteet: Fertilizers: Yn ₁ Yd ₁ Ydk ₁ Yn ₂ Yd ₂ Ydk ₂								
		Koetyypit 1 — Trial type 1 Hietamaat — Finesand soils										
1	5	Vartio, Kankaanpää	2 248	178	308	234	280	364	418		*	
2	5	Itä-Hämeen koetila, Hartola	1 530	337	380	467	698	616	565		***	
3	4	E.-Savon koegasema, Miikkeli	2 634	424	548	451	804	967	843		**	
4	4	P.-Savon koegasema, Maaninka	3 839	288	266	300	387	414	420		*	
5	5	Pienvilj. koulu, Ilomantsi . .	1 704	531	715	666	711	900	858	(*)	**	
6	5	Seppä, Himanka	1 442	582	655	749	1 054	1 069	1 263	**	***	
		Keskim. hietamaat 1) — Average	2 233	390	479	478	656	722	728			
		Hiesu- ja savimaat — Silt and clay soils										
7	5	L.-Suomen koegasema, Mietoinen	1 924	304	296	296	566	511	516		***	
8	5	Mustiala, Tammela	1 538	554	403	511	970	859	810		***	
9	5	Normaalikoulu, Järvenpää .	1 770	181	194	218	400	441	435		***	
10	4	Karjalan koegasema, Anjala .	2 322	306	269	294	533	448	496		***	
11	4	Laidunkoegasema, Mouhijärvi	3 517	755	861	909	1 411	1 090	960		**	*
12	5	K.-Suomen koegasema, Laukaa	1 763	432	522	484	671	708	673		***	
13	5	Kananen, Pihtipudas	1 602	448	448	574	638	738	790	*	***	
14	4	Maamieskoulu, Nurmes . . .	1 365	279	157	272	511	414	446	*	***	
		Keskim. hiesu- ja savimaat 1)	1 975	407	394	445	713	651	641			
		Multa- ja turvemaat — Humus and peat soils										
15	5	Hannukainen, Nakkila	2 288	305	203	274	477	495	523		***	
16	5	Satakunnan koegasema, Kokemäki	2 837	644	612	661	859	834	881		**	
17	5	Leteensuon koegasema, Hattula	2 377	303	285	330	523	532	551		***	
18	5	Karjalan Suokoeas., Tohmajärvi	1 647	366	480	564	839	904	878		***	
19	5	K.-Pohjanmaan koegas., Reisjärvi	1 606	402	436	513	495	630	646	*	**	
20	4	Peräpohjolan koegas., Rovaniemi	1 226	658	565	662	1 151	1 002	1 153	*	***	
		Keskim. multa- ja turve- maat 1)	1 997	446	430	501	724	733	772			

Taulukko 7. (jatkoa)

Table 7. (cont.)

Kokteen n:o — Trial No.	Koevuosi — No. of year	Koetila ja paikkakunta Exp. field and location	Sato ilman lannoitusta Yield without fert.	Lannoituksen antama sadonlisäys Yield increase with fertilization						Merkitsevyudet Significance		
				lann. taso 1 rate 1			lann. taso 2 rate 2			lann. laji kind of fert.	lann. määrä rate of fert.	laji × määrä kind × rate
				rikki S	ei rikkiä no S	rikki S	rikki S	ei rikkiä no S	rikki S			
		Koetyyppi 2 — Trial type 2	Lannoitteet: Fertilizers:	Yan ₂	Yov ₂	Yov ₂ + kipsi gypsum	Yan ₄	Yov ₄	Yov ₄ + kipsi gypsum			
		Hiesu- ja savimaat — Silt and clay soils										
21	4	E.-Pohjanmaan koeas., Ylistaro	1 884	937	794	808	1 446	1 333	1 276			***
		Multa- ja turvemaat — Humus and peat soils										
22	5	P.-Pohjanmaan koeas., Revonlahti	2 080	743	733	686	879	793	804	*		***
23	5	Hallakoeasema, Vaala	904	923	906	989	1 142	1 148	1 296	*		***
24	4	Keränen, Alatornio	909	829	510	855	1 113	614	654			
25	4	Peräpohjolan koeas., Rovaniemi	1 020	1 369	1 302	1 357	1 534	1 402	1 592	*		***
26	4	Leskelä, Kuusamo	1 082	501	631	640	511	523	572			
27	4	Takala, Sodankylä	968	1 075	1 007	987	1 652	1 496	1 468			***
		Keskim. multa- ja turvemaat ¹⁾	1 161	907	848	919	1 139	996	1 064			

¹⁾ Maalajiryhmien keskiarvolukuja ei ole tilastollisesti testattu
The average values for soil types were not statistically analysed

Taulukossa 7 esitetään kaikkien 5(4) vuotta käynnissä olleiden uusintalannoituskokeiden tulokset koko koeajan keskiarvoina. Jos siinä tarkastellaan erilaisten lannoitteiden vaikutuksia eri koekentillä, voidaan todeta, että lannoitelajien vaikutusten eroille tulee tilastollinen merkitsevyys kaikkiaan 8:ssa kokeessa 27:stä, mutta selvästi rikin aiheuttamat sadonlisäykset on vain kokeissa 14, 20 ja 25. Niistäkin ovat kentät 20 ja 25 niin lähekkään, että niiden voidaan katsoa edustavan samoja koelosuhteita.

Kokeessa 24 voitiin 1959 panna merkille, että kesäkuun lopun halloissa olivat oraat lähes kokonaan tuhoutuneet kaikilta muilta ruuduilta paitsi niiltä, joille oli annettu koelannoitetta Yan. Erotuksen todennäköisimpänä syynä on pidettävä sitä, että lannoitteessa Yan tuli paljon vesiliukoista fosforia, mutta muissa joko aivan vähän tai ei lainkaan.

Taulukossa 8 esitetään uusintalannoituskokeentien maista rikkimääritysten tuloksia. Siinä totaalirikki tarkoittaa s. 160 mainitulla menetelmällä saatua orgaanisen rikin ja liukoisien rikin summaa. Liukoinen rikki tarkoittaa sulfaattina maassa olevaa rikkiä. Taulukkoon 8 on lisäksi laskettu orgaanisen rikin määrä mg/g humusta. Orgaaninen rikki on laskettu totaalirikin ja liukoisien rikin erona.

Kun on verrattu taulukossa 7 esitettyjä erilaisten lannoitteiden vaikutuksia ja taulukon 8 rikkilukuja, ei ole voitu todeta niiden välillä merkitsevää vuorosuhdetta otettiinpa vertailuun mitkä rikkiluvut tahansa. Kentät, joilla lannoitteena annettu rikki on selvimmin vaikuttanut, eivät analyysien mukaan ole läheskään rikkiköyhimpiä. Ainoa rikkilukujen kohdalla näkyvä selvä piirre on se, että hiesu- ja savimaissa on kaikkia rikin muotoja ollut vähemmän kuin hietamaiden sekä multa- ja turvemaiden ryhmissä.

Taulukko 8. Pitkäaikaisten koekenttien maan humus- ja rikkipitoisuudet

Table 8. Soil humus and sulphur contents of long-term trial fields

Kokeen n:o Trial No.	Koetila ja paikkakunta Exp. field and location	Humusta Humus %	Tot. rikkiä S Total sulphur mg/kg	Liuk. rikkiä S Soluble sulphur mg/kg	Org. rikkiä S Organic sulphur mg/g humus
Koetyyppi 1 — Trial type 1					
Hietamaat — Finesand soils					
1	Vartio, Kankaanpää	14.9	391	15	2.5
2	Itä-Hämeen koetila, Hartola	5.8	284	9	4.7
3	E.-Savon koeasema, Mikkelä	16.4	513	14	3.0
4	P.-Savon koeasema, Maaninka	5.9	296	13	4.8
5	Pienvilj.koulu, Ilomantsi	6.3	274	5	4.3
6	Seppä, Himanka	9.6	901	60	8.8
Hiesu- ja savimaat — Silt and clay soils					
7	L.-Suomen koeasema, Mietoinen	4.1	145	9	3.3
8	Mustiala, Tammela	5.7	166	7	2.8
9	Normaalikoulu, Järvenpää	5.9	91	4	1.5
10	Karjalan koeasema, Anjala	7.0	137	9	1.8
11	Laidunkoeasema, Mouhijärvi	—	—	—	—
12	K.-Suomen koeasema, Laukaa	6.8	228	12	3.2
13	Kananen, Pihtipudas	5.2	219	13	4.0
14	Maamieskoulu, Nurmnes	8.1	226	15	2.6
Mult- ja turvemaat — Humus and peat soils					
15	Hannukainen, Nakkila	23.2	1 620	32	6.8
16	Satakunnan koeas., Kokemäki	22.0	1 225	21	5.5
17	Letcensuon koeas., Hattula	35.2	962	71	2.5
18	Karjalan Suokoeas., Tohmajärvi	24.7	917	46	3.5
19	K.-Pohjanm.koeas., Reisjärvi	28.7	1 257	39	4.2
20	Peräpohjolan koeas., Rovaniemi	84.1	1 859	95	2.1
Koetyyppi 2 — Trial type 2					
Hiesu- ja savimaat — Silt and clay soils					
21	E.-Pohjanm.koeas., Ylistaro	11.4	1 574	40	13.5
Mult- ja turvemaat — Humus and peat soils					
22	P.-Pohjanm.koeas., Revonlahti	39.4	1 199	47	2.9
23	Hallakoeasema, Vaala	48.1	1 282	27	2.6
24	Keränen, Alatornio	75.3	2 180	66	2.8
25	Perapohjolan koeas., Rovaniemi	81.8	2 047	87	2.4
26	Leskelä, Kuusamo	74.2	1 966	83	2.5
27	Takala, Sodankylä	35.4	1 099	30	3.0

Tutkimuksia koekenttien maista

Monivuotisten koekenttien maista saadut humuksen ja totaali- sekä liukenevan rikin määrät on esitetty taulukossa 8 ja niitä on tarkasteltu satotulosten yhteydessä.

Maa-analyysiarvoja monivuotisten kokeiden loppuessa. — Lopetettaessa uusintalannoituskokeet syksyllä 1963 otettiin kokeista ruuduittain maanäytteet, joista tehtiin analyysejä koelannoittei-

Taulukko 9. Maa-analyysien tuloksia kokeiden loppuessa
 Table 9. Soil analyses of experimental fields at end of trials

	Koeekenttien lukumäärä No. of fields	Analyysiarvot Analysis results						Merkittävyydet Significance					
		ilman lann. without fert.	lann. taso 1 rate 1			lann. taso 2 rate 2			lann. — ei lann. fert. — no fert.	rikki — ei rikkiä sulphur — no sulphur	lann. laji fert. kind	lann. määrä fert. rate	laji x määrä kind x rate
			rikki S	ei rikkiä no S	rikki S	rikki S	ei rikkiä no S	rikki S					
Koetyyppi 1 — Trial type 1													
Lannoitteet: Fertilizers: Yn ₁ Yd ₁ Ydk ₁ Yn ₂ Yd ₂ Ydk ₂													
pH vedessä pH in water	hieta — finesand hiesu ja savi — silt, clay multa ja turve — humus and peat	6 8	6.05 6.15	5.92 6.11	5.98 6.16	5.92 6.02	5.87 5.95	6.00 6.09	5.82 6.03	*** **	*** ***	*** ***	
	keskim. — average	20	5.86	5.77	5.84	5.71	5.62	5.78	5.67	***	***	***	*
pH kalium- klor. pH in KCl	hieta hiesu ja savi multa ja turve	6 8 6	4.94 4.80 4.36	4.90 4.82 4.27	4.91 4.81 4.34	4.90 4.77 4.25	4.92 4.75 4.24	4.90 4.77 4.29	4.85 4.81 4.24				
	keskim.	20	4.71	4.68	4.70	4.65	4.64	4.66	4.65				
Vaiht. kalkki tn/ha Exch. calcium tn/ha	hieta hiesu ja savi multa ja turve	6 8 6	9.0 14.1 13.5	8.6 14.5 13.3	9.1 14.7 13.9	9.3 14.5 13.0	9.5 14.8 13.6	8.4 14.0 12.3	8.9 14.6 14.5				*
	keskim.	20	12.4	12.3	12.8	12.4	12.8	11.8	12.9				*
Vaiht. kali kg/ha Exch. pot., 40% KCl kg/ha	hieta hiesu ja savi multa ja turve	6 8 6	446 1111 579	552 1251 648	537 1277 646	496 1030 663	616 1369 676	642 1475 673	627 1383 706	*(*) *** **			** *** *
	keskim.	20	752	860	866	868	935	985	953	***			***
Liuk. fosf. kg/ha Soluble phos., 18% superph.	hieta hiesu ja savi multa ja turve	6 8 6	146 118 188	197 161 279	201 155 292	213 172 352	270 208 474	294 242 447	306 245 552	*** *** ***			*** *** ***
	keskim.	20	147	208	210	239	306	319	356	***			***
Liuk. rikki S kg/ha Sol. sulphur S kg/ha	hieta hiesu ja savi multa ja turve	6 8 6	44 21 65	86 40 97	53 24 69	70 40 111	123 66 166	67 26 98	108 60 157	*** *** **	*	*	* *** ***
	keskim.	20	41	71	46	71	113	60	103	***	***	***	***
Koetyyppi 2 — Trial type 2													
Lannoitteet: Yov ₂ + Yov ₄ + Fertilizers: Yan ₂ Yov ₂ kipsi Yan ₄ Yov ₄ kipsi gypsum gypsum													
Mukana myös 4 koetta, jotka olleet 4—5 vuotta käynnissä (t.s. saaneet koelann.), mutta ei ole joidenkin satoja koskevien epäonnistumisten vuoksi otettu moniv. kok. ryhmään. Includes 4 trials which had been fertilized for 4—5 years but because of crop failure were not included in the long-term group.													
pH vedessä pH in water	multa ja turve	11	5.38	5.23	5.30	5.24	5.09	5.25	5.10	***		***	***
pH kalium- klor.	» » »	11	4.35	4.30	4.33	4.31	4.31	4.32	4.30				
Vaiht. kalkki kals. karb. tn/ha	» » »	11	9.9	10.2	10.0	10.4	10.7	10.0	10.7		*		
Vaiht. kali 40% kalis. kg/ha	» » »	11	455	563	561	547	689	774	714	***			***
Liuk.fosf. 18% superf. kg/ha	» » »	11	188	321	329	293	483	447	449	***			***
Liuk. rikki S kg/ha	» » »	11	48	68	58	77	110	70	105	**	**	*	**

den jatkuvan käytön vaikutusten esille saami-
seksi. Yhteenveto näiden analyysien tuloksista
esitetään taulukossa 9.

Kiintoisia ovat erot eri tavoin määritetyissä
pH-luvuissa. Vesilietoksesta saaduissa pH-lu-
vuissa ilmenee tilastollisesti melkoisen varmana
lannoituksen ja erityisesti lannoitteen sisältämän
rikin maan happamuutta lisäävä vaikutus. Suola-
liuoslietoksesta saadut pH-luvut sen sijaan ovat
niin samat kuin maasta yleensä voi odottaa.
Tämän mukaan pH-luvun mittauksessa vesilie-
toksesta on häirinyt lannoitteiden aiheuttama
suolapitoisuuden lisääntyminen ja saadut erot
johtuvat tästä.

Maan vaihtuvan kalkin määrissä ei tässä
aineistossa voi odottaa mitään muutoksia, mutta

kuten nähdään, luvuissa on pieniä epäjohdon-
mukaisuuksia, jotka aiheutunevat siitä, että kip-
sin kalsium voi osittain tulla mukaan määri-
tyksissä.

Kalin kohdalla tulee lannoituksen ja eri lan-
noitustasojen vaikutus selvänä näkyviin.

Hyvin samantapaiset ovat suhteet myös hel-
posti liukenevan fosforin kohdalla. Näyttää
siltä, että koetyypissä 1 kipsin sisältäminen
lannoitukseen lisäisi liukenevan fosforin mää-
rää, mutta asia jää vaille tilastollista varmen-
nusta.

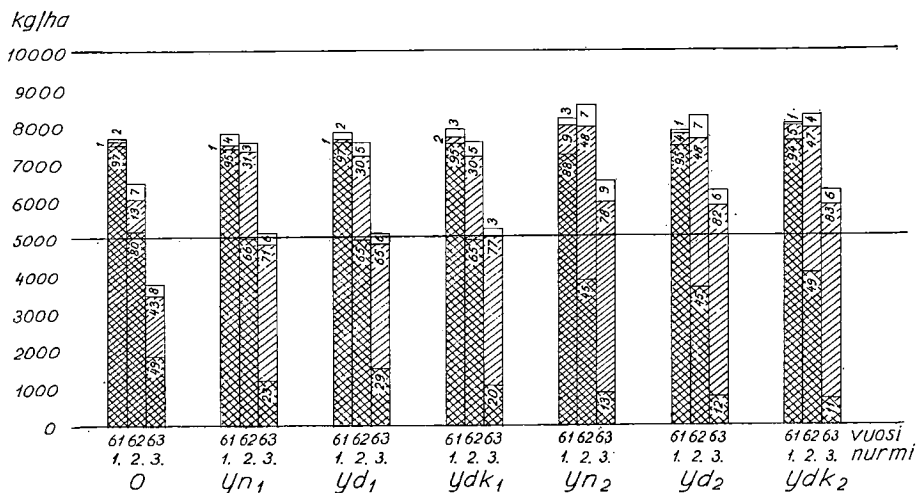
Liukenevan rikin kohdalla luvut ovat hyvin
ennakko-odotusten mukaiset, ts. rikin esiinty-
minen lannoituksessa on nostanut maan liuke-
nevan rikin määrää.

Koelannoitteiden vaikutus nurmien kasvilajikoostumukseen

Monivuotisissa kokeissa oli tarkoitus soveltaa
kasvijärjestystä 2 korsiviljaa ja 3 nurmea, mutta
aivan kaikissa tapauksissa siihen ei päästy. Nur-
mien sadoista oli tarkoitus tehdä kasvilajiana-
lyysit. Siinäkin ei täysin päästy tavoitteeseen,
mutta 2. ja 3. vuoden nurmista, joita tässä koh-

din on pidetty tärkeimpinä, on verraten runsas
aineisto. Se esitetään keskiarvoina taulukossa
10.

Lannoitusten vaikutus apilan määriin nurmissa
on erityisen kiintoisa. Kaikki koelannoitteet ovat
vähentäneet apilan sekä kilo- että prosentimää-

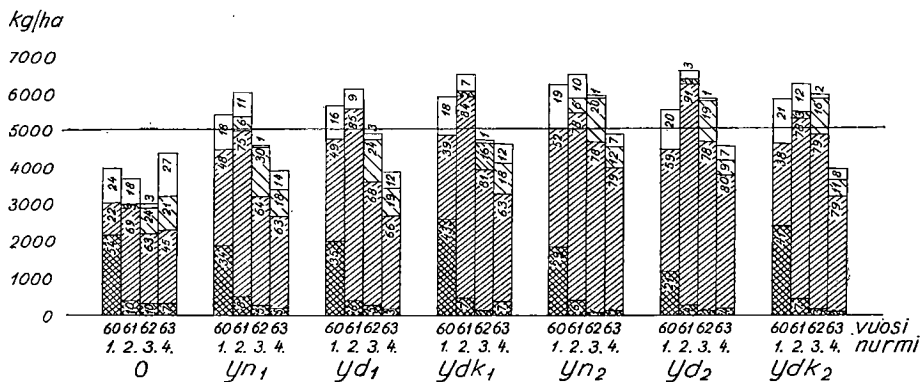


Kuva 3. Koe 2. Nurmien kasvilajikoostumus kg/ha. Eri kasvilajit on ilmaistu erilaisin
varjostuksin: alin (tummin) apila, sen jälkeen timotei, sitten luonnonvaraiset heinät (tässä röllä
ja lauha) ja lopuksi rikkaruohot.

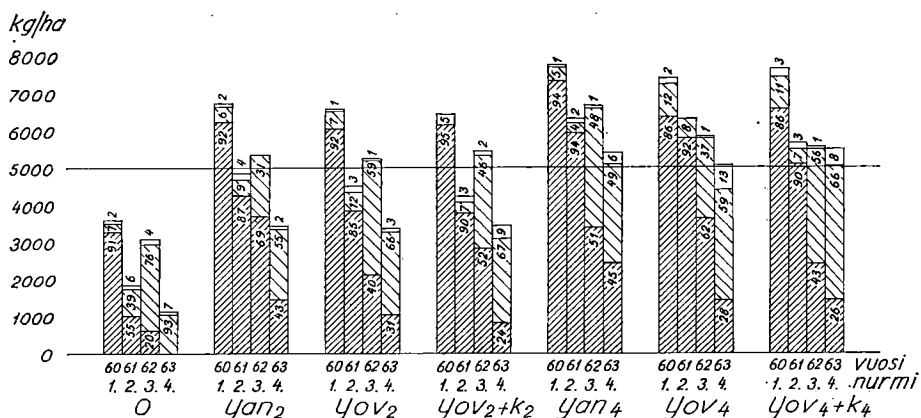
Fig. 3. Trial 2. Botanical composition of leys, kg/ha. Different plants are indicated by various shadings:
lowest (darkest) clover, then timothy, the wild grasses (in this case common bent grass and tufted hair
grass) and weeds.

Taulukko 10. Nurmisatojen kasvilajikoostumus kg/ha kuivaa heinää ja %
 Table 10. Botanical composition of leys, kg/ha and percent

	Kaikkiaan ilman lann. Total without fert.				Muutos verr. lannoittamattomaan Change compared with unfertilized kg/ha				% ilman lann. without fert.	Muutos %-yksiköissä Change in % composition			
	lann. taso 1 rate 1		lann. taso 2 rate 2		lann. taso 1 rate 1		lann. taso 2 rate 2			lann. taso 1 rate 1		lann. taso 2 rate 2	
	riikki S	ei rikkiä no S	riikki S	ei rikkiä no S	riikki S	ei rikkiä no S	riikki S	ei rikkiä no S		riikki S	ei rikkiä no S	riikki S	ei rikkiä no S
Koetyyppi 1 — Trial type 1	Lannoitteet: Yn₁ Yd₁ Ydk₁ Yn₂ Yd₂ Ydk₂												
	Fertilizers:												
apilaa — clover	1 429	-218	-302	-71	-448	-256	-380	27	-8	-10	-7	-13	-10
kiylvöheinää — <i>cultiv.grasses</i>	3 095	1 273	1 490	1 508	1 979	1 783	2 019	59	10	11	9	13	13
luonnonv. kasv. — <i>wild grasses</i>	750	35	126	30	256	212	177	14	-2	-1	-2	-	-1
yhteensä — total	5 274	1 090	1 314	1 467	1 787	1 739	1 816						
Koetyyppi 2 — Trial type 2	Lannoitteet: Yov₂ + Yov₄ + Yov₄ + Yov₄ +												
	Fertilizers: Yan₂ Yov₂ kipsi gypsum Yan₄ Yov₄ kipsi gypsum												
apilaa	1 612	-156	-123	-139	-367	-449	-449	33	-8	-8	-8	-14	-15
kiylvöheinää	2 641	863	850	955	1 556	1 649	1 649	54	7	6	7	11	13
luonnonv. kasv.	662	140	216	197	346	292	324	13	1	2	1	3	2
yhteensä	4 915	847	943	1 013	1 535	1 492	1 524						
Koetyyppi 2 — Trial type 2	Lannoitteet: Yov₂ + Yov₄ + Yov₄ + Yov₄ +												
	Fertilizers: Yan₂ Yov₂ kipsi gypsum Yan₄ Yov₄ kipsi gypsum												
Mulka- ja tuvemaat, 8 kenttää, 19 sataa	1 953	2 392	2 252	2 430	3 083	2 850	2 598	63	18	15	16	18	17
Hannus and peat soils, 8 fields, 19 barnests	1 127	-103	28	60	50	80	207	37	-18	-15	-16	-18	-17
yhteensä	3 080	2 289	2 280	2 490	3 133	2 930	2 805						



Kuva 4. Koe 8. Nurmien kasvilajikoostumus kg/ha, ks. selityksiä kuvassa 3.
Fig. 4. Trial 8. Botanical composition of leys. For explanations see Fig. 3.



Kuva 5. Koe 27. Nurmien kasvilajikoostumus kg/ha, ks. selityksiä kuvassa 3. Luonnonvaraiset heinät pääasiassa lauhaa.
Fig. 5. Trial 27. Botanical composition of leys. For explanations see Fig. 3. Wild grasses mainly tufted hair grass.

riä ja kaksinkertainen lannoitemäärä enemmän kuin yksinkertainen. Saadut sadonlisäykset ovat lähes kokonaisuudessaan kylvöheiniä. Eri lannoittelajien välillä ei näissä kohdin näytä olevan

eroja. Kuvissa 3—5 esitetään muutamista yksituisista kokeista tiedot satojen kasvilajikoostuksesta koko nurmikauden ajalta.

Koesatojen kasvinravinnepitoisuudet

Tiedot satojen sisältämistä kasvinravinnepitoisuuksista ovat arvokkaita kaikessa lannoitustutkimuksessa, joten niiden hankkiminen oli tärkeällä sijalla tässäkin työssä. Kun ei ollut mahdollisuuksia analysoida kaikkia koesatoja, pantiin tavoitteeksi kahden viimeisen, 4. ja 5. koevuoden satojen analysointi. Niissä voidaankin odottaa

lannoitusten vaikutusten tulevan esille selvempinä kuin aikaisempien vuosien sadoissa. Suunnitelmien mukaan koekentät näinä vuosina olivat nurmena, jonka sadon kasvinravinnepitoisuuksissa suuretkin vaihtelut ovat mahdollisia. Valitettavasti näitäkään näytteitä ei kaikkia voitu saada tutkittaviksi.

Taulukko 11. Heinien kasvinravinnepitoisuus g/kg kuiva-ainetta

Table 11. Plant nutrient contents of hay g/kg dry matter

	Koe- satojen luku- määrä No. of harvests	Analyysiarvot Analysis results						Merkitsevyydet Significance					
		ilman lann. No fert.	lann. taso 1 rate 1			lann. taso 2 rate 2			lann. — ei lann. fert. — no fert.	rikki — ei rikkiä sulphur — no sulphur	lann. laji fert. kind	lann. määrä fert. rate	laji × määrä kind × rate
			rikki S	ei rikkiiä no S	rikki S	rikki S	ei rikkiiä no S	rikki S					
Koetyyppi 1 — Trial type 1													
Pelkkä apila — Clover													
Lannoitteet: Fertilizers:													
		Yn ₁	Yd ₁	Ydk ₁	Yn ₂	Yd ₂	Ydk ₂						
Typpi — Nitrogen N	16	23.8	25.1	24.5	25.3	24.5	25.1	25.0					
Fosfori — Phosphorus P ₂ O ₅	17	5.0	5.9	6.0	6.0	6.1	6.3	6.4	***			**	
Kali — Potassium K ₂ O	17	22.3	24.8	25.7	25.7	28.3	25.8	29.2	***			***	
Kalkki — Calcium CaO	17	23.7	24.3	23.1	24.1	23.5	22.2	23.5			*		
Magneesia — Magnesium MgO	17	7.3	6.9	7.1	6.7	6.2	6.6	6.0	***	*(*)	*	***	
Rikki — Sulphur S	15	1.8	2.0	1.8	1.9	1.9	1.6	2.0	*	***	***		
Pelkkä timotei — Timothy													
Typpi	23	10.6	11.2	11.3	10.9	11.2	11.7	11.1	*				
Fosfori	25	4.8	5.3	5.3	5.2	5.4	5.5	5.4	***			*	
Kali	25	19.0	21.7	21.4	22.0	22.8	22.3	23.4	***	*	(*)	***	
Kalkki	25	3.6	3.8	3.7	3.9	3.9	3.6	3.9	*	**	*(*)	***	
Magneesia	25	1.8	1.6	1.7	1.6	1.5	1.6	1.5	***	**	**	***	
Rikki	25	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	***	***	***	*	
Koetyyppi 2 — Trial type 2													
Pelkkä timotei — Timothy													
Lannoitteet: Fertilizers:													
		Yan ₂	Yov ₂	Yov ₂ + kipsi gypsum	Yan ₄	Yov ₄	Yov ₄ + kipsi gypsum						
Typpi	19	14.4	13.4	13.4	13.8	15.4	16.2	15.9				***	
Fosfori	20	5.6	6.6	6.5	6.5	7.3	7.1	7.1	***			***	
Kali	20	18.0	22.0	22.9	23.2	27.0	27.2	26.5	***			***	
Kalkki	20	4.4	4.4	4.2	4.3	4.3	4.3	4.5		*			
Magneesia	20	2.3	1.9	2.0	1.9	1.8	2.0	1.9	***	***	**	*	
Rikki	20	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.4	1.6	***	***	***	***	

Nurmien sadoista tehtyjen kemiallisten analyysien tulokset esitetään taulukossa 11.

Lannoitus on lähes poikkeuksetta nostanut sekä apilan että timotein fosfori- ja kalipitoisuutta, usein myös typpipitoisuutta. Rikin sisältymisen lannoitukseen näkyy selvästi satojen rikkipitoisuuksissa, ja vaikutus on tilastollisesti

erittäin merkitsevä. Lannoitus on alentanut sekä apilan että timotein magneesiapitoisuuksia, ja tilastollinen merkitsevyys on korkea. Kalkkipitoisuuteen on lannoituksen vaikutus sen sijaan ollut epävarmempi. Lannoitukseen sisältyvä kipsi on nostanut nurmikasvien kalkkipitoisuutta ja alentanut magneesiapitoisuutta.

III. TULOSTEN TARKASTELU

Suunniteltaessa niitä kokeita, joiden tulokset tässä muodostavat tutkimusaineiston, on pyritty saamaan tietoja ensi sijassa kahdesta asiasta: 1) lannoitteiden mukana tulevan rikin merkityksestä ja 2) vertailtavina olevien moniravinteisten lan-

noitteiden keskinäisestä arvosta, jota on pyritty mittaamaan selvittämällä saadut sadonlisäykset ja vaikutukset sadon laatuun sekä jatkuvan käytön vaikutukset viljelysmaahan.

Rikkilannoituksen merkitys

Vanha yleisesti omaksuttu käsitys on se, että rikkistä kasvinravinteena ei tavallisessa peltoviljelyksessä tarvitse huolehtia, koska rikkiä yleensä on maassa paljon, eräissä tapauksissa jopa liikaa-kin, ja että sitä tulee tavallisessa lannoituksessa sivuaineena runsaasti (meillä karjanlanta, superfosfaatti, kotkafosfaatti, ammoniumsulfaatti, montansalpietari, kaliumsulfaatti). Suomen olosuhteissa onkin sivutuotteena saatu rikkilannoitus kauan ollut hyvin huomattava. Voidaan arvioida, että yksinomaan väkilannoitteiden mukana on viime aikoina pelloille tullut vuosittain 20—30 kg/ha rikkiä, S.

Rikkiä tulee maahan aina ilmasta sadeveden mukana ja ilmeisesti melkoisia määriä suoraan imeytymällä joko maahan tai kasveihin (BUCH 1960, 1962). Näin tulevat määrät ovat meillä kuitenkin paljon pienemmät kuin esim. tiheään asutuissa teollisuusmaissa ja luultavasti liian pienet, jotta ne voisivat täyttää viljelyskasvien tarpeet (WHITEHEAD 1964). VIRON (1955, s. 41) mukaan meillä joutuu rikkiä vesistöihin enemmän kuin sateen mukana tulee maahan. Samansuuntaisia lukuja on Ruotsista esittänyt WIKLANDER 1959. Perusteellisen katsauksen rikkiä kasvinravinteena koskevaan kirjallisuuteen on laatinut JOHANSSON (1959, 1960). GUNNARSSON (1960) on esittänyt Ruotsista tapauksia, joissa rikkilannoituksella on ollut kiistaton, joskin pieni vaikutus. Näitten kaikkien tietojen mukaan on tarpeen, että lannoituksessa maahan tulee ainakin jokin määrä rikkiä.

Tässä tutkimuksessa saadut tiedot eivät paljoa muuta vanhaa käsitystä rikkilannoituksen tarpeellisuudesta. Rikkiin sisältyminen lannoitukseen on näissä kokeissa aikaansaanut usein pientä sadonlisäystä, joka on jäänyt tilastollisesti epävarmaksi suurten vuotuisvaihteluiden takia (SCHMALFUSS 1964). Muutamissa harvoissa tapauksissa rikin antaminen lannoituksessa on kuitenkin ollut selvästi eduksi. Koetuloksista saa sen vaikutelman, että pohjoisosissa Suomea (alue 4 kartassa 1) rikkilannoitus olisi enemmän eduksi kuin muualla. Maalajeista näyttäisi hiesu- ja savi- mailla olevan rikkilannoituksen tarvetta useam-

min kuin esim. hietamailla. Eri viljelyskasvit varmastikin tarvitsevat rikkiä erilaisia määriä, mutta näissä kokeissa ei ole saatu esille selvää eroa eri kasvilajien suhtautumistavassa. Runsaasti rikkiä sisältävänä kasvina oli kokeissa mukana vain apila nurmikasvina.

Varmin tieto jonkin maan rikkilannoituksen tarpeesta saadaan todennäköisesti siten, että eri lannoitteiden vaikutuksia seurataan usean vuoden ajan (vrt. esim. GUNNARSSON 1960, s. 30). Esillä olevista kokeista on kuitenkin vain kolmessa (joista 2 samalla maalla) voitu varmistua siitä, että rikillä on kiistattomasti ollut hyödyllistä vaikutusta. Nämä kaksi tapausta sattuvat vielä olemaan paikallisesti verraten kaukana toisistaan (Rovaniemi ja Nurmes) ja erilaatuisella maalla (turve ja hiesumaa). Näyttää siltä, että tässä tutkimuksessa sovellettu viiden vuoden aika ei ole vielä riittänyt puutteen esille saamiseksi. Muutamaa uusintalannoituskoetta onkin tarkoitus jatkaa edelleen.

Viljelysmaan muokauskerroksen rikki voidaan kasvinviljelyn kannalta jakaa kolmeen erilaiseen osaan: 1) mineraalinen rikki, joka vapautuu vain kiviaineksen rapautuessa, siis erittäin vähän ja hitaasti, 2) orgaanisen aineen rikki, joka vapautuu kasvien käytettävissä olevaan muotoon sitä mukaa kuin orgaaninen aine hajaantuu, siis verraten nopeasti ja helposti ja 3) liukoinen rikki, joka yleensä on pääosaltaan sulfaattina ja sellaisena suoraan käyttökelpoisessa muodossa. Tässä yhteydessä on merkitystä vain kahdella jälkimmäisellä. Liukoista rikkiä on maassa yleensä vähän ja sen tiedetään olevan yhtä altista muutoksille kuin esim. nitraatti. Määrältään aivan vallitseva orgaaninen rikki on paljon vakainaisempi, mutta hajaantuu ajan mukana, jolloin se muuttuu sulfaatiksi. Tutkijat ovat yksimielisiä siitä, että juuri tämä on se varasto, josta kasvit pääasiassa saavat tarvitsemansa rikin, jos sitä ei anneta lannoituksessa. Tässä tutkimuksessa selvitetty rikin eri muodot, orgaaninen sekä orgaanisen ja liukenevan summa, josta on käytetty nimistystä tottaalirikki, ja liukeneva rikki erikseen eivät ole olleet vuorosuhteessa rikkilannoituksen tarpeen

kanssa. Vastaavanlaisiin tuloksiin ovat tulleet myös mm. FRENCY, BARROW & SPENCER (1962). Sen sijaan mainitut tutkijat pitävät mahdollisena, että kasvien rikkipitoisuuden selvitys voisi antaa tietoja rikkilannoituksen tarpeellisuudesta. Esillä olevassa työssä tukee tätä käsitystä mm. se, että rikkilannoitus on selvästi nostanut satojen rikkipitoisuutta.

Saatujen tulosten mukaan rikin antaminen lannoituksessa ei näytä Suomessa ainakaan vielä olevan erityisen kiireellinen kysymys. Se onkin selvää, kun muistaa, kuinka runsaasti näihin asti

käytetyssä lannoituksessa on sivuaineena annettu rikkiä. Kun kuitenkin maan luontainen rikkitas näyttää meillä olevan negatiivinen, ei varmasti-kaan ole hyvä jättää rikkiä kokonaan pois lannoituksesta. Vastaisuudessa voidaan joutua täysin rikittömäänkin lannoitukseen, jos on kysymyksessä karjaton talous ja käytetään pelkästään rikittömiä väkilannoitteita. Varminta on pitää huolta siitä, että lannoituksessa tulee aina rikkiä jokin määrä, vaikkapa pienikin (vrt. esim. JOHANSSON 1959).

Erilaisten moniravinteisten lannoitteiden vertailu

Tutkimuksessa mukana olleet kaksi koetyppiä eroavat siinä määrin toisistaan, että niiden tuloksia on tarkasteltava erikseen.

Koetyppi 1:n tarkoitus on vertailla diammoniumfosfaatista ja kalisuolasta tehtyä seosta (Yd) superfosfaatista, montansalpietarista ja kalisuolasta tehtyyn seokseen (Yn). Tärkein ero näiden välillä on rikkipitoisuudessa, mutta muitakin eroja on, esim. montansalpietarin tyypestä on 1/4 nitraattina.

Keskimäärin tulevat nämä kaksi erityyppistä lannoitetta vertailussa jokseenkin samanarvoisiksi, mutta hietamaitten kohdalla näyttäisi diammoniumfosfaattiseoksella olevan jotakin edullista vaikutusta, jonka syystä tämä aineisto ei anna selvitystä. Hiesu- ja savimailla sekä multa- ja turvemaileda jää diammoniumfosfaattiseos hie- man jälkeen superfosfaattiseoksesta. Rikin puuttumisella täytyy olla osuutta asiassa, koska kipsi- lisäys vähentää eroa. Nämä tulokset poikkeavat jossain määrin niistä, joita TUORILA ja TAINIO ovat esittäneet 1934. Näissä vanhoissa kokeissa on kuitenkin diammoniumfosfaattia verrattu superfosfaattiin ja kalkkisalpietariin, joten nitraattityppi riittänee selittämään diammoniumfosfaatin jälkeen jäämisen. Mainituissa kokeissa ei ilmene diammoniumfosfaatin erilaista tehoa eri maa- lajeilla, mikä mahdollisesti johtuu kokeiden pie- nestä lukumäärästä.

Vesilietoksesta tehtyjen pH-mittausten mukaan näyttää kipsin sisältyminen lannoitteeseen

lisävän maan happamuutta, mutta suolaliuos- lietoksesta tehtyjen mittausten tulokset viittaavat siihen, että happamuuden lisääntyminen olisi vain näennäistä, suolapitoisuuden noususta johtuvaa (TERÄSVUORI 1930). Jos koetyypissä 1 mukana olleilla koelannoitteilla Yn, Yd ja Ydk on jotakin vaikutusta maan pH-lukuun (ja siis myös kalkki- tilaan) on se pieni ja sama kaikilla.

Koetyppi 2:n mukaisissa kokeissa on kysymyk- sessä ns. nitrofosfaattityyppisten vain osittain veteen liukenevaa fosforia ja rikkiä ainoastaan epäpuhtautena sisältävien lannoitteiden Yo ja Yov vertailu tavanomaista tyyppiä olevaan lan- noitteeseen Yan, jossa fosfori on kokonaisuudes- saan veteen liukenevaa ja rikkipitoisuus on suuri. Tämän tapaisia aineita on viime vuosina tutkittu eri tahoilla. Tässä mainittakoon COOKE (1956), joka on kerännyt tietoja hyvin laajalti, MATT- INGLY (1963, tietoja Englannista) ja van BURG (1963, tietoja Hollannista). Kaikki mainitut tut- kijat ovat tulleet hyvin yhdenmukaisiin tuloksiin nitrofosfaattien arvosta, nimittäin siihen, että varsinkin kun tuote on rakeistettua, sen fosforin vaikutus riippuu veteen liukenevan fosforin määrästä. Jos se on 50 % koko fosforista ja yli, voi tuote olla kilpailukykyinen superfosfaatin kanssa. Tässä tutkimuksessa saatiin edellisten tietojen kanssa samansuuntaisia tuloksia. Niinpä vain aivan vähän vesiliukoista fosforia sisältävä lannoite Yo jäi 1959 selvästi jälkeen superfos- faattiseoksesta. Tämän mukaan ei fosforin suh-

teen epäedullisen lannoitteen Yo kaupassa pitäminen olekaan paikallaan, koska voidaan valmistaa selvästi parempaa lannoitetta Yov.

Nitrofosfaattiin perustuva lannoite (Yo) Yov on selostetuissa kokeissa antanut keskimäärin hieman vähemmän sadonlisäystä kuin vertailussa ollut Yan. Varsinkin suppeassa koemuodossa saadussa lukuisien kokeiden muodostamassa

aineistossa ero on melkoisen varma. Laajan koemuodon, jossa nitrofosfaattituote on mukana täydennettynä kipsillä, antamien tulosten mukaan näyttää, että osa erosta johtuu lannoitteiden erilaisesta rikkipitoisuudesta, mutta on hyvin todennäköistä, että fosforin vesiliukoisuuden määrällä on myös osuutta asiassa.

TIIVISTELMÄ

Aineiston, jonka muodostaa 359 vuotuista koesatoa, pohjalla voidaan lyhyesti sanoa:

1) Rikin sisältyminen lannoitteeseen on keskimäärin antanut vähäisen, epävarmaksi jäävän sadonlisäyksen, mutta muutamissa harvoissa tapauksissa on vaikutus ollut varma. Tulokseen on vaikuttanut meillä näihin asti käytetty runsaasti rikkiä sisältävä lannoitus. Lannoitteen rikittömyyden vaikutus ei näissä kokeissa kuitenkaan

tullut selemmäksi viiden vuoden pituisen koe-kauden aikana.

Lannoituksessa annettu rikki on nostanut sato-
tuotteiden rikkipitoisuutta.

2) Nitrofosfaattipohjalla olevat lannoitteet ovat antaneet hieman pienempiä sadonlisäyksiä kuin superfosfaattipohjalla olevat. Osa erosta johtuu rikin vaikutuksesta, mutta fosforin vesiliukoisuuden määrällä on myös merkitystä.

Tutkimusaineiston muodostavista 202 kenttäkokeesta ovat eri koetoimintaelimet suorittaneet seuraavat lukumäärät:

	koetyyppi 1		koetyyppi 2		yhteensä	
	koekenttiä	koesatoja	koekenttiä	koesatoja	koekenttiä	koesatoja
koesemat	12	52	4	18	16	70
kiinteät koekentät	10	47	9	25	19	72
paikalliskokeet	57	82	110	135	167	217
kaikkiaan	79	181	123	178	202	359

Rikkihappo Oy on tukenut koekenttien perustamista ja hoitoa sekä koeyhteistön kemiallista analysointia.

KIRJALLISUUTTA

- BUCH, K. 1960. Zusammensetzung des atmosphärischen Niederschlags in Finnland. Soc. Sci. Fenn., Comment. Physica-Mathematica 24, 10.
- »— 1962. Zusammensetzung der atmosphärischen Luft über Finnland. Ibid. 27, 4.
- BURG, van, P. F. J. 1963. The agricultural evaluation of nitrophosphates with particular reference to direct and cumulative phosphate effects, and to interaction between water-solubility and granule size. The Fertilizer Society. Proc. 75: 1—54.
- COOKE, G. W. 1956. The agricultural value of phosphate fertilizers which economise in the use of sulphuric acid. OEEC, Project 162.
- FRENCY, J. R. & BARROW, N. J. & SPENCER, K. 1962. A review of certain aspects of sulphur as a soil constituent and plant nutrient. Plant and Soil 17: 295—308.
- GUNNARSSON, O. 1960. Några erfarenheter från kärlförsök och fältförsök med svavel. Grundförbättring 13: 13—38.
- JOHANSSON, O. 1959. On sulfur problems in swedish agriculture. K. Lantbr. Högsk. Ann. 25: 57—169.
- »— 1960. Svavlets kretslopp och dess betydelse ur växtnäringssynpunkt. Grundförbättring 13: 1—11.
- KURKI, M. 1963. Suomen peltojen viljavuudesta vuosina 1955—1960 Viljavuuspalvelu Oy:ssä tehtyjen tutki-

- musten perusteella. Referat: Über die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerbodens auf Grund der in den Jahren 1955—1960 durchgeführten Bodenfruchtbarkeitsuntersuchungen. Helsinki.
- MATTINGLY, G. E. G. 1963. The agricultural value of some water and citrate soluble phosphate fertilizers: An account of recent work at Rothamsted and elsewhere. *The Fertilizer Society. Proc.* 75: 57—97.
- NÉMETH, K. 1963. Photometrische Sulfatbestimmung in der Bodenlösung. *Z. Pfl. Ern. Düng.* 103: 193—196.
- Official Methods of Analyses of the Association of Official Agricultural Chemists. Washington 1960.
- SALONEN, M. & KERÄNEN, T. & TAINIO, A. & TÄHTINEN, H. 1962. Alueellisia ja maaperästä johtuvia eroja timoteihinän kivennäisainepitoisuuksissa. Summary: Differences in mineral content of timothy hay as related to geographical region and soil type. *Ann. Agric. Fenn.* 1: 226—232.
- SCHMALFUSS, K. 1964. Zur Kenntnis der Schwefelernährung der Pflanze. *Z. Pfl. Ern. Düng.* 106: 116—127.
- TERÄSVUORI, A. 1930. Über die Bodenazidität mit besonderer Berücksichtigung des Elektrolytgehaltes der Bodenaufschlammungen. *Valt. maatal. koetoim. julk.* 29.
- TUORILA, P. & TAINIO, A. 1934. Diammoniumfosfaatin lannoitusarvosta. *Vertailevien kenttäkokeiden tuloksia vuosisilta 1928—1931. Referat: Über den Düngerwert von Diammoniumphosphat. Ergebnisse der Feldversuche von den Jahren 1928—1931. Ibid.* 58.
- VIRO, P. 1955. Loss of nutrients and the natural nutrient balance of the soil in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen julk.* 42, 1.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeol. julk.* 63.
- WHITEHEAD, D. C. 1964. Soil and plant-nutrition aspects of the sulphur cycle. *Soils and Fert.* 27: 1—8.
- WIKLANDER, L. 1959. Dräneringsvattnets innehåll av näringsämnen. *Grundförbättring* 12: 193—210.

SUMMARY

Comparative studies on the effect of sulphur-containing and sulphur-free multi-nutrient fertilizers

MARTTI SALONEN, HILKKA TÄHTINEN, AARNE TAINIO, TUOMAS KERÄNEN,
EUGEN BARKOFF and RAILI JOKINEN

Agricultural Research Centre, Department of Agricultural Chemistry and Physics, Tikkurila, Finland

In the years 1959—63 field trials were carried out in various parts of Finland in order to make comparisons between different multi-nutrient fertilizers. There were 202 experimental fields, in some of which trials were continued for several years in succession, and the total number of annual harvests was 359.

The trials were divided into two main types. In type 1, comparisons were made between three kinds of fertilizers: a sulphur-free mixture of diammonium phosphate and potassium salt (Yd), the same mixture but with the addition of gypsum (Ydk), and as control a conventional mixture of ammonium sulphate saltpetre, superphosphate and potassium salt (Yn). Trial type 2 included sulphur-free fertilizers prepared by the so-called nitrophosphate method, of which Yo (phosphate only slightly water-soluble) was used in 1959 and Yov (phosphate 40 % water-soluble) in 1960—63. The control fertilizer was an ordinary mixture of ammonium nitrate, superphosphate and potassium salt (Yan). This trial type consisted of two sub-types: the limited form, in which only the above fertilizers were tested, and the complete form, in which Yo and Yov were supplemented with additions of gypsum.

Table 1 gives data on the plant nutrient contents of the various fertilizers as well as the total quantities of nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur applied to the fields (rate 1). Two different rates were used, rate 2 being double rate 1.

The map in Figure 1 shows the locations of the experimental fields in four different regions of Finland. Regions were selected in which the growing conditions were as uniform as possible. In Table 2 are given figures on the average nutrient status of the soils in the different regions. These determinations were made by the ammonium acetate method, which is commonly used in Finland (VUORINEN and MÄKITIE 1955), and the values obtained are quite typical of this country.

The average weather conditions in the years 1959—63 represented the normal values for Finland.

Tables 3—7 show the results of the trials, expressed as Scandinavian food units per hectare. The yields shown are for the grain of cereals and the first cut of leys.

Table 3 gives the average yields in the different regions (cf. map in Fig. 1). It can be seen that the yields without fertilization were highest in southern Finland, but the effect of the fertilizers was greatest in the north.

In Table 4 the results have been grouped according to the soil type of the experimental fields. This table, as well as Tables 5 and 7, also gives the statistical significances of the differences in yield increases caused by the fertilizers.

It is seen that in trial type 1 the differences produced by the different kinds of fertilizer are significant for the various soil types, but since these differences are not in the same direction, the average differences are not significant. On finesand soils the diammonium phosphate fertilizer Yd was better than the control fertilizer Yn, and the addition of gypsum did not result in any further yield increase. On the other soil types (silt and clay, humus and peat) the result was the opposite: Yd was poorer than Yn, but the addition of gypsum caused them to be equal in their effect.

The results of trial type 2, which consisted of two sub-types, are shown in Tables 3—6. The mean values of the limited form also include — in order to provide more data — the corresponding treatments from the complete form. In Table 4 it is seen that on all soil types the sulphur-free fertilizers Yo and Yov gave poorer results than Yan, although the differences are not always statistically significant. The complete trial form reveals that in most cases gypsum had a beneficial effect and evened out the differences between the fertilizers.

In Table 5 the trial results are grouped according to the year in which they were obtained. This presentation reveals annual variations, but another important reason for this grouping concerns trial type 2, since in 1959 the fertilizer Yo contained phosphorus in a water-insoluble form, while subsequently the phosphorus in Yov was about 40 % water-soluble. It is seen that in 1959 Yo gave poorer results in relation to Yan than Yov in the other years.

The trial crops were spring cereals and ley, and in Table 6 the results are presented separately for each of them. No distinct differences can be seen regarding the effect of the different fertilizers in these crops.

Some of the trials were continued for 5 years with the aim of determining the effect of the continued use of the trial fertilizers and also to see whether the influence of sulphur or its absence would be intensified from year to year. The results of these 5-year trials are included in the averages presented in Tables 3—6, but they are also shown separately in Fig. 2. This figure gives the average annual yields (f.u./ha) of 14 long-term trials of type 1. It is seen that every year the different fertilizers had very similar effects. During the entire 5-year period there was no evidence of a decrease in the effect; on the contrary, there was a tendency for improvement, which was similar for all the fertilizers.

Since the continued use of the fertilizers was not found to produce any clear changes, the mean values for the

trials carried out for 5 (or 4) years are presented in Table 7. It can be seen that there were significant differences between the kind of fertilizer in 8 cases out of 27, but in only 3 were these indisputably due to the effect of sulphur. These three trials were Nos. 14 (silt), 20 and 25 (both peat), but since the two latter were situated on the same peatland area, they actually represent one and the same kind of growing condition.

Table 8 gives the results of humus and sulphur analyses made on the soil in the long-term trials. No significant correlations were found between the sulphur effect of the fertilizers and the various sulphur components in the soil (total, organic and soluble). The only distinct feature is the fact that silt and clay soils contained less sulphur than the other soil types.

At the end of the long-term trials certain soil analyses were made to reveal the effect of the different fertilizers. These results, presented in Table 9, indicate that addition of fertilizers — and particularly gypsum — caused significant differences in the pH values measured in water but not when measured in 1 N potassium chloride suspension. The presence of gypsum in the fertilizers had a marked effect on the content of soluble sulphur in the soil.

Botanical analyses were made on the leys, and these results are shown in Table 10. All the fertilizers reduced the amount of clover and increased that of timothy and other cultivated grasses, both in terms of kg/ha and in percentages. The kind of fertilizer caused no difference in this respect. Figures 3—5 depict graphically the botanical composition of the leys in three trial fields.

Analyses of plant nutrients were made separately for the clover and timothy of some of the ley harvests. The results, shown in Table 11, indicate that fertilization increased the content of nitrogen and phosphorus and in many cases also potassium. The presence of gypsum in the fertilizer caused a definite rise in the sulphur content of the plant. At the same time, it also increased the calcium and reduced the magnesium content.

The chief results of this study can be summed as follows:

- 1) The presence of sulphur in the fertilizers gave only a small and uncertain average yield increase, although in a few individual cases it was definitely advantageous. The ample amounts of sulphur generally contained thus far in Finnish fertilizers were possibly responsible for this result. In trials continued for five years, no change was observed in the influence of sulphur included in the fertilizer.

- 2) The fertilizers prepared by the nitrophosphate method gave slightly smaller yield increases than those containing superphosphate. This difference was partly caused by the sulphur and partly by the amount of water-soluble phosphorus.

HIVENAINAINEISTA ETELÄISEN KESKI-UUDENMAAN MAAPERÄSSÄ

Summary: Trace element contents in the soils of Middle Uusimaa

RAIMO ERVIÖ ja KALEVI VIRRI

Maatalouden tutkimuskeskus, Maantutkimuslaitos, Tikkurila

Saapunut 1. 6. 1965

Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Maaperäkartoituksen yhteydessä selvitetään maalajien levinneisyyden lisäksi mm. helppo-liukoisten pääravinteiden määrät maassa. Nykyisin tutkitaan tämän ohella myös tärkeimpien hivenravinteiden pitoisuudet maassa maalajien hivenainetaso ja mahdollisten puutosalueiden toteamiseksi. Seuraavassa esitetään katsaus maaperäkartojen Malmi—Tuusula (ERVIÖ 1963) ja Kerava—Nickby (VIRRI 1964) alueelta tehtyihin hivenainemäärittäyksiin. Aikaisemmin on vastaavanlainen katsaus tehty vain Tampereen—Lempäälän tutkimusalueelta (VUORINEN 1960).

Tuloksia eri maalajien hivenainepitoisuuksista Suomessa ovat esittäneet SALMI (1950), VUORINEN (1956 ja 1958), MÄKITIE (1961) ja SILLANPÄÄ (1962), joiden julkaisemia tuloksia voidaan pitää pohjana arvosteltaessa nyt tutkitun alueen maaperän hivenainepitoisuuksien tasoa.

Näytteet hivenainemäärittäykseen on valittu kartoituksen yhteydessä otettujen näytteiden joukosta, niin että ne edustaisivat alueen sekä viljeltyjen että luonnontilaisten maiden tärkeimpiä maalajeja. Yhteensä on analysoitu 178 näytettä 98 eri pisteestä, keskimäärin kahdeksan näytettä karttalehteä kohden. Samasta pisteestä on määritetty yleensä sekä pinta- että pohjamaan hivenaineet.

Hivenaineiden totaalmäärittäykset on tehty hehkutusjäännöksestä ARL 2 m hilaspektrografin avulla Maantutkimuslaitoksella LAPIN ja MÄKITIEN (1954) menetelmän sovellettua muotoa (MÄKITIE ja LAPPI 1958) käyttäen. Tulokset on ilmoitettu ppm:nä (= mg/kg) kuiva-aineessa. Tutkitut alkuaineet ovat koboltti, kromi, kupari, mangaani, molybdeeni, lyijy, nikkeli, sinkki, strontium ja vanadiini.

Analyysitulokset esitetään taulukossa 1 samassa järjestyksessä kuin pääravinteiden analyysitulokset on esitetty edellä mainituissa karttajulkaisuissa. Näytteiden paikat on merkitty maaperäkartoihin punaisilla numeroilla. Taulukossa 2 esitetään analyysitulosten keskiarvoja maalajeittain.

Malmin—Tuusulan ja Keravan—Nickbyn alueet kuuluvat Etelä-Suomen jäykän saven alueeseen. Moreenin jälkeen, jota on 41 % koko maa-alasta, on aitosavi yleisin maalaji, ja peltopinta-alasta on aitosavea 54 %. Alueen aitosavien savipitoisuus on tutkittujen näytteiden analyysitulosten mukaan varsin korkea (keskimäärin n. 74 %). Muista alueen maalajeista mainittakoon rannikkoalueelle tyypillinen liejusavi (14 % peltoalasta), jonka maalajiominaisuudet poikkeavat monessa suhteessa selvästi aitosaven ominaisuuksista.

Taulukko 1. Yksityisten näytteiden hivenainepitoisuudet

Table 1. Trace element contents of the soil samples

N:o kartalla No on the map	Maalaji Soil type	Syvyys Depth cm	Hekutus- jäännös Ignition rest %	Mg/kg kuiva-ainetta — ppm									
				Cu	Pb	Zn	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	V	Sr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Hämeenkylä													
3	HsS	0—20	86.5	9	22	34	9	90	600	6	21	130	1 100
3	»	35—50	91.4	23	15	42	18	170	1 300	10	44	550	1 200
12	KHt	70—80	99.0	4	10	12	2	23	340	5	8	160	1 100
17	HsS	0—20	87.2	14	16	42	12	130	1 300	12	30	420	1 000
17	sHs	35—45	95.8	23	10	26	16	130	1 200	19	32	550	1 400
21	AS	0—20	78.8	24	17	40	12	100	600	13	28	400	650
21	HsS	30—50	91.4	21	13	48	17	140	1 300	8	34	280	1 100
23	Mm	0—25	74.2	24	15	50	11	110	500	5	30	200	550
23	Lj	50—60	81.9	18	11	50	10	150	360	6	32	230	460
25	HtS	0—20	88.4	8	16	36	11	70	1 000	6	20	130	750
25	»	70—90	95.8	30	14	42	17	140	2 000	9	38	380	1 200
34	AS	0—20	85.3	34	50	80	10	130	700	9	28	300	800
34	»	30—45	93.0	19	15	42	16	130	850	17	36	500	1 000
44	HkMr	20—40	95.1	4	11	24	8	30	550	6	12	44	800
49	Mm	0—25	54.5	38	23	65	9	60	220	5	24	120	400
49	LjS	50—60	90.7	24	13	75	12	120	800	10	32	480	1 100
Seutula													
1	HHt	0—22	79.3	30	15	70	12	95	480	14	32	140	440
1	AS	80—100	90.9	23	12	70	14	130	750	6	38	180	750
2	HkMr	50—100	99.2	11	14	14	8	30	280	4	15	80	1 300
4	AS	0—20	80.8	44	21	90	21	110	2 200	5	38	240	480
4	»	45—85	89.4	44	23	80	26	130	2 800	8	44	300	600
5	Mm	0—25	62.2	65	11	38	17	110	1 100	7	42	240	650
5	HtS	50—100	91.7	38	12	65	17	110	950	—	44	200	700
6	»	0—25	72.3	30	11	55	10	90	380	2	34	140	440
6	AS	30—40	92.8	15	14	60	15	140	1 200	—	38	210	900
8	»	45—85	89.7	33	11	50	20	120	1 700	—	50	190	700
9	»	0—20	85.5	20	21	75	17	120	1 400	8	32	260	800
9	»	45—95	94.8	22	16	40	14	110	800	—	36	190	950
10	»	0—20	81.0	30	18	48	12	85	500	2	32	130	460
10	»	80—90	92.0	57	18	65	26	150	1 600	—	65	300	1 000
Nurmijärvi													
3	Lj	25—50	83.3	22	5	140	18	90	550	—	50	130	400
4	AS	0—22	80.8	38	19	65	16	100	800	9	42	380	500
4	»	22—45	90.7	48	18	65	24	140	2 300	10	55	440	850
6	»	40—100	93.8	36	11	44	16	130	1 300	11	44	420	1 100
7	Mm	0—18	73.4	36	26	55	9	80	550	6	25	180	460
7	AS	40—100	87.0	17	17	36	15	100	2 100	12	26	250	950
8	»	0—16	90.0	25	21	50	20	120	1 900	9	40	260	1 000
8	»	18—45	91.4	32	16	34	21	130	1 800	9	46	320	950
10	»	60—100	88.4	70	15	50	21	170	1 500	11	65	480	750
11	»	0—18	90.7	21	17	42	20	150	2 000	10	40	360	1 200
11	»	40—100	88.4	65	17	50	21	180	1 900	10	60	420	800
Malmi													
5	KHt	0—25	90.9	5	19	24	8	48	800	7	15	130	850
5	HHk	35—55	98.5	4	13	17	7	34	590	8	13	110	1 100
7	AS	80—100	92.5	48	20	65	20	160	1 300	7	55	300	1 000
10	HtS	0—27	85.5	24	18	55	7	70	360	4	21	85	440
10	AS	50—100	91.7	44	25	70	15	130	1 100	8	36	210	700
12	Mm	0—20	90.4	70	60	130	16	150	750	9	40	260	650
12	AS	30—45	88.9	46	20	50	17	130	900	9	39	260	600
21	Ct	0—24	46.5	75	80	140	6	44	360	5	18	100	240
21	HsS	50—100	94.0	36	9	60	17	95	800	8	40	190	700
24	HkMr	20—40	97.9	5	21	20	7	34	420	5	12	55	1 000
30	shtHs	0—20	82.7	26	55	70	9	80	600	8	23	210	800
30	HtS	45—60	93.5	22	18	65	13	130	800	12	34	380	1 300
54	Mm	0—25	78.7	28	38	46	9	75	500	10	20	190	1 000

Taulukko 1. (jatkoa)

Table 1. (cont.)

N:o kartalla No on the map	Maalaji Soil type	Syvyys Depth cm	Hehkutus- jäännös Ignition rest %	Mg/kg kuiva-ainetta — ppm									
				Cu	Pb	Zn	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	V	Sr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
33	LjS	35—50	88.9	26	24	50	8	90	440	8	15	190	750
34	Mm	0—25	76.3	40	46	60	10	100	700	13	26	300	700
34	LjS	50—70	93.3	70	21	65	23	180	1 300	13	55	480	1 200
Hyrylä													
1	AS	0—20	85.0	16	20	120	15	120	1 800	7	30	260	1 100
1	»	60—70	90.7	30	16	65	22	160	2 000	13	50	400	1 200
2	»	0—20	69.2	16	19	70	16	110	1 900	10	32	400	850
2	»	80—100	91.0	80	11	150	26	160	1 500	14	65	750	900
4	KHt	0—10	89.8	12	26	85	9	46	1 000	7	13	190	1 100
4	»	80—90	91.0	13	13	38	9	55	750	9	18	190	550
5	HHk	80—100	98.8	4	14	4	6	25	140	6	10	100	1 000
6	AS	0—25	83.2	28	28	65	16	75	2 000	6	30	320	650
6	»	60—70	93.1	55	17	55	18	140	1 400	6	60	440	1 000
8	HtS	0—30	83.3	12	23	60	11	65	1 500	4	21	190	700
8	»	70—80	96.6	15	14	42	12	95	850	6	30	300	850
9	AS	0—30	84.8	16	30	80	13	110	1 600	6	28	360	1 000
9	»	60—80	93.8	22	17	50	17	150	2 300	14	44	650	1 300
10	HHt	0—20	91.7	6	22	28	10	48	1 000	6	18	70	950
10	AS	70—80	89.5	22	17	65	15	130	850	6	42	240	750
11	»	0—15	87.5	10	20	46	13	110	950	11	26	260	850
11	»	40—50	93.1	24	14	60	14	85	800	—	34	150	700
Tuusula													
1	HHt	0—20	93.1	12	18	44	10	50	950	0	17	95	650
1	AS	80—100	91.9	85	16	65	24	240	2 200	11	75	320	1 000
2	St	75—90	7.1	6	8	14	2	36	95	1	16	21	80
3	AS	80—100	96.3	26	14	48	15	120	1 100	9	34	260	1 400
3	»	0—20	82.5	36	16	60	17	120	900	5	42	210	500
3	»	80—100	96.3	26	14	48	15	120	1 100	9	34	260	1 400
4	HHk	80—90	99.0	5	13	18	7	38	460	9	13	80	1 000
5	AS	10—15	89.0	18	17	55	16	110	1 900	9	28	230	750
5	»	80—100	93.1	38	12	44	19	150	1 300	11	50	320	1 100
6	Lj	50—65	77.7	60	9	240	15	140	850	—	55	200	440
7	AS	90—100	90.7	90	14	60	24	190	2 100	6	70	320	900
8	HHK	5—10	90.5	9	14	34	9	48	1 100	5	16	95	1 000
8	HkMr	30—40	98.3	8	10	19	9	44	600	6	15	75	1 400
9	AS	0—15	88.4	16	11	48	18	95	1 400	0	26	180	900
9	»	35—50	89.7	85	11	50	28	160	2 000	—	46	280	800
Östersundom													
2	HtS	5—10	84.8	19	36	50	11	95	650	11	22	170	750
2	HsS	35—45	94.1	23	18	55	14	120	850	12	38	400	700
6	Mm	0—15	65.0	28	18	44	10	75	340	5	26	150	340
6	HtS	30—49	92.4	32	15	42	12	110	550	7	40	250	700
9	LjS	5—10	93.5	21	21	40	15	95	950	5	36	320	850
9	St	35—45	12.9	16	9	60	2	50	90	2	26	40	200
11	HHk	35—45	97.9	3	11	24	8	55	900	8	13	100	1 100
19	HtS	0—15	89.5	25	32	40	11	70	850	11	26	290	800
19	»	25—30	93.6	20	17	24	13	130	800	14	34	280	1 100
23	Mm	5—10	63.4	80	85	200	9	60	280	4	30	200	320
23	LjS	35—45	91.9	50	7	500	14	130	550	6	40	210	550
26	HtS	5—10	81.0	26	21	40	8	60	340	3	23	100	500
26	HsS	35—45	92.6	18	12	55	12	80	420	7	32	460	600
29	HHk	35—45	97.0	3	11	21	9	38	1 100	6	16	210	1 300
33	HHt	5—10	88.0	20	20	55	9	70	460	2	24	90	700
33	HtS	35—45	92.3	32	13	38	13	150	550	4	38	140	800
46	AS	5—10	89.0	28	16	40	14	120	750	—	38	120	1 000
46	»	35—45	92.8	13	15	60	8	60	440	6	21	170	600

Taulukko 1. (jatkoa)

Table 1. (cont.)

N:o kartalla No on the map	Maalaji Soil type	Syvyys Depth cm	Hekktus- jäännös Ignition rest %	Mg/kg kuiva-ainetta — ppm									
				Cu	Pb	Zn	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	V	Sr
				5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kerava													
1	AS	0—15	87.2	75	10	50	19	140	1 100	10	55	360	700
1	»	80—90	89.8	16	19	90	20	100	1 900	6	30	340	950
2	»	0—20	88.9	26	10	55	14	120	1 100	5	40	360	900
2	»	80—100	93.3	42	13	50	19	120	1 100	6	50	460	850
Järvenpää													
1	AS	0—20	79.9	50	15	85	15	110	650	—	40	240	500
1	»	70—80	88.5	90	11	55	22	130	1 700	5	65	340	650
2	»	0—20	82.8	110	11	230	16	110	1 100	4	46	240	550
2	»	80—90	90.3	80	11	50	25	140	1 700	—	65	280	750
3	»	5—20	83.8	28	20	65	16	110	1 300	8	36	550	650
3	»	60—70	92.2	50	19	60	20	160	1 500	8	65	600	1 200
4	»	5—20	80.7	46	15	100	15	130	750	8	46	500	500
4	»	70—90	93.6	34	14	75	22	160	1 700	9	55	650	1 200
5	»	0—25	89.4	20	25	95	20	120	2 300	2	30	230	850
5	»	80—100	89.0	90	14	70	22	160	1 600	5	70	280	700
6	»	0—20	84.8	34	18	70	26	140	2 500	5	36	340	800
6	»	60—70	92.2	46	15	65	21	150	1 300	4	55	320	1 200
7	»	80—100	93.0	46	12	48	19	160	1 600	5	48	300	850
8	Mm	0—20	74.2	34	13	60	10	90	280	6	34	200	320
8	AS	70—80	93.1	34	16	65	18	140	1 000	6	48	340	900
9	Mm	0—30	72.2	46	13	70	10	120	400	7	30	230	400
9	AS	60—70	92.3	42	20	65	16	140	900	10	38	340	1 000
Hangelby													
1	LjS	5—10	82.3	22	26	65	10	100	750	9	25	240	650
1	»	35—45	91.2	40	21	65	15	170	850	12	38	320	800
8	HtS	5—10	85.0	26	13	55	12	120	650	13	32	280	700
8	AS	35—45	91.5	18	21	55	15	150	750	11	34	260	800
14	LCt	0—20	45.7	26	30	26	8	42	480	4	18	90	500
14	»	30—40	16.5	130	3	110	6	22	55	3	36	60	200
19	KHt	5—10	89.2	16	120	140	6	40	800	5	12	220	1 200
19	HHk	35—45	96.8	3	21	26	6	32	300	4	10	150	950
24	HsS	5—15	84.7	140	42	160	11	130	950	10	36	500	750
24	Lj	35—50	86.8	42	23	65	12	120	600	10	32	480	550
35	Mm	5—10	76.3	28	23	36	8	95	750	7	30	120	650
35	LjS	33—60	92.0	34	16	80	13	140	750	10	36	210	950
42	HtMr	5—10	91.8	14	40	42	9	110	650	3	16	70	1 300
Nickyby													
3	AS	0—20	91.0	32	20	60	—	150	1 500	10	40	260	400
3	»	40—50	92.2	80	12	200	—	160	1 100	7	40	340	750
7	Ct	0—20	46.2	95	20	30	—	60	240	5	24	110	300
7	LjS	40—60	88.7	60	10	60	—	120	500	8	40	230	550
15	HtS	0—20	88.3	26	22	75	—	110	1 300	9	30	280	1 100
15	AS	40—50	93.8	50	19	50	—	140	1 400	12	55	280	800
21	»	0—20	79.5	40	13	80	—	75	220	8	32	140	300
21	»	40—60	91.2	25	14	60	—	120	700	8	36	200	700
30	St	0—25	4.7	7	—	100	—	12	150	1	6	6	55
30	»	50—70	1.5	5	—	100	—	3	100	0	2	2	130
39	AS	0—20	81.3	30	15	80	—	110	650	9	34	250	480
39	»	40—50	94.2	38	16	75	—	180	1 100	11	48	340	750
44	HtS	0—18	90.5	21	26	75	—	130	1 400	9	32	280	950
44	AS	40—50	95.5	65	11	110	—	160	1 400	5	48	360	1 100
49	HkMr	50—60	92.8	3	20	18	—	38	360	3	10	60	950
53	Hs	0—15	85.7	32	22	70	—	120	950	10	32	220	750
53	AS	35—50	94.8	32	17	50	—	140	1 200	7	40	250	900
62	Lj	40—50	88.8	16	19	55	—	90	550	10	30	250	750

Taulukko 1. (jatkoa)

Table 1. cont.

N:o kartalla No on the map	Maalaji Soil type	Syvyys Depth cm	Hehkutus- jäännös Ignition rest %	Mg/kg kuiva-ainetta — ppm										
				Cu	Pb	Zn	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	V	Sr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Pornainen														
1	Mm	0—25	72.8	120	15	110	—	150	400	10	46	500	300	
1	AS	35—45	89.8	120	20	65	—	170	1 100	18	70	700	600	
10	»	0—20	81.8	40	23	100	—	140	1 100	12	38	550	500	
10	»	35—50	91.0	40	18	55	—	170	1 500	10	55	650	850	
14	HkMr	60—70	97.2	3	13	24	—	26	340	3	9	44	1 300	
20	HsS	0—20	82.0	34	21	120	—	110	600	4	34	230	550	
20	»	40—50	93.3	36	18	50	—	130	1 100	3	32	220	850	
32	KHt	0—20	93.7	3	16	38	—	30	650	—	9	40	700	
32	HtS	30—45	95.0	21	13	60	—	120	1 400	4	38	360	1 000	
36	»	0—20	85.5	21	13	50	—	70	320	6	22	130	550	
36	AS	40—55	91.7	50	14	70	—	160	1 400	2	50	260	850	
40	HsS	0—18	89.5	18	17	70	—	110	1 500	2	28	200	1 100	
40	AS	40—50	92.8	50	13	75	—	150	1 300	3	46	240	850	
47	Mm	0—20	73.0	40	10	70	—	120	480	7	34	440	550	
47	Lj	40—50	79.2	44	6	110	—	100	340	7	36	220	300	
62	AS	0—20	83.2	30	13	140	—	95	950	8	34	200	550	
62	»	40—50	93.0	34	20	90	—	150	1 200	10	40	320	750	

Taulukko 2. Keskimääräisiä hivenainepitoisuuksia maalajeittain

Table 2. Average contents of trace elements in various soil types

Maalaji Soil type	Näytteitä Samples	Hehkutus- jäännös Ignition rest	Cu	Pb	Zn	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	V	Sr
----------------------	----------------------	--	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----

Viljeltyjen maiden muokkauskerroksessa — In cultivated surface soils

Moreeni — Till soil	1	91.8	14	40	42	9	110	650	3	16	70	1 300
Hiekka — Sand	1	90.5	9	14	34	9	48	1 100	5	16	95	1 000
Hietä — Finesand	8	89.4	13	32	61	9	53	779	6	18	122	823
Hiesu — Silt	2	84.2	29	39	70	9	100	775	9	23	215	775
Hietasavi — Sandy clay	10	86.2	21	22	55	7	86	837	7	25	184	724
Hiesusavi — Silty clay	5	86.0	43	24	85	11	114	990	7	30	296	900
Aitosavi — Heavy clay	31	84.3	33	20	75	16	114	1 267	7	36	294	697
Liejusavi — Gytija clay	2	87.9	22	24	53	13	98	850	7	31	280	750
Multamaa — Mould	15	71.8	47	27	72	9	99	516	7	31	232	516
Saraturve — Carex peat	3	46.1	65	44	65	7	49	360	4	20	100	346
Savet kesk. — Clays aver.	48	85.0	31	21	71	14	108	1 132	7	33	272	723

Viljeltyjen maiden pohjamaassa — In cultivated subsoils

Hiekka — Sand	3	97.9	5	15	21	7	37	497	6	13	112	1 150
Hietä — Finesand	2	95.0	9	12	25	6	39	545	7	13	175	825
Hiesu — Silt	1	95.8	23	10	26	16	130	1 200	19	32	550	1 400
Hietasavi — Sandy clay	7	94.1	25	14	51	14	125	1 050	7	37	292	993
Hiesusavi — Silty clay	7	92.7	27	14	50	15	121	903	8	37	336	836
Aitosavi — Heavy clay	49	91.8	45	16	64	19	141	1 377	7	48	343	888
Liejusavi — Gytija clay	7	90.9	43	16	128	14	136	742	10	37	303	844
Lieju — Gytija	5	84.0	28	13	104	13	110	480	6	36	262	492
Saraturve — Carex peat	1	16.5	130	3	110	6	22	55	3	36	60	200
Rahkaturve — Sphagnum peat	1	12.9	16	9	68	2	50	90	2	26	40	200
Savet kesk. — Clays aver.	70	94.0	41	16	68	18	123	1 233	8	44	333	889

Luonnontilaisissa maissa — In virgin soils

Moreeni — Till soil	5	96.4	5	16	20	22	12	350	4	12	57	1 070
Hiekka — Sand	4	95.7	4	12	17	7	39	650	7	16	122	1 100
Aitosavi — Heavy clay	3	90.4	50	13	50	20	150	1 600	5	54	323	767
Lieju — Gytija	1	76.0	52	8	150	14	120	850	—	48	250	400
Rahkaturve — Sphagnum peat	2	4.3	6	8	57	2	39	98	1	9	12	105

Tulokset

Savien pohjamaat näyttävät olevan kuparin suhteen pintamaita rikkaampia. Aitosavien pohjamaissa on todettu useita 80—120 ppm:n kuparipitoisuuksia, ja keskiarvokin on 45 ppm, jota tasoa on myös liejusavien vastaava keskiarvo 43 ppm. Muokkauskerroksessa sisältävät sara-turpe ja multamaa runsaimmin kuparia, ja useimmat kivennäismaat jäävät vain puoleen näiden keskimääräisistä pitoisuuksista. Alhaisimmat määrät, alle 5 ppm, on todettu karkeiden kivennäismaiden pohjamaissa.

Lyijyn kokonaismäärät ovat pintamaissa alle 40 ppm ja pohjamaissa alle 20 ppm muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Vain turpeiden lyijymäärät jäävät selvästi muiden maalajien lyijypitoisuuksien alapuolelle.

Sinkkiä on eniten runsaasti eloperäistä ainesta sisältävissä pohjamaissa, varsinkin liejussa ja liejusavessa, joiden keskiarvot 104 ja 128 ppm edustavat jo varsin korkeata tasoa. Rahkaturpeidenkin sinkkipitoisuus on savimaiden luokkaa. Sinkin määrä on, päinvastoin kuin useimpien muiden hivenaineiden, suurempi pintamaassa kuin pohjamaassa.

Kobolttia esiintyy runsaimmin savissa, etenkin aitosavissa, ja pohjamaassa enemmän kuin pintamaassa. Aitosavien kobolttipitoisuuksien keskiarvo on pintamaissa 16 ja pohjamaissa 19 ppm. Liejusavien vastaavat arvot 13 ja 14 ppm. Rahkaturpeiden kobolttimäärät jäävät miltei kymmenenteen osaan aitosavien määrästä.

Kromipitoisuudet ovat savimaissa miltei säännöllisesti yli 100 ppm. Sen sijaan karkeissa kivennäismaissa ne ovat miltei yhtä säännöllisesti alle 100 ppm, yleensä vain 50 ppm:n vaiheilla. Turvemaissa kromipitoisuus jää alle 50

ppm:n. Pohjamaat ovat kromin suhteen selvästi rikkaampia kuin pintamaat.

Korkeimmat mangaaniluvut esiintyvät aitosavissa, joista useissa näytteissä on jopa 2 000 ppm. Muiden kuin savimaiden mangaanipitoisuudet eivät tavallisesti nouse yli 1 000 ppm:n. Pienimmät mangaaniarvot on saatu turvenäytteistä, joista viidessä näytteessä on alle 150 ppm.

Molybdeenin kokonaismäärä on tunnetusti kaikissa maissa hyvin pieni. Tutkituissa näytteissä se on ollut 1—19 ppm. Savissa sitä on todettu keskimäärin 7 ppm, josta liejusavien keskiarvo 10 ppm selvimmän poikkeaa.

Eri näytteiden nikkeli-pitoisuuksien vaihtelut ovat vähäisempiä kuin minkään muun tässä aineistossa esitetyn hivenaineen pitoisuuksien vaihtelut. Savissa on nikkeliä melko tasaisesti 25—40 ppm muokkauskerroksessa ja pohjamaassa keskimäärin 10 ppm enemmän. Multamaiden nikkelpitoisuus on samaa luokkaa kuin savimaiden.

Vanadiinin pitoisuudet näyttävät selvästi kasvavan maan hienousasteen lisääntyessä. Savien vanadiinimäärät ovat kaksin- jopa kolminkertaiset verrattuna hiekkojen ja hietojen vastaaviin pitoisuuksiin. Myös vanadiinin kohdalla ylittävät pohjamaiden pitoisuudet jonkin verran muokkauskerroksesta määritetyt pitoisuudet.

Strontiumin pitoisuuksissa ei maan hienousasteella näytä olevan merkitystä, kuten useiden muiden hivenaineiden kohdalla, sillä korkeita strontiumarvoja (yli 1 000 ppm) on todettu niin moreeneilla ja hiekoilla kuin myös aitosavilla. Turvemaiden strontiumpitoisuudet edustavat vain noin viidettä osaa edellä mainittujen kivennäismaiden keskiarvoista.

Tiivistelmä

Korkeimmat hivenainemäärät ovat tämän tutkimuksen mukaan yleisesti aitosavissa. Vain sinkin suurimmat määrät tavataan liejuissa ja liejusavissa. Muutamien karkeiden kivennäismaiden

strontiummäärät ovat aitosavien luokkaa, jopa ylittävätkin ne. Turvemaat, etenkin niiden pohjanäytteet, ovat hivenaineista köyhimpiä maalajeja.

Tutkitut totaalmäärät ovat MÄKITIEN (1961) katsauksen arvosteluasteikon keskitason yläpuolella. Runsaita ovat erityisesti multamaan ja sara-turpeen kupari- ja sinkkipitoisuudet. Vasta hi-venaineiden liukoisen osan määrittäminen saat-taisi osoittaa tarkemmin, onko syytä olettaa tut-

kimusalueella esiintyvän puutetta hivenaineista. Etsittäessä syytä mahdollisiin kasvuhäiriöihin on päähuomion kiinnittäminen hivenaineisiin aiheel-lista lähinnä rakkaturvemaille ja karkeimmilla kivennäismaille.

KIRJALLISUUTTA

- ERVIO, R. 1963. Malmi—Tuusula. Summary: Soil map of Malmi—Tuusula. *Ann. Agric. Fenn.* 2, suppl. 3: 1—44.
- LAPPI, L. & MÄKITIE, O. 1954. Quantitative spectro-graphic determination of minor elements in soil samples. *Acta agr. Scand.* 5: 69—75.
- MÄKITIE, O. 1961. Eräiden hivenaineiden esiintymisestä viljelysmaissamme. Summary: The occurrence of some trace elements in arable soil in Finland. *Agrogeol. julk.* 78: 1—25.
- & LAPPI, L. 1958. On the effect of matrix compo-sition on the spectrochemical analysis of soil and plant ashes. *Selostus: Maa- ja kasvituhkan kiven-näiskokoomuksen vaikutuksesta spektraalianalyysissa. Agrogeol. publ.* 68: 1—36.
- SALMI, M. 1950. Turpeiden hivenaineista. Summary: On trace elements in peat. *Geotekn. julk.* 51: 1—20.
- SILLANPÄÄ, M. 1962. On the effect of some soil factors on the solubility of trace elements. *Selostus: Eräiden maaperätekijöiden vaikutuksesta liukoisuuteen. Agrogeol. publ.* 81: 1—24.
- VIRRI, K. 1964. Kerava—Nickby. Summary: Soil map of Kerava—Nickby. *Ann. Agric. Fenn.* 3, suppl. 2: 1—54.
- VUORINEN, J. 1956. Finska undersökningar rörande Mn, Cu och B. *Nord. jordbr. forskn.* 38: 199—209.
- 1958. On the amounts of minor elements in Finnish soils. *Selostus: Suomen maalajien hivenainemääristä. Maatal.tiet. aikak.* 30: 30—35.
- 1960. Hivenaineista Tampereen—Lempäälän seu-dun maaperässä. Summary: On the minor ele-ment contents of soils in the Tampere and Lem-päälä district. *Maatal. koetoin.* 14: 24—32.

SUMMARY

Trace element contents in the soils of Middle Uusimaa

RAIMO ERVIÖ and KALEVI VIRRI

Agricultural Research Centre, Department of Soil Science, Tikkurila, Finland

The present paper presents the results of some trace element determinations in a district of southern Finland where a soil survey was recently made (ERVIO 1963, VIRRI 1964).

Analyses of the total contents of copper, lead, zinc, cobalt, chromium, manganese, molybdenum, nickel, vanadium and strontium were carried out spectrographically (LAPPI and MÄKITIE 1954). The results for particular soil samples and average amounts of trace elements in various soil types are given in Tables 1 and 2.

The highest contents of most of the trace elements analysed were found in heavy clay (clay fraction > 60%)

soils. The zinc content, however, is highest in the sub-soil of gyttja and gyttja clay (which are young soils formed after the glacial period and containing at least three per cent of organic matter). In many cases large amounts of strontium were also found in coarse mineral soils. The lowest trace element level was found in the subsoil of peat. The subsoil is richer in most trace elements than the surface, especially in the case of clay soils.

The average contents of trace elements in the area investigated are slightly higher than the general level of trace elements in Finnish soils (VUORINEN 1958, MÄKITIE 1961).

PAIKALLISTEN LANNOITUSKOKEIDEN HEINÄSATOIHIN VAIKUTTA-
VISTA TEKIJÖISTÄ

Summary: A statistical study of factors affecting the yields of leys in local experiment fields

SYLVI SOINI

Maatalouden tutkimuskeskus, Maantutkimuslaitos, Tikkurila

Saapunut 17. 6. 1965

Maatalouden tutkimuskeskuksen paikalliskoe-toimisto on yhteistyössä neuvontajärjestöjen kanssa järjestänyt vuosien 1950—1957 aikana toista tuhatta yhtenäisen kaavan mukaista ns. yleislannoituskoetta. Kun näistä koekentistä otetut maanäytteet oli analysoitu maantutkimuslaitoksella, tuli koekenttien satotuloksiin vai-

kuttavien tekijöiden tutkiminen koneellisen tietojen käsittelyn avulla tästä laajasta aineistosta ajankohtaiseksi. Seuraavassa on esitetty niitonurmilta saatuja tuloksia ja tarkasteltu mahdollisuuksia käyttää paikalliskokeita useiden satoihin vaikuttavien tekijöitten tutkimisessa.

Aineisto

Paikalliskoetoimiston koetulokortistosta on käytetty perusaineistoksi nurmilla suoritettujen yleislannoituskokeiden tuloksia vuosilta 1950—57. Koekaava (TENNBERG 1955): lannoitukset O, PK, NP, NK ja NPK, koeruutujen luku 20, koko 50 m² ja koekenttä 10 aaria. Lannoitemäärät ovat olleet: 20 %:sta superfosfaattia (Psf) 200 kg/ha, 40 %:sta kalisuolaa (K₄₀) 150 kg/ha vuosina 1950—53, vuosina 1954—55 joko 150 kg/ha K₄₀ ta 150 %:sta kalisuolaa (K₅₀) 120 hg/ha ja vuosina 1956—57 100 kg/ha K₅₀ sekä kalkkisalpietaria (Nks) 150 kg/ha tai Oulunsalpietaria (Nos) 100 kg/ha. Kokeet, joissa eri lohkojen kasvukunto tai maalaji ovat eri kerranteilla olleet

erilaisia, on käsitelty eri kokeina. Jokaiselta lohkolta on määritetty ns. viljavuusluvut: pH vesiuutteesta 1:2.5 sekä pH 4.65:ssä vaihtuvat kalkki, laskettuna CaCO₃:na tn/ha, kali 40 %:sena kalisuolana, K₄₀ kg/ha, ja helppoliukoinen fosfori 20 %:sena superfosfaattina, Psf kg/ha, 20 cm:n kerroksessa (VUORINEN ja MÄKITIE 1955). Samalla on kerranteittain ilmoitettu maatalousneuvojen arvioimat ja analyysien yhteydessä tarkistetut maalaji- ja multavuustiedot. Lisäksi on otettu huomioon lämpö- ja lumipeitesummat, sademäärät, päivänpituudet ja säteilymäärät, lannoitteiden levitys- ja heinien korjuuajat sekä nurmen ikä.

Taulukko 1. Kokeiden jakautuminen maalajeihin ja kivennäismaiden multavuusluokkiin

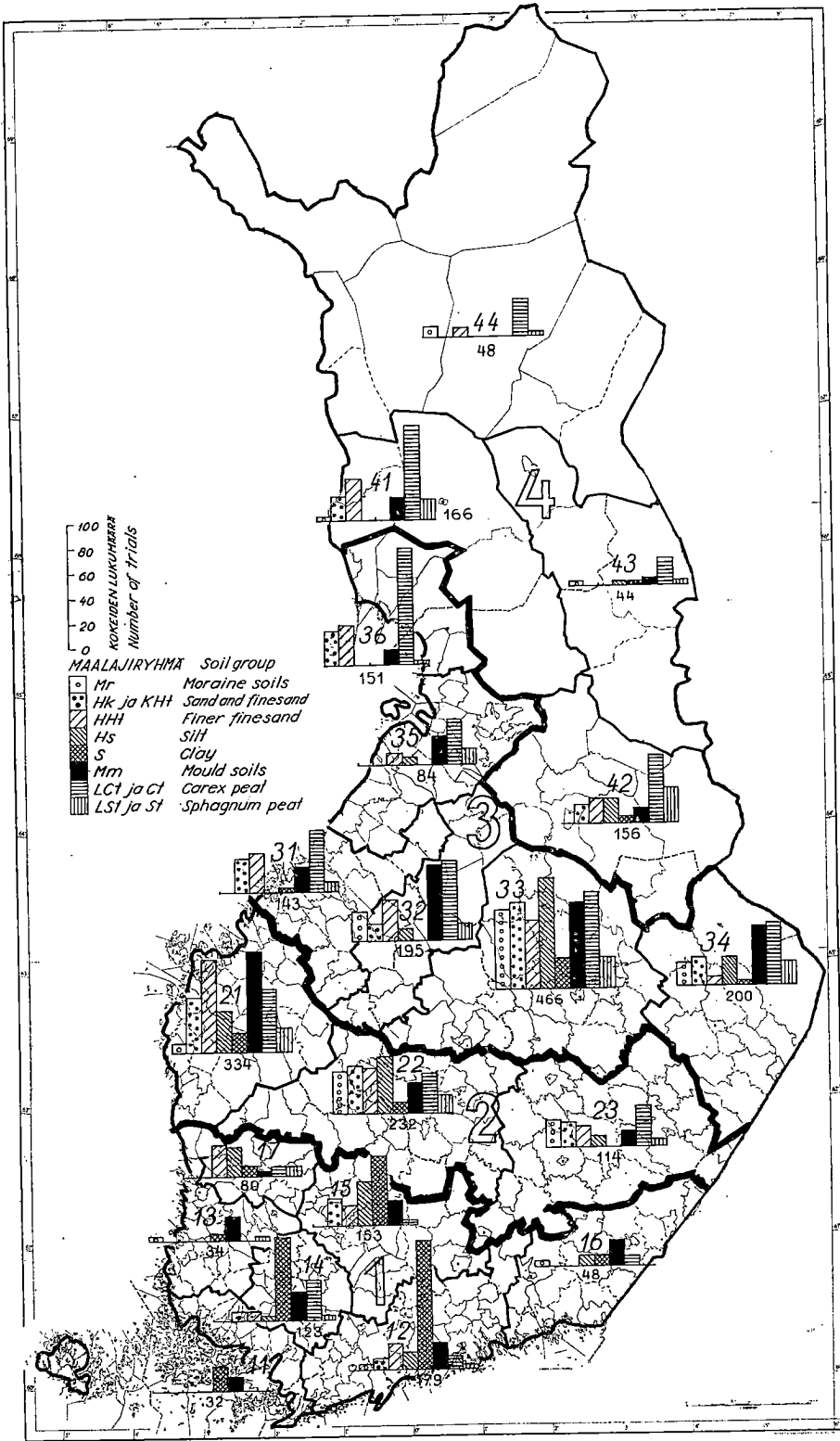
Table 1. Distribution of trials according soil type and organic matter content of mineral soils

Maalajityhmit ja maalajit Soil groups and soil types		Kokeitten lukumäärä — Number of trials				yhteensä total
		Multavuus		O. M. content		
		3 %	3—6 %	6—15 %	15—40 %	
A. Kivennäismaat — Mineral soils						
a) Moreenimaat — Moraine (till) soils						
1 ¹⁾	HkMr — Sand moraine	17	—	—	—	17
2	HtMr — Finesand moraine	51	118	—	4	173
3	HsMr — Silt moraine	4	8	—	—	12
		72	126	—	4	202
b) Karkeat lajittuneet maat — Coarse sorted soils						
1 ¹⁾	KHk — Sand (coarse)	4	1	—	—	5
2	Hk — Sand	8	8	—	—	16
3	HHk — Sand (finer)	12	16	4	—	32
5	htKHt — Coarser finesand (sandy)	4	4	3	—	11
6	KHt — Coarser finesand	44	62	1	—	107
7	hsKHt — Coarser finesand (silty)	2	—	—	—	2
9	hkHt — Finesand (sandy)	4	4	—	—	8
10	Ht — Finesand	61	75	10	6	152
		139	170	18	6	333
c) Hienot lajittuneet maat — Fine sorted soils						
11	HHt — Finer finesand	142	190	20	15	367
12	hsHHt — Finer finesand (silty) ..	25	22	—	—	47
13	sHHt — Finer finesand (clayey) ..	7	5	—	—	12
14	htHs — Silt (sandy)	14	24	—	—	38
15	Hs — Silt	124	134	4	6	268
16	sHs — Silt (clayey)	8	8	—	—	16
17	HtS — Sandy clay	47	59	9	12	127
18	HsS — Silty clay	75	48	17	—	140
19	AS — Heavy clay	10	38	14	—	62
		452	532	64	33	1 077
B. Eloperäiset maat — Organogenic soils						
a) Multamaat (Org. ainetta 15—40 % O.M.)						
1 ²⁾	LjS — Gytija clay			7		7
2	Lj — Gytija			10		10
3	Jm — Lake mud			38		38
4	Mm — Mould soil			403		403
5	htCt — Sandy peat			34		34
6	sCt — sSt — Clayey peat			8		8
				490		490
b) Turvemaat (org.ainetta 40 % O.M.) Peat soils						
9 ³⁾	LCt — Ligno Carex peat			—		311
8	BCt — Bryales Carex peat			—		8
7	Ct — Carex peat			—		234
6	LSct — Ligno Sphagnum Carex peat			—		48
5	SCt — Sphagnum Carex peat			—		99
4	LCSt — Ligno Carex Sphagnum peat			—		30
3	SCt — Carex Sphagnum peat			—		56
2	LSt — Ligno Sphagnum peat			—		72
1	St — Sphagnum peat			—		22
				—		88
				Yhteensä — Total		2 982

1) Lajitekoostumuksen karkeusaste — Ordinal of texture

2) Kivennäispiteisuuden järjestysluku — Ordinal of mineral content

3) Luontaisen viljavuuden järjestysluku — Ordinal of natural fertility



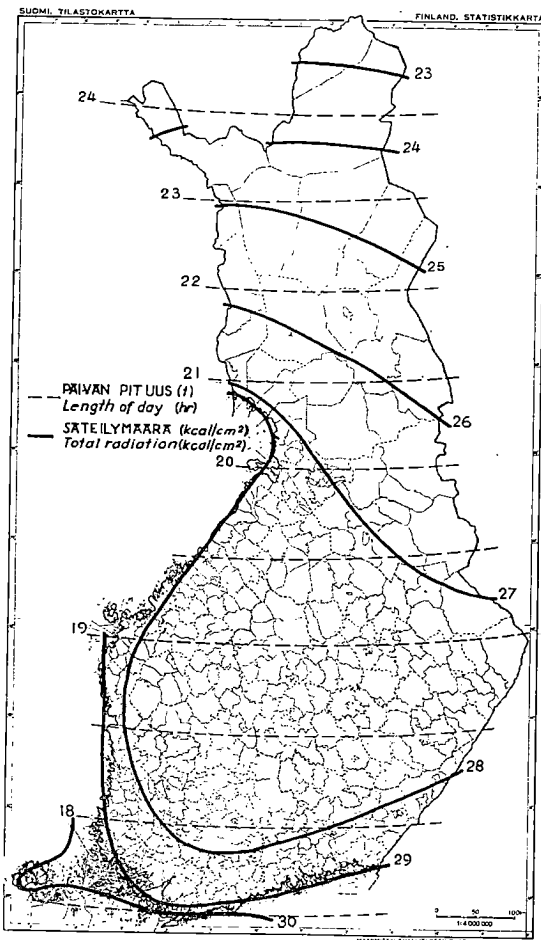
Kuva 1. Aluejako, kokeiden lukumäärät ja maalajit alueittain.
 Fig. 1. Areal distribution of trials and soil groups in various districts.

Aineiston käsittely ja laskumenetelmät

Vuosien 1950—54 kokeiden sato- ja maaperätiedoista oli jo v. 1957 käytettävissä tabulaattorilla tehtyjä ryhmittelyjä. Niiden tarkastelu johti kokeilemaan koneellista moniregressioanalyysia. Selitettäväksi muuttujiksi valittiin ilman lannoitusta saadut eli O-sadot, kalilannoituksen K (NP), fosforilannoituksen P (NK) ja täyslannoituksen NPK (O) antamat sadonlisäykset. Selitettäviksi tekijöiksi tulivat maaperä- ja sää tiedot sekä käytettävissä olleet viljelytekennilliset tiedot. Typpilannoituksen antamia sadonlisäyksiä N (PK) käytettiin ilmaisemaan maaperän typpi tilannetta.

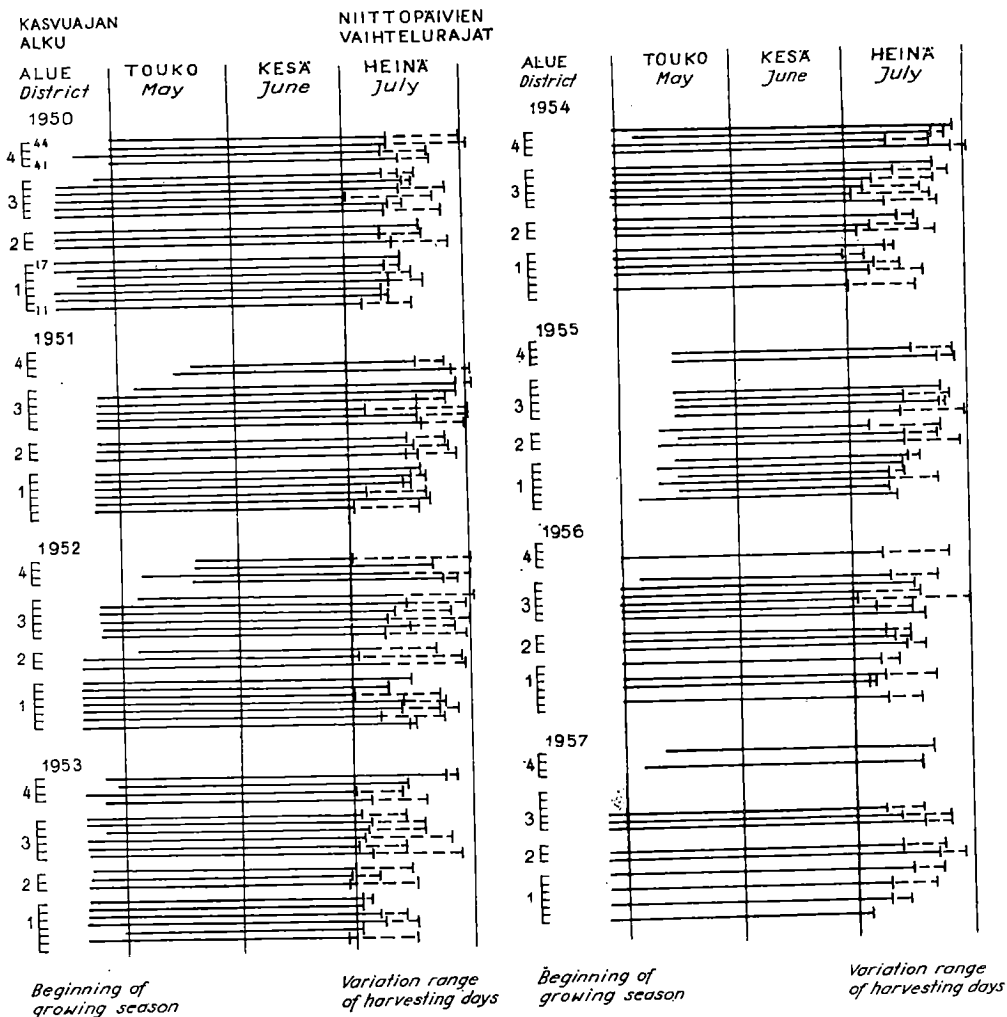
Koelohkojen vuosikertoja, joista oli riittävät tiedot, kertyi 2 982. Niiden jakautuminen maalajien ja kivennäismaiden multavuuden (AALTONEN, AARNIO ym. 1949) mukaan on esitetty taulukossa 1. Tietokoneohjelmaan sopivia ryhmiä laadittaessa on hiekkamaiden ja karkeiden hietamaiden kokeet yhdistetty. Multamaat (humusta 15—40 %) on liitetty kivennäismaihin silloin, kun pohjamaalaji on ollut kivennäismaata. Eloperäisten multamaitten ryhmä on muodostettu liejusavista, lieju- ja järvimutamaista sekä pelkästään multamaiksi ilmoitetuista maista ja kivennäismaansekaisista turvemaista. Puhtaita turvemaita on käsitelty erillään ja ryhmitelty lähinnä viljelyarvon mukaisesti (KIVINEN 1948; PUUSTJÄRVI 1959 a ja b; VALMARI 1956). Kaikki muut paitsi eutrofiset rahkaa sisältävät turpeet on liitetty rahkapitoisten turpeitten ryhmäksi sen vuoksi, että rahkavaltaisten turpeitten ryhmä olisi ollut liian pieni analysoitavaksi.

Kasvukauden lämpösummat ja sademäärät on laskettu pentadeittain ensimmäisen + 5°C:n keskilämpötilan saavuttaneen pentadin alusta korkeen korjuupäivään päättyvän tai sitä edeltävän pentadin loppuun lähimmän sääaseman tietojen perusteella (Kuukausikatsaukset, Ilmatieteellinen keskuslaitos). Näin lasketut lämpösummat (= päivittäisten keskilämpötilojen summat) olivat —500—1 300°C ja sademäärät 40:n ja 400 mm:n välillä. Talvien sääolojen kuvaajina olivat kuuden talvikuukauden keskilämpötilojen summat, —4° — —800°C, ja talvikuukausien 15 päivän lumipeitteiden summat, 0—450 cm. Ilmastotietojen aluejaon pohjana käytettiin PESOLAN (1942) viljelyvyöhykejakoja, koetilojen piirijakoehdotusta vuodelta 1952 ja Suomen kartaston ilmastokarttoja (KOLKKI 1960). Aluejako, kokeitten lukumäärät ja maalajit alueittain on esitetty kuvassa 1. Päivänpituudet leveysasteittain (LUNNELUND 1941) ja heinä kasvuajan säteilymäärät Suomen kartaston (ROSSI 1960) perusteella interpoloituina on esitetty kuvassa 2. Kasvuajat alueittain on esitetty kuvassa 3 ja eri-ikäisten nurmien jakautuminen maalajeille taulukossa 2. Havaintoaineisto käsiteltiin tietokoneessa kirjasto-ohjel-



Kuva 2. Päivän pituudet (LUNNELUND 1941) ja säteilymäärät heinä kasvu aikana Suomen kartaston 1960 mukaan interpoloituina.

Fig. 2. Average length of day and total radiation during the growing season of ley.



Kuva 3. Kocnurmien kasvuaajat alueittain (vrt. kuva 1) vuosina 1950—1957.
 Fig. 3. Growing season of ley in various districts (cf. Fig. 1.) in the years 1950—1957.

Taulukko 2. Eri-ikäisten nurmien jakautuminen maalajeille
 Table 2. Distribution of soil types and age of leys

Maalajiryhmä Soil group	Nurmen ikä v. Age of leys in years					yhteensä total
	1	2	3	4	5	
Mr — Moraine (till) soils	36	82	50	30	4	202
Hk ja Ht — Sand & finesand	97	164	57	12	3	333
HHt — Finer finesand	154	176	81	5	3	426
Hs — Silt	90	149	72	8	3	322
S — Clay	73	163	72	17	4	329
Mm ym. — Mould etc. (org.ainetta 15—40 % O.M.)	98	286	79	27	—	490
LCt ja Ct — Carex peats	121	265	131	36	—	553
LSct ja St — Sph. cont. peats	126	125	48	20	8	327
Yhteensä — Total	795	1 410	590	155	32	2 982

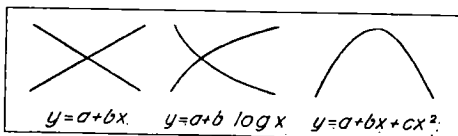
Taulukko 3. Kokeitten lukumäärät vuosittain ja niiden ryhmittely analyysaja varten
 Table 3. Distribution of trials in 1950—1957 and their division for regression analyses

Maalajiryhmä Soil group	Kokeitten lukumäärä Number of trials								Yhteensä — Total	
	1950	—51	—52	—53	—54	—55	—56	—57	Ryhmittely 1 Grouping	Ryhmittely 2 Grouping
Mr — Moraine (till) soils	17	12	28	29	33	43	16	24	202	202
Hk ja KHt — Sand and finesand ...	26	49	31	77	54	44	26	26	333	333
HHt — Finer finesand	86	73	59	79	34	39	32	24	426	—
Hs — Silt	69	31	28	50	78	18	28	20	322	1 077
S — Clay	54	56	52	54	31	37	28	17	329	—
Mm ym., org. ainetta 15—40 % — Mould etc. soils, 15—40 % O.M.	70	66	81	111	60	47	29	26	490	¹⁾ 283
Turvemaat — Peat soils	100	92	241	172	96	52	83	44	880	¹⁾ 534
Yhteensä — Total	422	379	520	572	386	280	242	181	2 982	¹⁾ 2 429

¹⁾ Maan multavuus (selittävä muuttuja x_2) on korvattu pohjamaan pH:lla (x_4), jonka vuoksi kokeiden lukumäärä on pienempi. — Humus content (argument x_2) substituted by subsoil pH (x_4).

malla »6. 1. 004— Multiple Linear and Non-linear Regression Analysis for the IBM card 1620», jossa muuttujia saa olla enintään 24 ja selitettäviä enintään puolet selittävien muuttujien määrästä.

Ohjelman tarjoamista mahdollisuuksista valittiin $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k$ -mallisen yhtälön etsittämiä osittaisregressiokertoimen (a) laskemiseksi argumenteista sekä alkuperäisiä havaintoja (x) että niistä erikseen johdettuja muunnoksia x :n sijasta: $\log x$, $\log \frac{1}{x}$ ja x^2 :



Tulokset

Paikalliskoetointisto on suorittanut paikallisten lannoituskokeiden tulosten käsittelyn lannoitteen satoa lisäävän vaikutuksen osalta (TENNERG 1939, —47, —55, —60 ja —64). Maan tutkimuslaitoksella oli tavoitteena tutkia lähinnä maaperätekiöiden vaikutuksia eri tavoilla saatuihin satotuloksiin.

Aikaisemmasta aineiston maaperä- ja satotietojen ryhmittelystä voitiin päätellä, että pareittai-

Raekoostumukseltaan selvimmän jakautunut ryhmä hiekka ja karkea hieta käsiteltiin kolmeen kertaan ja muuttujista käytettiin kolmea erilaista matemaattisten muutosten sarjaa eri kerroilla (taul. 4). Sen jälkeen analysoitiin muut maalajiryhmät yhteen kertaan yhtenäistä mallisarjaa käyttäen. Multa- ja turvemailla otettiin kivennäismaiden multavuuden tilalle pohjamaan pH, jolloin kokeiden luku näissä ryhmissä väheni. Lopuksi laskettiin hieman poikkeavaa mallistoa käyttäen yhtenä ryhmänä hienot hiedat, hiesut ja savimaat, kaikki multamaat toisena ja kaikki turvemaat kolmantena ryhmänä. Eri vuosien kokeitten jakautuminen eri analysointikerroilla käsiteltyihin maalajiryhmiin on esitetty taulukossa 3.

set tekijöiden väliset suorat korrelaatiot saattaisivat useissa tapauksissa jäädä epäluotettaviksi. Hiekan ja karkean hiedan ryhmästä kolmella eri tavalla suoritetun moniregressioanalyysin tulokset osoittavat, että osittaisregressiokertoimet voivat merkittävästi poiketa nolasta, ja toisistaan, sillä selittävien tekijöiden ja niiden muunnosten esiintyminen erilaisina erilaisissa yhteyksissä aiheuttaa muutoksia niiden saamiin t-arvoihin ja

HK, KHT		LANNOITUS Fertilization		P(NK)
1	2	SELVITTAMATON <i>Not due to regression</i>		
8				
MUUT Others Int.				
24% SELVITETTY <i>Due to regression</i>				

HK, KHT		ILMAN LANNOITUSTA Unfertilized	
1		SELVITTAMATON <i>Not due to regression</i>	
3			
7	8		
10			
17			
MUUT Others			
YHTEIS. Interact.			
23% SELVITETTY <i>Due to regression</i>			

HK, KHT		LANNOITUS Fertilization		NPK(O)
8		SELVITTAMATON <i>Not due to regression</i>		
9	MUUT Others			
YHTEISV. Interaction				
44% SELVITETTY <i>Due to regression</i>				

HK, KHT		LANNOITUS Fertilization			K(NP)	
8		SELVITTAMATON <i>Not due to regression</i>				
5	12					17
MUUT Others						
29% SELVITETTY <i>Due to regression</i>						

Kuva 4. Tekijän yksittäisen poisjättämisen aiheuttama selvitetyn neliösunnan pieneneminen. Esi-
merkki taulukosta 5 (Hk ja Ht, D. f. = 316).

Fig. 4. Loss of sum of squares due to regression for deleted variable. Example from Table 5 (sand and finesand
soils, 316 D. F.)

yhteiskorrelaatioitten F-arvoihin. Keskenään sa-
mansuuntaisten selittäjien suhteen näyttää mah-
dolliselta, että vahvimmat niistä ovat vähentäneet
heikompien selitystehoa ja merkittävyyttä sekä
että selittävistä tekijöistä puuttuu joitakin muut-
tujia. Joskaan tämänkaltaisen aineiston sovelta-
minen kiinteään kirjasto-ohjelmaan ei liene paras

mahdollinen käsittelytapa, katsottiin alustavien
analyysien tulosten perusteella kuitenkin aiheelli-
seksi käsitellä myös jäljellä olevat maalajiryhmät
samaa ohjelmaa käyttäen, vaikka erilaisten mal-
lien sopivuus näin ollen jäi epäselväksi. Seuraa-
vassa esitetään suoritettujen moniregressioana-
lyysien tuloksia.

Taulukko 4. Kali-, fosfori- ja täyslannoituksella saatuja sadonlisäyksiä selittämään testattujen argumenttien osittaisregressiokertointen etumerkit ja t-arvot 95*, 99** ja 99.9*** prosentin merkitsevyytasoilla

Selittävät muuttujat <i>Independent variables¹⁾</i>	Muunnos ²⁾ <i>Modification</i>	Mr <i>Moraine soils</i>	Maalaji — HK, KHt <i>Sand soils</i>		
			1	2	3
			4	5	6
			Ilman lannoitusta saatu sato —		
x ₁ Maalaji	a, c	-2.31*	+3.26**	+3.67***	+2.42*
x ₂ Multavuus	a	+2.58*	+1.79°	+1.91°	-0.15
	b				+0.59
x ₃ Pintamaan pH	a, c	+0.62	+2.92**	+2.35*	+0.22
	b				-0.61
x ₄ Pohjamaan pH	c				
x ₅ Vaihtuva Ca	a, c	-0.33	+1.38	+2.87**	+2.75**
	b				-2.69**
x ₆ Vaihtuva K	a, c	+1.80°	-0.20	+2.25*	+3.18**
	b				-2.24*
x ₇ Liukoinen P	a, c	+1.13	+2.08*	+0.87	+1.00
	b				-0.74
x ₈ N (PK)	a	-1.14	-2.34*	-2.28*	-2.65**
	b				+1.36
	a, c	+2.66**	+0.74	+0.88	+1.68°
	b	-3.44***		+0.29	
x ₁₀ Sademäärä	a, c	+6.25***	+3.07**	+0.87	+3.72**
	b				-0.14
x ₁₁ Päivän pituus	a, c	-2.22*	-1.64	+4.01***	-0.56
	b	+2.05		-3.72***	
x ₁₂ Säteilymäärä	a, c	+1.36	-1.93°	+0.01	-1.10
	b				-0.09
x ₁₃ Talvilämpö	a, c		+0.07		
x ₁₄ Lumipeite	b, c	+1.51	-2.12*	-2.38*	-3.18**
	b				+1.93°
x ₁₅ Kasvu aika	a, c		+0.80		-3.02**
	b				+3.27**
x ₁₆ Lann. aika	a		-0.00		
x ₁₇ Nurmen ikä	a, d	+1.11	-4.74**	+6.08***	-2.67**
	b				+2.44*
Vapaita arvoja — <i>D.f.</i>		186	316	311	313
Yhteiskorrelaatiokerroin — <i>R</i>		0.563	0.476	0.576	0.549
F-arvo — <i>F value</i>		5.77*	5.82*	7.38**	7.11**

¹⁾ *Independent variables:* x₁ = Soil type, x₂ = Organic matter content, x₃–7 = Soil testing results, x₈ = Yield increase with N fertilizer, x₉ = Sum of daily average temperature in growing season of ley, x₁₀ = Precipitation in growing season, x₁₁ = Average length of day in growing season, x₁₂ = Total radiation kcal/cm² on a horizontal surface in May–September, x₁₃ = Sum of monthly average temperature in winter, x₁₄ = Sum of depth of monthly (15:th day) snow cover in winter, x₁₅ = Length of growing season of ley, x₁₆ = Time from fertilizing to the end of growing season, x₁₇ = Age of ley in years.

²⁾ *Muunnokset — Modifications:* a) x; b) x²; c) log x; d) log $\frac{1}{x}$ (Muunnokset c ja d kurssiivilla — *Modifications c and d given in italics*).

Tietokoneohjelman antamista tuloluetteloista on taulukoitu osittaisregressiokertoimien (a₁, a₂ ... a_n) etumerkit ja t-arvot, vapausasteet (N—K—1) sekä neliojuuret yhteiskorrelaatiokertoimien neliöistä R. T-testillä on todettu osittaisregressiokertoimen mahdollinen merkitsevä poikkeaminen nollost. Tulosten luotettavuus on ilmoitettu 90°, 95*, 99** ja 99.9*** %:n tasoilla. Yhteiskorrelaatiokertoimelle (R) merkittiin F-arvo-

jen perusteella kolme luotettavuustasoa. Ne ja F-arvot on esitetty taulukossa 4.

Koneohjelman tuloluettelossa on ilmoitettu myös se vähennys selvitetystä vaihtelusta, minkä kunkin selittävän tekijän yksittäinen pois jättäminen aiheuttaisi. Näiden lukemien perusteella on laadittu taulukko 5. Osa sen sisällöstä on tulkittu kuvassa 4.

Table 4. The signs (+ or —) of partial regression coefficients and t-values for yield increases due P, K or NPK fertilization, tested for 17 arguments. Significances at 95*, 99** and 99.9*** per cent levels

Soil type														
HHt <i>Finesand soils</i>	Hs <i>Silt soils</i>	S <i>Clay soils</i>	HHt, Hs, S <i>Fins sorted soils</i>	Mm <i>Mould soils</i>		LCt, Ct <i>Carex peats</i>	LSr, St <i>Spagnum peats</i>	LCt, Ct, St <i>Peat soils</i>						
				1	2									
7	8	9	10	11	12	13	14	15						
Yield without fertilizing														
-4.15***	+0.27	-1.25	-5.46***	-0.79	-3.07**	+2.87**	+0.12	+0.14						
+2.46*	+2.43*	+0.76	+4.45***											
+1.30	+1.25	-1.13	+2.24*	-0.74	-1.05	-1.64	+1.30	+0.20						
				-0.60		+1.07	-0.32							
+4.02***	+4.46***	+1.43	+4.36***	+4.61***	+3.58***	+0.11	-3.13**	+0.74						
+3.55***	+1.06	+0.49	+3.18**	-2.78**	+1.05	+0.14	+2.47**	+2.18*						
+0.68	+0.90	+2.89**	+1.42	-0.42	-2.68**	-0.50	+1.67	+1.06						
-3.52***	-3.68***	+0.11	-3.97***	-0.93	-0.54	-0.14	+0.53	-2.68**						
+1.72°	+1.95°	-0.76	+2.17*	-0.03	+1.23	+0.71	-1.34	-0.24						
-1.51	-1.62	+0.79		+0.37		-1.52	+1.16							
+1.84°	+4.98***	+1.74°	+2.49*	-1.67°	-0.45	-0.82	+0.54	+0.40						
-3.09**	+0.64	+2.29*	+1.06	-0.93	+1.51	-1.51	+0.32	-0.10						
+3.71***	+0.03	-1.52	+1.02	+1.11	-1.75°	+0.97	-0.91	-0.10						
+2.56*	-0.59	+0.94	+0.77	+1.29	-1.59	+1.42	-2.76*	-0.0						
			+0.69					-2.76**						
+2.10*	-3.37***	-0.12	+0.16	+2.28*	+1.18	+2.18*	-3.24**	+2.29*						
			+1.17		+0.32			-0.41						
-0.44	-3.08**	-0.17	+2.19*	-2.53*	+2.37*	+0.62	-0.49	-0.17						
410	306	313	1 060	267	474	337	165	864						
0.462	0.605	0.336	0.428	0.428	0.308	0.389	0.434	0.218						
7.42**	11.8***	2.554	11.1**	3.99*	3.31*	4.02*	2.56	2.90						

Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen puitteissa on pidetty riittävänä esitellä selittävien tekijöitten vaikutuksen määräsuhteita ainoastaan taulukolla 5. Varsinaisessa tulosten tarkastelussa on rajoitettu lähinnä käytettyjen selittävien tekijöiden vaikutussuuntien toteamiseen erityisesti tapauksissa, joissa näyttää olevan tilastollista luotettavuutta. Selvyyden vuoksi mainittakoon, että seuraavassa tarkastelussa ei ole kysymys itse lannoitteen (P, K tai NPK) vaikutuksesta satoihin vaan siitä, ovatko muiden samanaikaisten tekijäin vaikutukset satoihin tai niiden lisäyksiin merkitseviä.

Yhteiskorrelaatiot ovat aineistoissa jääneet välille 0.2—0.7 ja suurimmat niistä johtuvat typen antaman sadonlisäyksen käyttämisestä täyslannoituksen sadonlisäysten selittäjänä. Muiden yhteiskorrelaatioitten merkitsevyyksistä päätellen käytettyjen muuttujien yhteisvaikutus olisi ollut selvin kalilannoituksella saatuja sadonlisäysten suhteen kaikilla maalajeilla. Fosforilannoituksen antama sadonlisäystä, paitsi hiesumailta, aineisto näyttää selittäneen jonkin verran. Lannoittamatta savimailta ja rahkapotoisilta turvemailta saatuja satoja aineisto ei ole merkitsevästi selittä-

Taulukko 4 (jatkoa)

Table 4 (cont.)

1	2	3	4	5	6
Sadonlisäys P (KN) —					
1 Maalaji	a, c	-1.85°	-2.84**	-2.98**	-2.24*
2 Multavuus	a	+0.50	+2.63**	+2.84**	+2.78**
	b				-2.31
3 Pintamaan pH	a, c	+3.04**	+1.27	+1.47	-0.88
	b				+1.01
4 Pohjamaan pH	a				-0.88
5 Vaihtuva Ca	a, c	-0.21	-0.82	-0.20	-0.84
	b				+0.58
6 Vaihtuva K	a, c	-0.53	-0.13	-0.73	-0.95
	b				+0.73
7 Liuk. P	a, c	-1.11	-0.42	-0.07	+0.37
	b				-0.48
8 N (PK)	a	+8.50***	+8.41***	+8.39***	+6.13***
	b				+1.07
9 Lämpösumma	a, c	+1.21	+0.37	+2.54*	+1.30
	b				-2.68**
10 Sademäärä	a, c	+1.36	-1.16	-1.02	-2.20*
	b				+0.87
11 Päivän pituus	a, c	-0.44	-1.03	-0.49	-0.71
	b				+0.22
12 Säteilymäärä	a, c	+0.57	-0.40	+0.86	-0.15
	b				-0.93
13 Talvilämpö	a, c		+0.37		
14 Lumipeite	a, c	-0.81	+0.45	-1.25	+0.39
	b				+0.57
15 Kasvu-aika	a, c		+1.00	+0.69	-0.74
	b				
16 Lann. aika	a		-1.60		
17 Nurmen ikä	a, d	-0.29	-0.56	-0.77	+0.79
	b				-0.82
D.f.		186	316	311	313
R.		0.563	0.493	0.522	0.515
F.		5.76*	6.35*	5.55*	5.97*

nyt. Yksityiset selittävät tekijät näyttävät useissa tapauksissa kuitenkin vaikuttavan luotettavammin lannoittamatta saatuun satoon kuin sadonlisäyksiin. Yhdistettyjen maalajiryhmien antamat

poikkeamat osa-aineistojen tuloksista voivat joutua joko aineiston laajenemisesta tai mallien erilaisuuksista.

Maaperätekijät

Kivennäismaitten lajitekoostumus, multamaitten kivennäispitoisuus ja turvelaji ovat olleet satoihin selvästi vaikuttavia tekijöitä. Ilman lannoitusta saadut sadot kasvavat merkittävästi hienojen aineisten osuuden lisääntyessä karkeissa lajittuneissa maissa. Moreeneilla ja hienoilla lajittuneilla mailla sen sijaan näyttää lajitekoostumuksen hienoneminen heikentävän satoja. Fosforilannoituksen satoa lisäävä vaikutus on tullut suurenevana esiin lajit-

teiden muuttuessa karkeilla mailla yhä karkeammiksi. Toisaalta näyttää täyslannoituksen teho olleen savilla sitä selvempi mitä korkeampi savipitoisuus on ollut. Multamailla näyttää maalajien kivennäisaineksen väheneminen aiheuttaneen ilman lannoitusta saatavan sadon vähennystä. Parhailta saraturpeilla näyttää puunjänepitoisuus liittyvän satoa lisääviin tekijöihin. Nouseva viljelyarvo rahkaa sisältävillä ja rahkaturvemailla on tullut näkyviin täyslannoituksen antaman sa-

7	8	9	10	11	12	13	14	15
Yield increase P (KN)								
-0.13	+1.07	+0.02	-0.47	-0.31	-0.06	-1.91°	-0.54	-0.51
-0.11	+1.30	-1.02	+0.35					
+0.04	+0.92	+1.76°	+1.74°	+0.99	+0.84	-1.33	-2.04	-1.90*
-0.46	+0.51	-3.25**	-2.09*	+2.70**	+1.94°	+0.91	-0.53	+0.65
-1.42	-1.28	-2.44*	-2.80**	+2.33*	+1.94°	+0.26	-0.84	+0.65
+0.63	-1.06	-0.23	+0.40	-1.47	-2.45*	-0.04	-1.07	-1.53
+6.75***	+3.61***	+10.9***	+12.3***	-0.53	-1.89°	-1.10	+1.06	-0.89
-0.18	-1.24	+0.80	+0.37	+5.99***	+11.2***	+7.35***	+5.86***	+11.4***
+0.18	+1.31	-0.98		-2.94**	+1.69°	+0.56	+4.32***	-0.85
+1.04	+2.25	-0.17	+1.57	+3.28**		-0.03	-4.19***	
+0.20	-0.54	+1.33	-0.49	-0.49	+0.18	+1.71°	+1.13	+1.47
-0.55	+0.17	-1.92°	-0.66	+1.14	-1.02	+0.88	-3.65***	-0.39
+0.35	-0.16	+0.04	-0.06	-0.87	+0.91	-1.90°	+4.06***	+0.62
				+0.87	+0.58	-1.95°	+1.52	+0.34
				+2.36*	+2.23*			+0.01
-0.60	+1.12	+1.22	-0.15	-2.61**	-2.98**	+1.26	+0.67	+1.25
					+0.23			+1.37
+0.64	+0.24	+2.51*	+0.01	+0.75	-0.20	-1.93°	-0.21	-0.71
410	306	313	1060	267	474	337	165	864
0.348	0.329	0.589	0.392	0.441	0.487	0.429	0.592	0.390
3.74*	2.48	11.1**	12.1***	4.30*	9.87**	5.07*	5.96*	10.4**

donlisäyksen vähenemisenä, jonka myös Puustjärvi (1959 b) on todennut.

Multavuuden lisääntyminen on suurentanut lannoittamatta saatua satoa sekä moreeneilla että lajittuneilla mailla. Kun hienoilla maalajeilla lajitekoostumuksen hienoneminen oli satoa alentava ja karkeilla taas sitä lisäävä tekijä, näyttää multavuudella olleen kummassakin tapauksessa edullinen vaikutus. Jos oletetaan, että multavuus hienoilla kivennäismailla lisää muruisuutta ja että multa karkeilla on hienojakoisempaa väliainena, viittaisi multavuuden yleinen edullisuus olennaisesti sen merkitykseen maan fysikaalisen tilan parantajana. Multavuuden tiedetään kuitenkin vaikuttavan myös maan typpi-tilanteeseen ja kationienvaihtoon. Multavuuden merkityksestä maan ravinnetaloudessa tuli näkyviin sen positiivinen vaikutus kali- ja fosfori-

lannoitusta saaneilla karkeilla lajittuneilla mailla ja täyslannoituksella saadun sadonlisäyksen väheneminen hienoilla hietamailla.

Maan happamuuden väheneminen näyttää lisänneen heinäsattoa lannoittamattomilla lajittuneilla kivennäismailla. Moreeneilla se näyttää edistäneen lannoitefosforin hyväksikäyttöä. Multamailla on pintamaan happamuuden väheneminen lisännyt kalin antamaa sadonlisäystä ja pohjamaan pH-suhteilla on ollut vastaava vaikutus lannoitefosforin ja NKP-lannoituksen hyväksikäyttöön. Turvemailla näyttää pintamaan happamuuden väheneminen kuitenkin jopa alentaneen kalin ja jossain määrin fosforin hyväksikäyttöä.

Viljavuustutkimuksen kalkkiluvun kasvu on ollut O-ruuduilla eduksi heinäkasvulle hiekka-, hieta- ja hiesumailla. Karkeilla lajittu-

Taulukko 4 (jatkoa)

Table 4 (cont.)

1	2	3	4	5	6
Sadonlisäys K(PN) —					
1 Maalaji	a, c	-1.73°	-1.07	-1.62	-1.44
2 Multavuus	a	+1.62	+1.85°	+2.43*	+2.96**
	b				-2.34*
3 Pintamaan pH	a, c	+0.94	-0.65	-0.34	+0.41
	b				-0.50
4 Pohjamaan pH	a				+0.59
5 Vaihtuva Ca	a, c	+1.73°	-2.80**	-1.67°	-1.49
	b				-1.47
6 Vaihtuva K	a, c	-1.57	-0.23	+0.82	-0.83
	b				-0.46
7 Liuk. P	a, c	-0.26	+1.75°	-0.46	-1.98*
	b				+3.24**
8 N (PK)	a	+7.34***	+9.10***	+8.88***	+6.64***
	b				+1.13
9 Lämpösumma	a, c	+3.39***	+0.23	+1.24	-0.58
	b				-1.28
10 Sademäärä	a, c	+1.13	+1.57	+1.43	+0.04
	b				-0.90
11 Päivän pituus	a, c	+0.50	-1.49	+0.53	-1.43
	b				-0.48
12 Säteily määrä	a, c	+3.20**	-2.38*	+1.33	-2.11*
	b				-1.46
13 Talvilämpö	a, c		+0.51		
14 Lumipeite	a, c	+0.33	-1.63	+0.32	-0.86
	b				-0.69
15 Kasvuaika	a, c		-1.29	-0.00	-0.79
	b				-0.79
16 Lann. aika	a		+0.58		
17 Nurmen ikä	a, d	+0.98	-2.43*	+1.11	-0.82
	b				+0.14
D.f.		186	316	311	313
R		0.574	0.535	0.537	0.564
F		6.10*	7.94**	6.01*	7.68**

1	2	3	4	5	6
Sadonlisäys PKN (O) —					
1 Maalaji	a, c	-0.48	-1.36		
2 Multavuus	a	-0.17	+0.53		
3 Pintamaan pH	a, c	-1.61	-0.45		
4 Pohjamaan pH	a				
5 Vaihtuva Ca	a, c	+1.13	-0.90		
6 Vaihtuva K	a, c	-0.31	+0.82		
7 Liuk. P	a, c	-0.27	-1.88°		
8 N (PK)	a	+12.4***	+14.2***		
9 Lämpösumma	a, c	+1.74°	-1.97*		
	b				
10 Sademäärä	a, c	+1.33	+1.37		
11 Päivän pituus	a, c	-0.26	-0.77		
	b				
12 Säteily määrä	a, c	+1.30			
13 Talvilämpö	a, c	+1.75°	-0.32		
14 Lumipeite	a, c		-0.71		
15 Kasvuaika	a, c	-0.63	-0.71		
16 Lann. aika	a, c		-0.03		
17 Nurmen ikä	a, c		-0.03		
	b		-0.10		
D.f.		186	316		
R		0.708	0.663		
F		12.5***	15.5***		

7	8	9	10	11	12	13	14	15
Yield increase K (PN)								
+0.72	+0.90	+0.45	+0.97	+1.06	+0.15	-0.51	-1.90°	-1.39
+1.25	+0.83	+0.32	+1.89°					
-0.00	+0.96	+1.63	+1.61	+2.14*	+1.78°	-2.89**	-3.85***	-3.75***
+0.59	+1.11	-1.22	+0.39	+1.05		+2.80**	+1.03	+2.98***
-2.99**	+0.57	-1.66°	-3.08**	-0.47	+0.52	+2.07*	+2.31*	
+0.32	-1.28	+0.67	+0.59	+2.03*	+1.52	+0.32	-0.47	-1.17
+13.2***	+7.07***	+13.2***	+20.1***	+7.86***	+11.8***	+7.71***	+6.13***	+13.6***
-1.49	-0.70	-0.03	+0.46	-3.16**	+0.44	+1.89°	+0.97	-0.41
+1.25	+0.72	+0.49	+3.44***	+0.84		-0.84	-1.38	
-0.53	+1.03	-0.73	-0.35	+1.16	+1.22	-0.46	+2.93*	+2.75**
+0.22	+0.40	-0.88	+0.89	+1.00	+0.16	+2.44*	-1.41	+0.41
-1.63	-0.30	+1.39	-1.97*	-0.38	+0.46	-2.35*	-2.11*	+0.24
-1.77°	+0.09	-0.78	-1.40	+2.77**	+3.09**	-0.05	+3.58***	+2.96**
			+1.27		+0.27			+1.96*
-1.44	-0.18	-0.51	-1.52	-2.50*	+0.01	-0.83	+0.96	-1.43
			+0.15		+0.01			+0.73
+0.02	+0.90	-0.12	-2.17*	+4.41***	-3.27**	-0.14	+0.34	+0.56
410	306	313	1060	267	474	337	165	864
0.570	0.432	0.657	0.545	0.578	0.523	0.474	0.632	0.479
13.2***	4.70*	15.9***	28.1***	8.97**	11.9***	6.54*	7.32**	17.2***

7	8	9	10	11	12	13	14	15
Yield increase PKN (O)								
+1.24	-0.64	+2.84**		+1.60		-1.11		-2.13*
-2.02*	-0.24	+0.16						
-0.54	-0.99	+0.25		+1.70°		-0.59		-2.52*
-0.83	+0.32	-0.57		+3.05**		+1.62		+0.15
-1.53	+0.21	-2.89**		+0.88		-1.52		+1.10
-0.12	-0.03	+0.22		-0.83		-3.49***		-2.21*
+12.7***	+13.2***	+14.3***		+0.45		-0.68		-0.21
-0.74	+0.62	+0.62		+13.2***		+11.7***		+9.56***
+0.58	-0.49	-1.02		-3.53***		+2.10*		+2.86**
+0.97	+0.44	+3.52***		+3.59***		+0.45		-3.26**
-0.95	+2.49*	+1.29		-0.53		-2.27*		+1.29
+0.33	-2.51*	-1.29		+1.09		+1.31		-1.11
-0.06	-1.69	+0.48		-2.29*		-1.62		+1.69°
				+1.96°		-1.93°		+2.75**
-2.10*	-1.17	+1.55		-2.44*		-1.16		+0.82
-0.90	-1.21	+0.81						
				+1.89°		-1.47		+0.42
410	306	313		267		337		165
0.569	0.647	0.700		0.730		0.618		0.696
12.5***	14.7***	20.1***		15.4***		13.9***		10.4**

Taulukko 5. Yhden selittävän tekijän poisjättämisen aiheuttama

Table 5. Loss in sums of squares for deleted

Selittävä muuttuja ¹⁾ Independent variable ¹⁾	Lannoittamatta saatu sato — Yield without fertilizing												Sadonlisäys K (PN) — Yield increase											
	Mr ²⁾	Hk, KHt			HHt	Hs	S	KHt, Hs, S	Mm		LCt, Ct	LSt, St	LCt, Ct, St	Mr	Hk, KHt			HHt	Hs	S	HHt, Hs, S	Mm		
		1	2	3					1	2					1	2	3					1	1	
x 1.	6	11	9	4	16	—	4	17	1	19	14	—	—	3	1	2	1	—	1	—	—	—	1	—
x 2.	8	3	2	—	5	3	1	11	..	..	..	..	..	3	3	5	6	1	1	—	1	..	..	..
x 3.	—	9	3	—	2	1	3	3	1	2	4	4	—	1	—	—	—	1	1	1	3	2	..	..
x 4. ....	..	..	..	..	..	..	..	..	1	..	2	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	..	..
x 5.	—	2	5	6	15	11	5	11	35	26	—	26	1	3	6	2	—	—	2	1	—	—	—	—
x 6.	4	—	3	8	11	1	1	6	13	2	—	16	11	3	—	1	2	5	1	1	2	5	61	..
x 7.	1	5	—	1	—	1	22	1	—	14	—	7	3	—	2	—	3	—	2	—	—	3	—	..
x 8.	1	6	3	5	11	8	—	9	1	1	—	1	17	59	71	62	31	88	71	82	90	46	78	..
x 9.	8	1	—	2	3	2	1	3	—	3	1	5	—	13	—	1	—	1	1	—	—	7	—	..
x 10.	45	10	—	10	3	14	8	3	5	..	1	1	—	1	2	2	—	—	2	—	—	1	1	..
x 11.	5	3	10	—	9	—	14	1	1	5	4	0	—	—	2	—	1	—	—	—	—	1	—	..
x 12.	2	4	—	1	6	—	2	—	3	5	3	20	—	11	4	1	3	2	—	—	—	6	5	..
x 13. ....	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3	..	..	18	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
x 14.	3	5	4	8	4	7	—	—	9	3	8	27	12	—	2	—	1	1	—	—	1	5	—	..
x 15. ....	..	1	6	..	..	..	..	1	..	..	..	..	..	..	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..
x 16. ....	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
x 17.	1	24	24	5	—	5	1	3	11	11	1	1	—	1	4	1	—	—	1	—	1	14	6	..
Selvitetty neliösumma ³⁾ ..	32	23	33	30	21	37	11	14	18	11	15	19	5	33	29	29	32	33	19	43	30	34	27	..

¹⁾ Selittävät muuttujat samat kuin taulukossa 4. — For independent variables see table 4

²⁾ For soil types, see table 4.

³⁾ Selvitetty neliösumma % koko neliösummasta — Sum of squares due to regression, per cent of total sum of squares.

selvitety neliösumman vähennys prosentteina selvitetystä neliösummasta

variable in per cent of total sum of squares

Selittävä muuttuja ¹⁾ Independent variable ¹⁾	Sadonlisäys P (KN) Yield increase												Sadonlisäys NPK (O) — Yield increase												
	LCt, Ct	LSt, St	LCt, Ct, St	Mr	Hk, KHt			HHt	Hs	S	HHt, Hs, S	Mm		LCt, Ct	LSt, St	LCt, Ct, St	Mr	Hk, Hkt 1	HHt	Hs	S	Mm 1	LCt, Ct	LSt, St	
					1	2	3					1	2												
—	3	—	1	4	8	8	4	—	3	—	—	—	5	—	—	—	—	1	1	—	3	1	1	3	..
..	7	7	7	—	5	1	—	2	—	—
..
8	13	5	11	2	2	1	—	2	2	2	2	—	2	5	3	1	—	—	1	—	1	1	4	..	
..	..	..	..	..	..	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
8	1	±	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	11	..	1	..	..	..	..	..	..	4	1	—
4	5	3	—	1	—	1	—	1	6	2	8	3	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	1	..	
15	9	12	—	—	—	1	4	4	4	4	4	4	—	1	2	—	—	1	—	1	—	6	3	..	
..	
—	—	—	1	—	—	—	1	3	—	—	—	2	2	1	1	—	—	2	—	—	—	—	—	..	
..	
61	34	72	84	70	60	33	81	35	72	79	56	85	71	39	84	83	81	86	79	68	76	66	59	..	
..	..	..	..	..	..	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
4	1	1	2	—	6	2	—	4	—	—	13	2	—	21	1	2	2	—	—	—	5	2	5	..	
1	2	..	2	..	6	..	—	5	1	..	17	..	—	20	..	1	..	—	—	—	6	—	7	..	
—	8	3	2	1	1	4	2	14	—	1	—	3	1	1	1	1	1	—	4	—	2	1	..		
..	..	..	..	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
6	2	1	—	1	—	—	—	1	1	—	2	1	1	15	—	—	—	1	3	1	5	1	1	..	
6	4	—	—	..	..	..	..	2	—	1	1	5	19	—	1	..	—	3	1	4	1	2	..	
..	
..	
1	1	1	1	—	1	1	1	3	1	—	11	6	2	1	1	—	—	2	1	1	3	1	—	..	
..	
..	..	..	..	1	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
—	—	1	—	1	1	1	2	4	—	1	—	5	—	—	1	—	1	1	—	2	1	—	..		
..	
23	40	23	32	24	27	27	12	10	35	15	19	24	18	35	15	50	44	31	42	49	46	38	49	..	

neilla mailla edullisuus on ulottunut kalkkilukujen 19—20 tn/ha vaiheille asti. Kalin hyväksikäytössä kalkin runsaus on moreeneilla ollut ehkä vähän eduksi, mutta karkeilla lajittuneilla mailla haitaksi. Fosforilannoituksen hyväksikäytössä savilla, missä happamuuden väheneminen on ollut hieman eduksi, on kalkin runsaus ollut haitaksi. Tämä voi liittyä käsityksiin fosforin esiintymismuodoista eri pH-asteissa (LAKANEN ja VUORINEN 1963) tai johtua fosfaattien vaikealiukoisuudesta erityisesti savimailla.

Multamailla on runsas kalkki lisännyt satoja sekä O-ruuduilla että fosforilannoituksen yhteydessä. Turvemailla on kalkin runsaus ollut eduksi kalilannoituksen yhteydessä, vaikka pH-luvun nousu on ollut haitaksi. Samantapainen vastakaisuus on aikaisemmin todettu vaihtuvan kalkin määrän vaikutuksissa kalin liukoisuuteen (KARLSSON 1952; LAKANEN ja VUORINEN 1963; WIKLANDER 1950). Lannoittamattomilla rakkapitoisilla turvemailla näyttäisi kalkin runsaus ilman lannoitusta olleen haitaksi, mutta on mahdollista, että huonoimpina pidettyjä turvemaita on kalkittu eniten ja niissä on samalla lannoitteiden tarve tuntuvin ja lannoittamatta saadut sadot vähäisiä.

Viljavuustutkimuksen vaihtuvan kalin pitoisuus on useissa tapauksissa kivennäis- ja turvemailla positiivisessa vuorosuhteessa ilman lannoitusta saatujen satojen kanssa. Vastaavanlaisen vuorosuhteen ovat myös SEMB ja ØIEN (1960) todenneet. Ainoastaan multamaa on antanut selvästi pieneneviä lannoittamatta saatuja satoja kaliluvun kasvaessa (Mm 1), mutta koe-lukumäärän kaksinkertaistaminen (Mm 2) on niilläkin muuttunut vaikutussuunnan muilla maalajeilla todettuun suuntaan.

Kalilannoituksen antama sadonlisäys näyttää melko yhtenäisesti vähentyneen kalilukujen kasvaessa. Moreeneilla ja karkeilla lajittuneilla mailla suuntaus ei ole saanut luotettavuutta. Hiesut muodostavat erikseen laskettuna poikkeuksen, mutta laajempaan yhteyteen liitettyinä eivät alenna luotettavuustasoa. Multa- ja turvemailla on maan kaliluvun noustessa kalilannoituksella saatu sadonlisäys selvästi pienentynyt, vaikka se ei ole niillä säännöllisesti lisännyt O-ruutujen satoja.

Maan kalilukujen kasvu on ollut savi- ja turvemailla negatiivisessa vuorosuhteessa fosforilannoituksella saatuun sadonlisäykseen. Kun heikkokuntoisilla mailla on yleensä vähän sekä kalia että fosforia ja voimaperäisesti viljellyillä runsaasti molempia, on mahdollista merkitsevyyden siirtyminen satunnaisesti maan fosforipitoisuudelta kalipitoisuudelle. Toisaalta on juuri näillä maalajeilla kalipitoisuuden vaikutus lannoittamatta saatuihin satoihin ollut jossain määrin epäselvä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu kalivaikutuksen kaariviivaisuutta (ALTEN ym. 1937). Yhdistelmävaikutusten erilaisuus on voinut johtua seikoista, joita sadon analysointi voisi selvittää (PUUSTJÄRVI 1962).

Selvittämättömistä seikoista huolimatta näyttäisi näiden analyysien perusteella kuitenkin mahdolliselta muiden selittäjien avulla todeta maan kalin ja satotulosten vuorosuhde luotettavana.

Viljavuusmäärittelyksen ilmoittama maan helpoliukoisen fosforin kasvava pitoisuus on lisännyt lannoittamatta saatua heinä-satoa karkeilla lajittuneilla mailla ja savimailla. Edellisellä se on suorana laskien jonkin verran lisännyt myös kalin antamaa sadonlisäystä ja vähentänyt täyslannoituksen vaikutusta. Toisen asteen funktiona laskien se näyttää kuitenkin vähentäneen kalilannoituksen antamaa sadonlisäystä samaan tapaan kuin kalipitoisuus savi- ja multamailla oli vähentynyt fosforilannoituksen sadonlisäystä. Huolimatta siitä, että savimailla ovat viljavuustutkimuksen fosforilukujen erot voimakkaan pidättymisen johdosta pienemmät kuin muilla maalajeilla (SILLANPÄÄ 1958 ja 1961), on vuorosuhde savimaiden P-luvun ja lannoittamatta saadun sadon välillä muita selvempi. Multamailla näyttäisi olevan maan fosforin samoin kuin kalinkin suhteen joitakin muita satotuloksiin vaikuttavia tekijöitä tai yhdistelmävaikutuksia, joita nämä analyysit eivät riitä tulkitsemaan. Maan fosforilukujen ja lannoittamatta saatujen satojen välillä on useimmissa maalajiryhmissä positiivinen vuorosuhde, joskin se vain kahdessa tapauksessa saavuttaa tilastollisen merkitsevyyden. Tätä vuorosuhdetta tukee maan P-luvun noustessa todettava P-lannoituksella saadun sa-

donlisäyksen väheneminen, mutta tämänkin vuorosuhteen merkitsevyys on heikko.

TENNBERG (1947) on esittänyt arvelun, että sää- ja valoisuustekijät eivät yksin riitä selittämään fosforilannoituksen eri paikkakunnilla antamien sadonlisäysten eroja. Lannoitefosforin pidättyminen ajan funktiona (SILLANPÄÄ 1961) edellyttäisi etenkin fosforilannoituksen sadonlisäyksiä tulkittaessa tiedot lannoitekylvön aikaisuudesta yhtenä selittäjänä. SALOSEN ja TAINION (1957) sekä KAILAN ja HÄNNISEN (1960) mukaan pitäisi sadon laatu analysoida, ennen kuin sen fosforin käyttö tulisi oikein arvioiduksi. Lisäksi koekenttien erilaiset kasvilajistot ja kuivatusolot ovat voineet aiheuttaa eroja kasvien fosforin ottoon. Kun käytetty selvittävien tekijöitten ryhmä ilmeisen puuttellisenakin on riittänyt antamaan joitakin tuloksia maan P-luvun suhteista, on ilmeistä, että aineisto täydennettynä ja eri ta-

voin käsiteltynä antaisi selvemmän kuvan maan fosforin määritysmenetelmän käytännöllisestä merkityksestä.

Typpilannoituksen antaman sadonlisäyksen käyttäminen maan typpi-tilanteen ilmaisijana on lannoittamatta saatujen satojen suhteen osoittautunut melko asianmukaiseksi. Mitä pienempiä ovat lannoittamattomien ruutujen sadot olleet, sitä selvempi on ollut typpilannoituksesta johtuva sadonlisäys useimmilla kivennäismailla. Eloperäisillä mailla sen sijaan vain laajimmassa turvemaiden ryhmässä on saatu samansuuntainen tulos. Typpilannoituksella saatu sadonlisäys fosfori-, kali- ja täyslannoitusten sadonlisäyksiä selittävänä tekijänä on selvästi vähentynyt muista selittäjistä riippumattomaa muuntelua, mutta on toisaalta voinut vähentää myös näiden merkitsevyyttä.

Ilmastotekijät

Lämpösumman nousu $+700^{\circ}\text{C}$:seen asti on ollut edullinen lannoittamattomilla ja $+900^{\circ}\text{C}$:een asti kalilannoituksen saaneilla moreenimailla. Jossakin määrin näyttää lämpösumman nousu edistäneen heinän kasvua useilla lajittuneilla kivennäismailla O-ruuduilla ja fosforilannoituksen saaneilla karkeilla lajittuneilla mailla. Multamailla on lämpö ollut eduksi sekä kali-, fosfori- että täyslannoituksen hyväksikäytössä. Rahkapitoisilla turvemailla lämmön edullisuus fosforilannoituksen yhteydessä näyttää ulottuneen $+800$ — $+900^{\circ}\text{C}$:seen asti. On mahdollista, että lämpö on eloperäisten ja turvemaiden ryhmässä edistänyt typen vapautumista kasvien käyttöön siinä määrin, että lannoitetyypen antama sadonlisäys on näillä mailla ollut merkitsevästi vuorosuhteessa lannoittamatta saatuaan satoon vain laajimmassa turvemaiden aineistossa. Toisaalta on turvemailla voinut tulla kysymyksen typen ja kalin suhdetaikutus (PUUSTIÄRVI 1962). Lämpösumman saamat ylärajat voivat olla epätarkkoja sen vuoksi, että lämpösummat on laskettu korjuuaikaan asti, myös selvästi yli-ikäisiksi jääneillä kokeilla.

Sateen runsaus on lisääntynyt satoja kaililla kivennäismaitten lannoittamattomilla ruuduilla selvimmän moreeneilla ja hiesuilla. Sateen ansiosta on kalilannoituksella saatu sadonlisäys hivenen lisääntynyt rahkapitoisilla turvemailla ja samoin fosforilannoituksen vaikutus hiesumailla. Erikoisen selvästi on sade parantanut NPK-lannoituksen tehoa savimailla.

Sateen haittavaikutusta näyttäisi esiintyneen jonkin verran karkeilla lajittuneilla mailla, parhailla turvemailla ja multamailla. Syynä voi olla joko sademäärien summan laskeminen vaihteleviin korjuuajankohtiin asti, koekentän kuivatus-tilaa ja ojitusta koskevien tietojen puuttuminen tai lämpösumman mahdollinen pienuus sateen ollessa runsasta. Erikoisesti on Etelä-Pohjanmaalla kesällä 1953 (alue 21) hietamaitten kokeista saatu poikkeuksellisen suuria satolukuja, jotka voivat johtua edullisista pohjavesisuhteista. Sateen jakautuminen eri ajankohdille kasvuaikana, mitä YLLÖ (1964) on tutkinut perunalla, voi olla nurmilla niin selvästi satotuloksiin vaikuttava tekijä, että sateen runsaus sellaisenaan ei ole riittänyt ilmentämään sateiden todellista merkitystä.

Pitenevä päivä näyttää merkitsevästi lisänneen lannoittamatta saatuja satoja muilla kivennäismailla paitsi hiesulla. Karkeilla lajittuneilla mailla sen edullisuus on ulottunut 22—23 tuntiin asti. Päivän pituuden vaikutus näyttää luotettavalta savimaillakin, vaikka niitä on pohjoisessa varsin vähän. On kuitenkin mahdollista, että savien lajitekoostumuksen muuttuminen karkeammaksi etelästä pohjoiseen mentäessä on samansuuntaisena muuttujana vaikuttanut tulokseen. Vaikka päivän piteneminen ei ole selvästi parantanut O-ruutujen satoja hiesumailla, näyttää se kuitenkin vähentäneen NKP-lannoituksen merkitystä niillä samoin kuin multamaillakin. Saraturpeilla päivän piteneminen on vähentänyt lannoitekalilla saatua sadonlisäystä ja rahkaa sisältävillä turpeilla se on lisännyt lannoitefosforin antamaa sadonlisäystä. Päivän pidetessä pohjoiseen mentäessä vähenee säteilymäärä. Näiden seikkojen on todettu olevan vaikutuksiltaanakin vastakkaisia (POHJAKALLIO 1951, 1954; POHJAKALLIO ja SALONEN 1959), mikä ilmenee myös nyt saaduissa tuloksissa.

Säteilymäärän suureneminen näyttää nostaneen kalilannoituksen antamaa sadonlisäystä moreeni- ja multamailla sekä rahkapitoisilla turpeilla. Tämä vastaa aikaisempia käsityksiä kalin ja säteilyenergian positiivisesta vuorosuhteesta (RATHJE 1952). Samoilla maalajeilla näkyy säteilyn vaikutus myös täyslannoituksella saatu- jen sadonlisäysten suuruudessa.

Talvikukausien keskilämpötilojen summa koetta edeltäneen talven

lämpötilan kuvaajana on riittänyt lannoittamattomilla turvemailla ilmaisemaan lämpimän talven edullista vaikutusta. Kalilannoitus on turpeilla jossakin määrin korjannut kylmän talven haitta- vaikutuksia. Lajittuneilla kivennäismailla ja multamailla näyttää fosforilannoitus olleen hyväksi kylmän talven jälkeen.

Lumipeitteen kasvustoa suojaava vaikutus näyttää lannoittamattomilla ruuduilla tulleen esiin hieta-, multa- ja saraturvemailla, kun taas karkeilla lajittuneilla mailla, hiesulla ja rahkaturvemailla on paksusta lumipeitteestä ollut haittaa. Hieta- ja multamailla näyttää lannoitus korvanneen vähälumisuu- den haittoja. Tutkimus ei selvitä talvea kuvaavien tekijäin vaikutusten perussyitä. Kokeittaiset havainnot talvehtimisestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä, joita mm. YLIMÄKI (1962) on selvitetty, yhdistettynä tämän tutkimuksen tapaiseen laajaan analyysiin voisivat tuoda lisäselvitystä talvehtimisolojen syy-yhteyksiin.

Kaikki ilmastotekijät muuttuvat eniten pohjois—eteläsuunnassa. Nurmien kasvilajisto (PAA-TELA 1955) on mahdollisesti vaihdellut koe- kentillä samansuuntaisesti. Rikkaruoholajiston muuttumisella voi olla vaikutusta satotuloksiin. Tällainen monien tekijöiden samanaikainen vaihtuminen edellyttäisi kaikkien osatekijöiden mukanaoloa lähtöaineistossa, josta eri tekijöiden vaikutuksia voitaisiin testata erikseen tai yhdistellä varianssi- tai faktorianalyy- sien tapaan.

Viljelytekni- liset tekijät

Kasvuajat ovat näissä kokeissa olleet hyvin eri pitkiä. Kun lämpösummat ja sademäärät oli laskettu koekohtaisten kasvuaikojen mukaan, oli kasvuaika sellaisenaan mukana vain muutamissa analyyseissa ja sen jatkuminen ylipitkäksi osoittautui merkitsevästi heinäsatoa alentavaksi ainakin karkeilla lajittuneilla mailla. Lämpösummien ja sademäärien laskeminen alueittain sopivimpaan korjuu- aikaan asti ja kasvuajan kokeittaisen ylipituuden (POIJÄRVI

1931) käyttäminen erikseen selittävä- nä tekijänä voisi antaa selvempiä tuloksia.

Lannoitteiden kylvöstä sadonkorjuuseen kulunut aika oli sellaisenaan mukana yhdessä analyy- sisarjassa, mutta ei saavuttanut tilastollista merkitsevyyttä.

Nurmenikä oli analyyseissa sekä suora- na että $\log \frac{1}{x}$ -mallisena muunnoksena, mutta mallien ero ei näytä sanottavasti vaikuttaneen tu-

loksiin. Molempia tapoja käyttäen on karkeilla lajittuneilla mailla ja multamailla tuloksena lannoittamatta saadun sadon väheneminen nurmen vanhetessa. Myös hienoilla kivennäismailla saatiin samantapainen tulos. Hienoilla lajittuneilla ja multamailla ovat kalin antamat sadonlisäykset suurentuneet nurmien vanhetessa, mutta pienentyneet lajittuneilla karkeilla mailla. Nurmen iän

ja fosforilannoituksen vaikutuksen välinen vuorosuhde on heikohko ja suunnaltaan vaihteleva eri maalajeilla. Nurmen iän suoranainen merkitys jää epäselväksi, koska käsitteeseen olennaisesti liittyy muita tekijöitä kuten viljely- ja rikkakasvilajiston ja niiden keskinäisten suhteiden muuttuminen.

Tiivistelmä

Paikalliskoetoimiston nurmien yleislannoituskokeista on käsitelty seuraavia satotuloksia: Lannoittamatta saatu sato sekä kali-, fosfori-, typpi- ja täyslannoituksella saadut sadonlisäykset. Lisätietoina ovat olleet maalaji, humuspitoisuus, viljavuusmääritysten tulokset (pH, kalkki-, kali- ja fosforiluvut), kasvuajan lämpösumma ja sademäärä, päivän pituus, säteilymäärä, talvikausien lämpösumma, lumipeite, kasvu aika ja nurmen ikä, yhteensä 17 muuttajaa.

Tutkimuksessa ei ole pyritty selvittämään itse lannoitteiden (K, P tai NPK) vaikutusta satoihin, vaan sitä, ovatko muiden samanaikaisten tekijäin vaikutukset satoihin tai niiden lisäyksiin merkitseviä. Myöskään eri laskumenetelmien vertailuja ja faktorianalyysejä ei aineiston puutteellisuuden vuoksi ole suoritettu.

Tietokoneella suoritettujen moniregressioanalyysien perusteella satoeroja koskevista havainnoista voidaan päätellä seuraavaa:

— Kivennäismailla on hietalajitteen, erityisesti hienon hiedan, runsaus lisännyt heinäsattoa.

— Multamailla on lisääntyvä kivennäisaineksen pitoisuus lisännyt sattoa.

— Viljelyarvoltaan parhaita saraturpeita ovat olleet puunjäännepitoiset turpeet.

— Rahkapitoisten turpeiden alhainen viljelyarvo ilmenee täyslannoituksen voimakkaana vaikutuksena.

— Multavuuden lisääntyminen on lisännyt heinäsattoa kivennäismaiden lannoittamattomilla koekäsenillä ja lisännyt lannoitteiden tehoa karkeilla lajittuneilla mailla.

— Kalkkiluvun kasvaessa on ilman lannoitusta saatu sato hiekka-, hieta-, hiesu- ja multamailla

lisääntynyt. Turvemailla on kalilannoituksen antama sadonlisäys kasvanut, vaikka niillä on happamuuden väheneminen vaikuttanut päinvastaiseen suuntaan. Fosforilannoituksella saatu sadonlisä on pienentynyt kalkkilukujen kasvaessa savimailla vaikka happamuuden vähenemisellä on ollut vastakkainen vaikutus.

— Kaliluvun kasvaessa on lannoittamatta saatu sato hieta- ja turvemailla lisääntynyt. Kalilannoituksella saatu sadonlisäys hienoilla lajittuneilla kivennäismailla sekä multa- ja turvemailla on vähentynyt.

— Fosforiluvun suhde lannoittamatta saatua satoa lisäävänä ja fosforilannoituksella saatua sadonlisäystä vähentävänä tekijänä on jossain määrin tullut näkyviin, mutta ei ole saanut sanottavasti tilastollista luotettavuutta.

— Typpilannoituksen antama sadonlisäys on antanut kuvan maan typpitilanteesta sikäli, että lajittuneilla kivennäismailla on saatu tyypellä sitä suurempi sadonlisäys, mitä pienempiä sadot ovat olleet ilman lannoitusta.

— Kasvukauden lämpösumman nousu on parantanut lannoitteiden hyväksikäyttöä multa- ja turvemailla.

— Enenevä sademäärä on lisääntynyt ilman lannoitusta saatua satoa kivennäismailla, erikoisesti karkeimmilla ja hiesuilla, sekä parantanut lannoitteiden tehoa savimailla.

— Pitenevä päivä on lisännyt lannoittamatta saatua satoa karkeilla kivennäismailla ja hienoilla hiedoilla.

— Kasvava säteilymäärä on lisännyt kalilannoituksen antamaa sadonlisäystä moreeneilla sekä multa- ja turvemailla.

— Nurmien vanheneminen on alentanut ilman lannoitusta saatuja satoja lajittuneilla kivennäis-
mailla ja multamailla.

Analyyseissa mukana ollut selittäjäaineisto olisi parempi, jos käytettävissä olisivat satoanalyysit, kasvilajeja, rikkakasveja, talvehtimistä, sa-
teiden ajankohtia, ravinteiden yhdistelmävaiku-
tusta, korjuuastetta, kuivatusta, lannoituksen

aikaisuutta ja maalajien alueellisia eroja koskevat
tiedot.

Tutkimus on jo tällaiseksi rajoitettuna riittänyt
osoittamaan, että laajan koetulosaineiston ja
automaattisen tietojenkäsittelyn avulla voidaan
tutkia satoihin vaikuttavia tekijöitä, joiden vai-
kutukset ei ole ilman toisten selittäjien vaikutuksen
eliminoimista todettavissa.

KIRJALLISUUTTA

- AALTONEN, V. T. & AARNIO, B. *et. al.* 1949. Maaperä-
sanaston ja maalajien luokituksen tarkistus v. 1949.
Summary: A critical review of soil terminology and
soil classification in Finland in the year 1949.
Maatal.tiet. aikak. 21: 37—66.
- ALTEN, F. & GOEZE, G. & FISCHER, H. 1937. Kohlen-
säureassimilation und Stickstoffhaushalt bei ge-
staffelter Kaligabe. *Bodenk. Pfl. ern.* 5: 259—289.
- KAILA, A. & HÄNNINEN, P. 1960. Response of ley plants
to rock phosphate and superphosphate. Selostus:
Hienofosfaatti ja superfosfaatti nurmikasvien fos-
forin lähteenä. Maatal.tiet. aikak. 32: 52—61.
- KARLSSON, N. 1952. Potassium in the soil. *Kungl. Lant-
br.akad. Tidskr.* 91: 297—329.
- KIVINEN, E. 1948. Suotiede. 219 s. Helsinki.
- KOLKKI, O. 1960. Ilmasto II. Suomen kartasto 1960, 6: 10.
Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin. *Månadsöversikt av
väderleken i Finland. Vuosikerrat 1949—1957.*
Ilmatieteellinen keskuslaitos, Helsinki.
- LAKANEN, E. & VUORINEN, J. 1963. The effect of liming
on the solubility of nutrients in various Finnish
soils. Selostus: Kalkin vaikutuksesta ravinteiden
liukoisuuteen. *Ann. Agric. Fenn.* 2: 91—102.
- LUNELUND, H. 1941. Über die Sonnenscheindauer in
Finland. *Soc. Scient. Fenn., Comm. Phys-Math.*
XI. 8: 14.
- PAATELA, J. 1955. Niitonurmiemme kasvilajisto. Sum-
mary: On the botanical composition of leys in Fin-
land. Maatal. koetoim. 9: 7.
- PESOLA, V. A. 1941. Suomen kasvinviljelyalueet (Referat:
Die Anbaugiete Finnlands). *Acta Agr. Fenn.*
47, 1: 1—147.
- POHJAKALLIO, O. 1951. On the effect of the intensity of
light and length of day on the energy economy of
certain cultivated plants. *Acta Agr. Scand.* 1, 2:
153—175.
- »— 1954. On the Effect of Light Conditions on the
Dry Matter Yield, Dry Matter Content and Root-
Top Ratio of certain cultivated Plants. *Ibid.* 4, 2:
289—301.
- »— & SALONEN, A. 1959. Puna-apilan viljelyn mah-
dollisuuksista Taka-Lapissa. Summary: On the
possibilities of cultivation of red clover in norther-
most Lapland. Maatal. koetoim. 13: 179—186.
- POTJÄRVI, I. 1931. Korjuuajan vaikutus heinäsadon mää-
rään ja laatuun. Kokeita kesien 1925 ja 1926 hei-
nillä. *Valt.maatal. koetoim. julk.* 35: 1—87.
- PUUSTJÄRVI, V. 1959 a. Trofian ja boniteetin välisistä
riippuvaisuussuhteista. (The luxurionsness of a
virgin bog as an index of its productive capacity.)
Suo 10, 2: 38—43.
- »— 1959 b. Eri boniteettiluokkien ja suotyyppien
tuottokyvystä paikalliskokeiden antamien tulosten
valossa. On the productivity of the different degress
of plant quality and bog types in the light of results
produced by local experiments. *Ibid.* 10, 5—6:
86—91.
- »— 1962. Suometsien kaliumravitsemuksesta ja N/K
-suhteesta neulasanalyysin valossa. On the potas-
sium nutrition of wet peatland forests and on the
N/K of the needles in the light of needle analysis.
Ibid. 13, 3: 36—40.
- RATHJE, W. 1952. Zur Physiologie des Kalium. I. Paralle-
lität von Kaliumgehalt und Säuregehalt lebender
Zellen. *Z. Pfl.ern. Düng. Bodenk.* 57: 151—163.
- ROSSI, V. 1960. Ilmasto II. Suomen kartasto 1960, 6: 10.
- SALONEN, M. & TAINIO, A. 1957. Fosforilannoitusta kos-
kevia tutkimuksia. Selostus kiinteillä koekentillä
vuosina 1931—54 suoritetuista lisättyjen fosfori-
määrien kokeista. Summary: Results of field ex-
periments with different amounts of phosphate
fertilizers *Valt. maatal.koetoim. julk.* 164: 1—104.
- SEMB, G., ØIEN, A. 1960. Available potassium in Nor-
wegian soils. *Trans. 7th Intern. Congr. Soil Sci.*
II: 178—184.
- SILLANPÄÄ, M. 1958. Lannoituksen ja satojen vaikutuk-
sesta maan fosforin ja kaliumin viljavuusarvoihin.
Summary: Soil testing as an index of phosphorus
and potassium balances in the soil. *Agrogeol. julk.*
71: 1—19.
- »— 1961. Fixation of fertilizer phosphorus as a function
of time in four Finnish soils. Selostus: Lannoitteiden
pidätyemisestä maahan ajan funktiona. *Ibid.* 80:
1—21.

- TENNBERG, F. 1939. Synpunkter på tolkningen av resultaten från gödslingsförsök med indirekt plan. Nord. Jordbr. forskn. 1—2.
- »— 1947. Alueellisiä eroja fosfaattilannoituksen vaikutuksessa. Maatal. koetoim. 2: 129—141.
- »— 1955. Väkilannoitteissa annettujen ravinteiden satoa lisäävästä vaikutuksesta Suomessa. Paikallinen kasvinviljelyskoetointi. Väkilannoitteet maataloutemme hoitajina. Pellervo-Seura. Erip. Helsinki.
- »— 1960 Fosforilannoituksen vaikutuksesta satomäärin Suomessa. Rikkihappo- ja superfosfaattitehtaat Oy 40 vuotta. Erip. 34 s. Helsinki.
- »— 1964. Data för kortsiktig planläggning inom växtproduktionen. Nord. jordbr. forskn. 46, 3: 130—138.
- VALMARI, A. 1956. Über die edaphische Bonität von Mooren Nordfinlands. Acta Agr. Fenn. 88: 1—125.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmistä. Agrogeol. julk. 63: 1—44.
- WIKLANDER, L. 1950. Fixation of potassium by clays saturated with different cations. Soil Sci. 69: 261—268.
- YLMÄKI, A. 1962. The effect of snow cover on temperature conditions in the soil and overwintering of field crops. Selostus: Lumipeitteen vaikutus maan lämpötiloihin ja peltokasviemme talvehtimiseen. Ann. Agric. Fenn. 1: 192—216.
- YLLÖ, L. 1964. Einfluss von Temperatur und Niederschlag auf den Kartoffelertrag von Sortenversuchen in Finnland. Selostus: Lämpötilan ja sademäärän vaikutus perunan satoon lajikekoikeissa Suomessa. Ibid. 3: 256—264.

SUMMARY

A statistical study of factors affecting the yields of leys in local experiment fields

SYLVI SOINI

Agricultural Research Centre, Department of Soil Science, Tikkurila, Finland

Fertilizer trials on leys with the following layout have been carried out since 1935 by the Bureau of Local Experiments of the Agricultural Research Centre:

O, PK, NP, NK and NPK

where O = no fertilizers, P = 200 kg/ha superphosphate (cont. 20 % P_2O_5), K = 150 kg/ha potassium fertilizer (cont. 40 % K_2O), N = 150 kg/ha nitrogen fertilizer (cont. 15.5 % N).

Since 1950, the soil fertility (pH, exch. Ca and K, and soluble P) has been determined for all experimental fields by the soiltesting method used in Finland (VUORINEN and MÄKITIE 1955).

The material, comprising 2 982 local experiments from the years 1950—1957, is presented in Fig. 1 and Tables 1—3. The investigation was planned not only to demonstrate the direct effects of fertilizers on yields but also to reveal possible significances of other simultaneously acting factors. The factors chosen and the results obtained by linear and nonlinear multiple regression analyses are given in Tables 4 and 5.

In spite of the obvious of data concerning several essential variables, such as botanical and chemical composition of yields, distribution of precipitation, etc. many interesting relations are to be seen in the results:

Abundance of finesand (0.02—0.2 mm), especially finer finesand, in the textural composition of mineral soils proved to be most favourable for the growth of leys.

An increasing mineral content of mould soils was correlated with yield increase.

The content of wood residues in *Carex* peat soils was a sign of good quality of the peat.

There was a negative correlation between degree of natural fertility of peat and increase of yields obtained with fertilizers in Sphagnum-containing peat soils. The organic matter content of mineral soils is positively correlated with yields of unfertilized plots and with yield increase due to fertilization in coarse mineral soils. The higher the pH value, the smaller is the effect of K in peat soils and the greater the effect of P in moraine (till) and clay soils.

The content of exchangeable calcium in soil is correlated with the yields on sand, finesand, silt and mould soils, and also with the increasing effect of K on peat soils and the decreasing effect of P on clay soils.

The content of exchangeable potassium in soil is correlated with the yields in finesand and peat soils, and negatively correlated with the effect of K in fine sorted mineral soils, mould and peat soils.

A correlation between readily soluble soil phosphorus and unfertilized yields and a negative correlation with effect of P fertilizers is probable but has only weak statistical significance.

The increasing effect of nitrogen fertilizers is correlated with decreasing yields of unfertilized plots in sorted mineral soils.

The increase of the sum of daily average temperature during the growing season has increased the effect of fertilizers on mould and peat soils.

Increasing precipitation has increased the yields on all mineral soils and the effect of fertilizers on clay soils.

Increasing length of day is related to increasing yields on most mineral soils.

Increasing total radiation has increased the effect of K fertilizing on moraine, mould and peat soils.

The yields of first-year leys exceed those of the following years. In spite of the obvious limitations of the present study, the author feels that the automatic data processing discloses new prospects for studying large amounts of data from agricultural experiments.

THE INHERITANCE OF THE NEW BLOOD GROUP FACTOR SF3
IN CATTLE

KALLE MAIJALA

Agricultural Research Centre
Department of Animal Breeding
Tikkurila, Finland

GUNVOR LINDSTRÖM

Central Association of
Artificial Insemination Societies
Helsinki, Finland

Received June 19, 1965

The purpose of this paper is to give information on an apparently new bovine antigenic factor, which up to now has resisted our attempts to relate it to any of the previously known blood group systems. The factor, preliminarily called SF3, was isolated in the winter of 1962 (MAIJALA 1964; LINDSTRÖM & MAIJALA 1965), and it has proved to show no parallelism with other blood typing reagents available in our laboratory or included in the international standardization tests of the years 1962—64. By publishing the information available to us, we hope to get other laboratories interested in proving whether the factor SF3 really belongs to a blood group system of its own. Finding a new dominant marker gene in cattle would be of importance not only for the different practical applications of immunogenetics but also for cattle genetics in general.

Materials and methods

Only iso-immunizations have been used for antibody formation. By the courtesy of Prof. Lauri Paloheimo, of the University of Helsinki, the animals of the experimental farms »Viiki» and »Malminkartano» were available for the immunizations. The former herd consisted

of Ayrshire animals, while the latter was of Finncattle, the native cattle breed in Finland. Since autumn 1962, some Swedish-Friesian heifers have been available in the latter herd. Animals belonging to »Malminkartano» have been utilized only as donors, while animals at »Viiki» have served both as donors and as recipients. A total of 171 animals from »Viiki» and 73 animals from »Malminkartano» were used. Before the immunizations were started, the animals of both farms were tested with reagents provided by the Danish, Norwegian and Swedish laboratories.

The technique of transfusion was the same as that employed by the Danish laboratory (NEIMANN-SØRENSEN 1958). Blood from the donor was drawn into 100 ml bottles containing 25 % Alsever solution. The recipient received 10 ml (20 ml before the year 1962) of the donor's blood with the above-mentioned solution, introduced intramuscularly with a 20 ml syringe. The blood of the donor was usually used for 3—4 different recipients and stored in the refrigerator for the next injection. In this way it was possible to bleed the donor as little as every second week. The injections were then performed at intervals of 6—7 days. These series of injections were performed 4—8 times, and if no antibody production seemed to occur after the 4th injection,

the series was discontinued. If antibodies were produced, the cow in question was bled and the rawserum collected and stored at -15°C to -18°C in the freezer.

The technique used in absorptions has mainly been the same as that used by NEIMANN-SØRENSEN (1958). The haemolytic technique has been used in the blood type determinations.

Any unexpected unit reagent was given a preliminary name and included in the routine tests. Of the nine new reagents found up to now, one has proved to be a new factor belonging to the B system, two have given indefinite reactions, four have paralleled some previously known reagent (I, D4, F' and R'), while two are still unlocated. One of these is the SF3 to be described below.

Data for studying the inheritance of the SF3 factor and its relation to other blood group factors or loci were obtained partly from the data collected in connection with routine parentage and identification control, partly from the data of dam-daughter pairs collected for different genetical investigations. Additional details of the data and methods will be presented in connection with each particular part of the study.

Detection of the SF3 factor

In the hope of obtaining antibodies against the factors E, X_2 and V, the following immunization was made:

Donor: A/ $GY_2E'_1/E'_3$ C_1EX_2 V/V J/ L/ $S_2/$ —/—
 Recipient: AH $GY_2E'_1/$ C_1R_2W F/F —/— L/ $S_2/$ Z/—

The work was started with 3 successive injections in November 1960, but it was interrupted until April 1961, when 3 new weekly injections were made. A third attempt was made in March 1962. Then the cow was bled after 2 introductions, and a rawserum with a titre of 1/32—1/64 was obtained. The subsequent trial absorptions were done with erythrocytes of both Ayrshire and Finncattle animals, using a serum dilution of 1/2. These trials revealed that the serum

contained antibodies against the factor V and against an unknown factor. The absorptions performed with cells containing antigen V gave a fraction of antibodies which could not be divided further. This antibody and the corresponding antigenic factor were given a preliminary name SF3, and the reagent has been included in routine tests since April 4th 1962, after which date more than 7 000 animals have been tested with it. All absorptions performed have shown that the reagent is fully specific.

The mode of inheritance of the factor SF3

The value of any new antigenic factor as a genetical marker depends on whether its reactions are determined by a single dominant gene. To elucidate this question with regard to the factor SF3, sire families were chosen in which the bull was positive but heterozygous for SF3. Further, it was required that the dams of the offspring had been tested with the SF3 reagent with negative results. The heterozygosity of a bull was established by the occurrence of at least one negative offspring. Because of the possibility that some heterozygous bulls might escape detection, BERNSTEIN's (1960) correction was applied in computing the expected numbers of positive and negative offspring in small progeny groups. In groups consisting of at least 10 offspring the correction is negligible. A total of 19 heterozygous bulls with at least 2 dam-offspring pairs meeting the requirement were used. The distribution of their positive and negative offspring is shown in Table 1.

The sum of the individual chi-squares as well as the pooled chi-square indicate that the distribution does not deviate significantly from the ratio 1:1, which is the expected segregation ratio in test crosses concerning a single dominant gene. All the variation between the progeny groups in the segregation ratio can be explained by chance alone, as can be seen from the high probability of the heterogeneity chi-square. It can thus be concluded with a fair degree of certainty that the reactions of the SF3 factor are

Table 1. The distribution of SF-positive and SF-negative offspring from matings of heterozygous bulls to SF-negative cows

Breed and herdbook No. of the sire	Observed No. of offspring			Expected frequency of SF3-neg. offspring	Expected No. of offspring		Test for conformity		
	Total	SF3 pos.	SF3 neg.		SF3 pos.	SF3 neg.	D.F.	χ^2	P <
F 5 301	2	1	1	0.667	0.667	1.334	1	0.249	0.7
A 21 359	2	1	1	»	»	»	1	0.249	0.7
A 19 430	4	3	1	0.533	1.868	2.132	1	1.287	0.3
A 22 331	5	2	3	0.516	2.420	2.580	1	0.141	0.8
A 23 255	5	2	3	»	»	»	1	0.141	0.8
F 6 269	5	1	4	»	»	»	1	1.615	0.3
A 19 111	7	2	5	0.504	3.472	3.528	1	1.238	0.3
A 22 544	7	4	3	»	»	»	1	0.159	0.7
A 25 644	7	4	3	»	»	»	1	0.159	0.7
A 20 283	7	5	2	»	»	»	1	1.334	0.3
A 23 618	7	5	2	»	»	»	1	1.334	0.3
A 20 147	8	3	5	0.502	3.984	4.016	1	0.484	0.5
A 23 714	9	3	6	0.501	4.491	4.509	1	0.990	0.5
A 26 066	9	1	8	»	»	»	1	5.417*	0.02
A 18 911	11	4	7	0.500	5.500	5.500	1	0.818	0.5
F 5 105	17	12	5	»	8.500	8.500	1	2.882	0.1
F 5 733	17	6	11	»	»	»	1	1.471	0.3
A 17 665	22	12	10	»	11.000	11.000	1	0.182	0.7
A 23 086	34	13	21	»	17.000	17.000	1	1.882	0.2
Total Pooled	185	84	101		91.286	93.714	19	22.032	0.3
							1	1.148	0.3
Heterogeneity (difference)							18	20.884	0.3
(A = Ayrshire, F = Finncattle)									

controlled by a single gene which is dominant to its absence, as is the case regarding all the previously known antigenic factors.

The phenotypic relation of SF3 to other blood group factors

As stated above, the SF3 reagent has been included in about 7 000 routine tests in our laboratory since its detection. It has also been included in the European Comparison and Standardization Tests of the years 1962—1964 and in the American Repeatability and Standardization Tests of the same years, including a total of 220 blood samples. No sign of any parallelism with other reagents has appeared as yet. It can thus be concluded that the SF3 factor is not identical with the generally known antigenic factors or with any new factors included in these international tests. ¹⁾

¹⁾ After the preparation of the manuscript it has turned out that a new reagent T², detected by GROSCLAUDE & co-workers in the French laboratory, has shown a rather good parallelism with the SF3 reagent in the European reference and comparison tests of the year 1965.

In order to obtain a more precise idea of the relation of SF3 to other antigenic factors, a chi-square test for independence was applied to data consisting of 273 Ayrshire or Finncattle bulls, computed on the basis of 2 × 2 contingency tables (SNEDECOR 1957). Every bull had a different sire, so they were very little related. The study concerned 50 different reagents belonging to 11 different systems, including the SF3. In cases where at least one of the four cells had an expected frequency of less than 5, Fisher's exact probability test was used instead of χ^2 (SIEGEL 1956). Yates' correction for continuity was used in computing the χ^2 . The results are shown in Table 2.

It appears from the table that the reactions of SF3 were independent of the reactions of all the other factors studied, except V in the FV system. Even this can be explained by chance alone in such a big group of comparisons. For there were still higher χ^2 values between reagents known to belong to different systems, e.g. between H and O₁ ($\chi^2 = 12.1$) or between X₃ and Z ($\chi^2 = 18.0$). All the χ^2 values where there

Table 2. Associations between the SF factor and other blood group factors in a sample of 273 unrelated bulls

Factor	Number of animals					Tests for independ.		Factor	Number of animals					Tests for independ.	
	SF3 — posit.		SF3 — negat.		Total	χ^2	P		SF3 — posit.		SF3 — negat.		Total	χ^2	P
	+	-	+	-					+	-	+	-			
A	61	173	11	28	273	0.01		B	165	69	30	9	273	0.40	
H	146	88	27	10	271	1.12		D ₄	92	7	20	1	120		0.79
C ₁	83	151	12	26	272	0.08		G ₁	170	63	32	7	272	1.01	
C ₂	62	172	12	27	273	0.13		I ₁	225	9	37	2	273		0.48
E	103	131	19	20	273	0.14		I ₂	210	23	30	5	268		0.29
R ₂	61	118	15	12	206	3.77		K	208	24	35	3	270		0.55
W	123	111	22	17	273	0.07		O ₁	103	131	24	15	273	3.45	
X ₁	228	6	39	0	273		0.60	O ₂	99	134	22	15	270	3.06	
X ₂	130	104	22	17	273	0.01		O ₃	6	5	4	0	15		0.23
X ₃	99	77	21	15	212	0.00		P	211	23	34	5	273		0.37
L ⁺	204	30	29	10	273	3.43		Q	218	16	36	3	273		0.53
F	6	228	0	39	273		0.60	T ₂	231	2	38	0	271		1.00
V	150	84	33	6	273	5.47*		Y ₁	177	28	30	2	237		0.33
J	131	103	24	15	273	0.22		Y ₂	129	105	26	13	273	1.37	
L	114	120	23	16	273	1.03		A ₁	147	87	22	17	273	0.34	
M	222	10	37	2	271		0.54	B ⁺	228	5	36	1	270		0.59
S ₁	209	25	33	6	273		0.27	D ₁	190	44	29	10	273	0.60	
S ₂	64	170	11	28	273	0.01		D ₂	177	55	26	9	267	0.00	
U ⁺	222	12	37	2	273		0.62	E ₁	209	25	34	5	273		0.43
Z	135	99	24	15	273	0.08		E ₂	51	16	4	3	74		0.25
R ⁺	56	6	13	1	76		0.78	E ₃	138	96	23	16	273	0.03	
								G ⁺	97	33	20	5	155	0.10	
								I ⁺	200	34	32	7	273	0.10	
								J ⁺	228	6	38	1	273		0.66
								K ⁺	229	5	38	1	273		0.61
								O ⁺	218	16	35	4	273		0.32
								Y ⁺	208	26	36	2	272		0.32
								SF1	232	1	34	0	267		1.00

p = FISHER's exact probability
 * = P < 0.05

was a question of subtype relationships were over 10, and many of them exceeded 100. On the other hand, it should be stated that the χ^2 test or the exact probability test performed on the phenotypic level was not able to detect all the associations between factors known to belong to common phenogroups. The value of this kind of test seems to be limited in detecting other than subtype relationships, and even here it can give only preliminary indications.

With regard to the R' factor, which is the only factor representing the R'S' system in our laboratory and which has only been available since the spring of 1964, the study was repeated with material consisting of both cows and bulls. Some half-brothers were accepted, but of the dam-offspring pairs only the dam was utilized, in order to get the animals as unrelated as possible. A total of 347 animals were thus found, and they gave a $\chi^2 = 0.001$, which means a strong independence.

The study concerning the relation of the factors M and SF3 was also completed by accepting all the Ayrshire and Finncattle bulls tested for SF3. A total of 719 bulls was available, but the χ^2 was only 0.0001.

Thus, there is no noteworthy sign of a serological relationship between SF3 and other test sera in use in the Finnish laboratory.

The genetic relation of SF3 to other blood group loci

The genetic relations of SF3 to the previously known blood group loci were studied on the basis of progeny groups of 18 bulls heterozygous for SF3. It was further required that the dams of the progeny should also be tested but not possess the factor SF3. Each sire was utilized only in those systems where he was heterozygous, and each individual daughter was

Table 3. Simultaneous segregation of paternal alleles of the »SF3 system» with those of other blood group loci in progeny groups of doubly heterozygous bulls

Breed and No. of sire	Paternal SF3	No. of offspring with paternal alleles of other systems															
		A		B		C		FV		J		L		SU		Z	
		1	2	1	2	1	2	F	V	+	-	+	-	1	2	+	-
A 17 665	+ —			6	4	5	5	6	4					2	1		
A 18 911	+ —	0	2	5	6	3	7	5	5	0	0	0	2	0	2		
A 19 111	+ —	0	1	0	1	0	2	0	0	1	4	2	1	1	1	0	1
A 20 147	+ —			2	3	2	3	2	3			1	1	1	0	2	3
A 20 283	+ —	0	4	1	2	1	2	0	2	1	0	1	1	1	1	1	1
A 22 331	+ —	0	0	4	1	3	2	1	0	1	0	2	1	0	2	2	1
A 22 544	+ —	2	1	1	1	0	1	2	0	1	1	1	1	1	0		
A 23 086	+ —	1	3	2	3	1	1	8	5	2	8			0	4		
A 23 255	+ —	1	0	8	13	16	4	5	8	1	4			0	2		
A 23 618	+ —	1	3	2	3	2	2					1	2	1	2	1	2
A 23 714	+ —	0	2	1	1	0	2			1	1	1	1	1	1	0	0
A 25 099	+ —			0	2	3	3			1	1			1	2	3	2
A 25 572	+ —	1	1	3	1	0	3					1	0	1	0		
A 25 644	+ —	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1		
A 25 923	+ —	0	2	3	1	1	3			0	2	2	1	1	0		
F 5 105	+ —			2	1	0	3			0	2	0	1	0	2		
F 5 733	+ —	0	2	7	5	4	8	2	2	0	3			3	3	4	0
F 8 024	+ —	3	1	3	4	4	2	1	5	1	5			3	8	5	0
	+ —	2	0	0	4	7	6	6	5	1	3			3	0		
	+ —	1	2	1	3			2	1	2	1			1	0		

Table 4. Independence of the paternal alleles of the »SF3 locus» of those of other blood group loci

Locus	Numbers			FISCHER's exact probability (p)	
	Sires	Offspring		Weighted mean	Range
		Per sire	Total		
A	5	5—6	27	0.582	0.200—1.000
B	16	5—36	176	0.447	0.088—1.000
C	13	6—33	157	0.420	0.051—1.000
FV	4	5—26	66	0.463	0.217—1.000
J	4	5—15	36	0.768	0.372—1.000
L	4	5—5	20	0.600	0.300—0.700
SU	3	5—17	28	0.474	0.300—1.000
Z	4	5—9	27	0.870	0.714—1.000

utilized in a particular system only in case her paternal allele could be safely recognized. This was easiest in the cases of the recessive alleles, and hence the doubly recessive paternal combinations are over-represented in some cases in Table 3, where the results are shown.

No statistical tests are actually needed to warrant the conclusion that the factor SF3 cannot be located in any of the loci A, B, C, FV, J, L, SU and Z, but for the sake of completeness a summary of probability tests is shown in Table 4.

These tests were performed for each sire in those systems where he had at least 5 conclusive dam-offspring pairs. It is true that the lowest possible P value with such a minimum group is as high as 0.1, but exclusion of groups of this size would have reduced the data too much. In any case, the average P values are so high that even a close linkage between the SF3 locus and the loci mentioned can be ruled out.

With regard to the loci M and R'S' very little genetical information is available. However, four parents-offspring groups have been found in which both R' and SF3 are segregating simultaneously. These cases are as follows:

	R'S'	SF3		R'S'	SF3
Bull 1	R'/—	SF3/—	Bull 2	—/—	SF3/—
Sire 1	—/—	—/—	Sire 2	—/—	—/—
Dam 1	R'/—	SF3/—	Dam 1	R'/—	SF3/—
Bull 3	R'/—	SF3/—	Bull 4	R'/—	—/—
Sire	—/—	SF3/—	Sire 2	—/—	—/—
Dam	R'/—	—/—	Dam	R'/—	SF3/—

Bulls 1 and 2 have a common dam, while bulls 2 and 4 have a common sire. Bull 1 has inherited both R' and SF3 from his dam, and hence the factors R' and SF3 cannot be determined by different alleles of the same locus. The possibility that these factors could form a phenogroup determined by one allele is excluded by the fact that dam 1 has not transmitted R' to bull 2, although she has transmitted SF3. This is supported by bull 3, which has received his R' and SF3 from different sources, and by bull 4, which has received only R' from his dam.

Relation of SF3 to sex chromosomes

The bull A 23086 had a reasonable number of both sexes represented among the offspring which had SF3-negative dams. This made it

possible to study the simultaneous segregation of sex chromosomes and SF3 factor. The results were as follows:

	Males	Females	P-value
No. of SF3-positive offspring	6	9	
» » » negative »	14	8	0.14

It thus appears that the segregation of paternal alleles of the SF3 locus is rather independent of that of the paternal sex chromosomes.

Discussion

The new factor SF3 appears to be inherited in the same way as all the previously known antigenic factors. Rather strong evidence has accumulated against the hypotheses that it could be closely associated with factors belonging to the systems A, B, C, FV, J, L, M, SU, Z, or R'S'. It also appears very improbable that the reactions of SF3 could be determined by any of the blood group loci A, B, C, FV, J, L, SU and Z or by genes closely linked with them. The meagre evidence available with regard to the R'S' locus is indicative of independence rather than association.

No direct genetical information is available regarding the relation between the loci M and SF3, but the absence of the M-factor and the relatively high frequency of the SF3 factor in the Ayrshire cattle (24.5 %) make it difficult to believe that these factors could belong to a common phenogroup. Assuming that there are no unknown alleles segregating within the »empty« allele of the M system, the possibility of SF3 being an allele in the M locus can similarly be considered small. Before final conclusions can be drawn, it is necessary to find families where M and SF3 are segregating simultaneously. This may be possible in the Finncattle breed, where the frequency of M-positive bulls has been about 6 % and the corresponding figure for SF3 ca. 15 %. In the cases where M-positive reactions have been observed in this breed, there has been no sign of subtype relationships between M and SF3.

No reagent belonging to the N-system (STORMONT 1962) has been available in our laboratory, and hence the relations between N and SF3 should be elucidated in other laboratories, if no laboratory is ready to provide our laboratory with an N reagent. It is desirable to get some other laboratory interested in studying the relations of the SF3 locus to both the M and R'S' loci. Of course, it is necessary to follow the results of the international comparison and standardization tests made each year.

Remembering how difficult it has proved to increase the number of known blood group loci in cattle, in spite of the frequent discovery of new antigenic factors, it seems possible that even the SF3 factor may sooner or later be located in a previously known locus. On the other hand, there is a lot of space available in the bovine chromosomes, and only 11—12 of the pairs are marked by blood group loci as yet. Hence it should not be totally impossible to find a new locus or mark a new chromosome pair. Taking into account the increasing number of chromosomes marked by serum protein types or similar markers it can be concluded that the time may not be far distant when it will be possible to prepare linkage maps for bovine chromosomes.

The frequency of SF3-positive animals in the Finnish cattle breeds is of such a high level that SF3 will prove rather helpful in parentage tests and other applications of immunogenetics.

Summary

Information is given concerning an apparently new antigenic factor which was detected in the Finnish laboratory in spring 1962 as a result

of iso-immunizations. The reactions of the SF3 factor seem to be controlled by a single autosomal dominant gene, and they appear to be independent of the reactions of factors belonging to systems A, B, C, FV, J, L, M, SU, Z, and R'S'. Its genetical independence of the blood group loci A, B, C, FV, J, L, SU, and Z is also rather obvious, while its relations to the loci M, R'S' and N require further study, since suitable material has not been available in Finland.

Acknowledgement. — The authors wish to express their deep gratitude to the U.S. Department of Agriculture for the Foreign Research Grant No. FG-Fi-122 under Public Law 480, which made it possible to start the immunization work in Finland.

REFERENCES

- BERNSTEIN, F. 1960. In C. Stern: Principles of Human Genetics. 2nd ed. 753 pp. Freeman, San Francisco.
- LINDSTRÖM, GUNVOR & MAIJALA, K. 1965. SF3 — a new blood group locus in cattle. *Immunogenetics Letter* 4: 58—60.
- MAIJALA, K. 1964. Applications of immunogenetics to cattle breeding problems in Finland. Paper presented in a study meeting of the Genetic Commission of Eur. Ass. Anim. Prod., Lisbon 1964.
- NEIMANN-SØRENSEN, A. 1958. Blood groups of cattle. Thesis, 177 pp. A/S Carl Fr. Mortensen, København.
- SIEGEL, S. 1956. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. 1st ed. 312 pp. McGraw-Hill, New York.
- SNEDECOR, G. W. 1957. *Statistical Methods*. 5th ed. 534 pp. Ames, Iowa.
- STORMONT, C. 1962. Current status of blood groups in cattle. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 97: 251—268.

SELOSTUS

Uuden veriryhmätekijän SF3:n periytymisestä nautakarjalla

KALLE MAIJALA

Maatalouden tutkimuskeskus
Kotieläinjalostuslaitos
Tikkurila

GUNVOR LINDSTRÖM

Keinosiemenyhdistysten
Liiton veriryhmälaboratorio
Helsinki

Niiden isoimmunisaatioiden yhteydessä, joita vuodesta 1961 lähtien on tehty Viikin ja Malminkartanon karjoissa ja joiden tarkoituksena on ollut luoda kotimainen testiseerumivarasto veriryhmätutkimuksia varten, löytyi keväällä 1962 ennestään tuntematon vasta-aine, jolle annettiin väliaikaiseksi nimeksi SF3. Tämä uusi vasta-aine, joka toistaiseksi on osoittautunut täysin puhtaaksi, on ollut mukana jo yli 7 000 eläimen verinäytteitä testatessa, mutta ei kotimaisista eikä kansainvälisistäkään testeistä ole löytynyt ennestään tunnettua testiseerumia, joka olisi antanut SF3:n kanssa yhdensuuntaisia reaktioita. Saadun vasta-aineen muodostaja voidaan siten katsoa uudeksi veriryhmätekijäksi, ainakin toistaiseksi.

SF3-tekijän reaktiot näyttävät olevan yhden dominoi-

van, autosomaalisen geenin säätelemiä sekä riippumattomia järjestelmiin A, B, C, FV, J, L, M, SU, Z ja R'S' kuuluvien tekijöiden reaktioista. Niin ikään se näyttää periytyvän itsenäisesti ainakin veriryhmägeeninpaikkoihin A, B, C, FV, J, SU ja Z nähden. Alustavien tulosten mukaan tämä koskee myös geeninpaikkoja M ja R'S', kun taas N-järjestelmän osalta kysymyksen tutkiminen Suomessa ei ole ollut mahdollista. On siis ilmeistä, että SF3 edustaisi aivan omaa geeninpaikkaansa.

SF3-reagenssiin nähden positiivisten sonnien suhteellinen lukuisuus ayrshirerodussa oli 24.5 % ja suomenkarjassa 15.1 %, joten ko. tekijällä on merkitystä myös isyysmäärityksissä ja muissa veriryhmätutkimuksen sovelluksissa Suomessa.

JUURIKKAIDEN VERTAILUKOKEET KASVINVIJELY- LAITOKSELLA 1959—64

Summary: Comparative trials with root crops at the Department of
Plant Husbandry in 1959—64

LEO YLLÖ

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvinviljelylaitos, Tikkurila

Saapunut 30. 6. 1965

Kasvinviljelylaitokselle saatiin vuosina 1958—59 USA:sta kaksi sokerijuurikasjalostetta (lähet-täjä tri D. Stewart, Beltsville, Maryland), joista toinen, hybridi H2 (jalostaja tri J. S. McFarlane, Salinas, Calif.) pysyi kokeissa kuusi vuotta. Mainittu lajike oli näinä vuosina suosittu Kaliforniassa hyvän satoisuuden ja vä-häisen varsikoinnin vuoksi. Vuonna 1961 otetiin kokeisiin myös rehusokerijuurikas ja rehujuurikas, joten koetulokset tarjoavat sopivan lähtökohdan juurikkaiden satoisuusvertailulle. Tämäntapaisia vertailuja on Suomessa suoritettu aikaisemminkin, kuten esimerkiksi v. 1954—57 järjestetyissä rehusokerijuurikkaan lajikekokeissa (YLLÖ ja YLÄNEN 1962).

Vaikka juurikasvien viljely onkin useimmissa maissa vähentynyt, on tutkimustyö tällä alalla edelleen hyvin vilkasta. Työ koskee erityisesti viljelykustannusten pienentämistä ja luonnolli- sesti myös sadon määrän ja laadun parantamista. Seuraavassa on muutamia esimerkkejä viime vuosien aikana julkaistuista tuloksista.

T a n s k a s s a oli v. 1952—59 käynnissä laaja koesarja, joka käsitti yhteensä 122 koetta eri puolilta maata. Rehujuurikkaan (Barres Strynø X ja Hunsballe XI) juurisato oli keskimäärin 53.1 tn/ha normaalia lannoitusta ja 67.7 tn/ha run-

sasta lannoitusta käyttäen. Lantusta saatiin vielä- kin suurempi sato, kun sitä vastoin rehusokeri- juurikkaan (Pajberg Rex X ja Rød Otofte XI) ja sokerijuurikkaan (Maribo P) juurisadot jäivät verraten pieniksi. Naattisadossa olivat satoisuus- suhteet päinvastaisia. Hyvän naattisadon an- siosta oli sokerijuurikas kuiva-ainesadoltaan pa- ras: kuiva-ainetta (juuret + naatit) keskimäärin 10 300 kg/ha (runsaalla lannoituksella 12 350 kg/ha). Satolaskelmissa otettiin naattisadosta huomioon vain 70 %. Rehusokerijuurikkaan kuiva-ainesato oli lähes yhtä suuri, mutta rehu- juurikkaan sato jäi suhteellisen pieneksi. Vuosi- ja paikkavaihtelun vaikutus satoisuussuhteisiin oli suuri (RASMUSSEN 1963).

S a k s a s s a suoritettiin v. 1954—61 laaja koesarja neljässä koepaikassa (Hovedissen, Gies- sen, Hohenheim ja Weihenstephan). Saksalaisen Barres-rehujuurikkaan juurisato oli hyvin suuri, keskimäärin 96.6 tn/ha, ja naattisato 21.6 tn/ha. Kuiva-ainesadossa (juuret + naatit) voitti Paj- berg Rex -rehusokerijuurikas kuitenkin rehu- juurikkaan selvästi paremman kuiva-ainepitoi- suutensa ja suuremman naattisatonsa ansiosta. Kleinwanzleben E -sokerijuurikas oli vieläkin satoisampi, kuiva-ainetta keskimäärin 16 500 kg/ ha (TLACH 1963).

Irlannissa jatkettiin v. 1955—59 jo aikaisemmin aloitettuja kokeita kolmella koepaikalla (Athenry, Clonakilty ja Johnstown). Lajikkeita oli kaikkiaan 16. Rehujuurikkaiden ryhmässä oli satoisimpia Barres Øtofte Nova XI, juurisato keskimäärin 58.1 tn/ha ja naattisato 23.9 tn/ha. Kuiva-ainesadossa (juuret + naatit) voittivat rehusokerijuurikkaat rehujuurikkaan selvästi.

Suurin kuiva-ainesato saatiin kuitenkin sokerijuurikkaasta, keskimäärin 12 850 kg/ha (DUNNE 1963).

Edellä mainitut kokeet osoittivat selvästi juurikkaiden erinomaisen satoisuuden. Samalla ne osoittavat, ettei rehujuurikas pysty kuiva-ainesadossa kilpailemaan rehusokerijuurikkaan ja sokerijuurikkaan kanssa.

Kokeiden järjestely

Kokeet sijaitsivat kaikkina vuosina hietasavi- maalla. Vuosina 1962—64 suoritettuna viljavuusanalyysin mukaan maan kyntökerroksen ravinteisuus oli verraten hyvä: Ca noin 2 700 mg/l, K noin 250 mg/l ja P noin 16 mg/l. Maan pH oli keskimäärin 5.8. Analyysit tehtiin Maantutkimuslaitoksella. Vaihtelut olivat suhteellisen pieniä, sillä kokeet sijaitsivat samalla peltoalueella; suurin etäisyys eri vuosien kokeiden välillä oli 150 m. Maan multavuus oli hyvä, humusta kyntökerroksessa 8—10 %. Jankko oli aito- savea.

Lannoitus oli alkuvuosina hieman runsaampi kuin viimeisinä koevuosina. Useimmiten käytettiin booripitoista Y-lannosta. Keskimääräinen lannoitus vastasi v. 1961—64 seuraavia ravinne-

määriä: 110 kg N, 230 kg P₂O₅ ja 210 kg K₂O ha:lle vuodessa (taul. 1). Esikasveina olivat juurikasvit ja syysvilja.

Keskimääräinen kylvöaika oli 6. 5. (28. 4.—12. 5.) ja kylvömäärä 20—25 kg/ha. Riviväli oli 45 cm ja taimiväli harvennuksen jälkeen 25 cm. Hoitotöihin kuuluivat haraukset, harvennus, perkaus ja tuholaistorjunta. Juurikasvit nostettiin lokakuun alussa, aika eri vuosina vaihdellen 2. 10.—10. 10.

Kokeessa olivat v. 1959—64 Hilleshög KL ja US H2 -sokerijuurikkaat, vuosina 1961—64 myös Gul Daenø XII -rehusokerijuurikas ja Barres Ferritslew X (v. 1963 B. Øtofte Nova X) -rehujuurikas. Ruudun koko (korjuuala) oli 9—11 m² ja kerranteiden lukumäärä 5—6.

Sääolot

Kasvukauden alku oli jokseenkin normaali vain v. 1962, jolloin toukokuun keskilämpötila ja sademäärä vastasivat suunnilleen v:n 1921—50 keskiarvoja. Muina vuosina toukokuu oli normaalia lämpimämpi ja kuivempi. Myös kesäkuu oli useimpina vuosina lämmin ja kuiva. Vuonna 1960 satoi kuitenkin normaalia runsaammin, ja v. 1962 sää oli koko kesäkuun ajan viileä. Heinä- ja elokuun sää oli eri vuosina hyvin vaihteleva. Se oli melko suotuisa vuosina 1960 ja 1963, jolloin lämpötila pysyi normaalia korkeampana ja vettäkin saatiin riittävästi. Vuodet 1961—62 olivat sitä vastoin viileitä, sademäärä oli suunnilleen

normaali. Syyskuun sää oli hyvin suotuisa (lämmin, sademäärä normaali) v. 1963 ja huonoin v. 1959, jolloin pitkäaikainen pouta jatkui vielä syyskuussakin. Syksy oli v. 1959 lisäksi viileä, samoin vuosina 1961, 1962 ja 1964. Syyskuun sademäärä oli erittäin suuri v. 1962.

Eri tekijät huomioon ottaen kasvukauden sää oli edullisin vuosina 1960, 1961 ja 1963, Näille vuosille oli luonteenomaista myös suuri auringonpaistetuntien määrä, joka oli touko—syyskuussa 1 071—1 254 tuntia. Auringonpaistetta oli runsaasti myös v. 1964, mutta kasvukausi oli silloin normaalia huomattavasti kuivempi.

Koetulokset ja niiden tarkastelu

Tärkeimmät tulokset on koottu taulukkoihin 2—3. Niissä ei ole mainittu vuosien 1959—60 tuloksia, joista tehdään selkoa tekstissä. Eri juurikasveja on verrattu Hilleshög KL -sokerijuurikkaaseen.

Tuoresato

Parhaat sadot saatiin vuosina 1960, 1961 ja 1963. Poutakesinä 1959 ja 1964 juurikasvien kasvu kärsi siinä määrin, että sadot jäivät pieniksi. Suuri vuosivaihtelu johtui pääasiallisesti sääoloista, sillä maalaji ja lannoitus olivat eri vuosina suunnilleen samat. Tuholaisten merkitys oli vähäinen. Sitä vastoin kuivuus häiritseviin vuosina taimettumista ja aiheutti jonkin verran aukkopaikkoja vielä harvennuksen jälkeenkin. Kokeet onnistuivat kuitenkin verraten hyvin, koevirhe oli eri vuosina 1.8—4.7 % (taul. 1).

Hilleshög KL-sokerijuurikkaan *j u u r i s a t o* oli v. 1961—64 keskim. 30.2 tn/ha. Satotaso oli siis normaali ottaen huomioon aikaisemmat Tikkurilassa 1950-luvulla saadut tulokset. Amerikkalaisen hybridin (US H2) sato jäi kaikkina vuosina pienemmäksi kuin mittarin sato. Jos otetaan huomioon myös vuodet 1959—60, oli sen suhteellinen juurisato keskimäärin vain 89 (eri vuosina 80—96).

Kelt. Daenø -rehusokerijuurikkaan juurisadot olivat huomattavasti suurempia, keskimääräinen suhdeluku 157. Myös Barres-rehujuurikkaan sato oli hyvä, suhdeluku 158 (taul. 2). Tulokset käyvät verraten hyvin yksiin v. 1954—57 koetulosten kanssa, erona vain se, että rehujuurikkaan suhteellinen sato oli silloin parempi (suhdeluku Tikkurilassa 186 ja koko maassa 171). Satotaso oli sitä vastoin hieman heikompi kuin nyt selostettavissa kokeissa (vrt. YLLÖ ja YLÄNEN 1962).

Vuosivaihtelu oli suuri myös naattisadoissa. Eriyisen alhaiseksi jäi *n a a t t i s a t o* ankarina poutakesinä 1959 ja 1964. Hilleshög -sokerijuurikkaasta saatiin keskimäärin v. 1961—64 naatteja 49.5 tn/ha. US H2:n sato oli hieman suurempi (suhdel. 105), mutta vaihtelut olivat niin suuret, ettei ero ole tilastollisesti luotettava. Vuo-

sien 1959—60 tulokset eivät muuta edellä mainittua suhdelukua. Rehusokerijuurikkaan ja rehujuurikkaan naattisadot olivat suunnilleen samat kuin mittarin, suhdeluvut 102 ja 102. Naatti olivat korjuun aikana täysin vihreitä lukuun ottamatta rehujuurikasta, jossa oli jonkin verran kellastumisen merkkejä.

Kuiva-ainesato

Mittarin *j u u r i s s a* oli v. 1961—64 kuivaainetta keskim. 22.6 %. US H2 -sokerijuurikkaan kuiva-ainepitoisuus oli lähes yhtä hyvä, keskim. 22.4 %. Rehusokerijuurikas (15.5 %) ja varsinkin rehujuurikas (13.3 %) sisälsivät kuivaainetta huomattavasti vähemmän (taul. 3).

Kokeissa todetut kuiva-aineprosentit olivat hieman suurempia kuin vuosien 1954—57 kokeissa, samoin poikkeamat mittariin verrattuna. Eri juurikasvien järjestys oli kuitenkin sama. Mainittakoon, ettei Kelt. Daenø kuiva-ainepitoisuudeltaan ole rehusokerijuurikkaista paras mahdollinen. Kuiva-aineprosentit ovat Suomessa yleensä alhaisia ulkomaisiin tuloksiin verrattuna. Kirjoituksen alussa mainituissa tanskalaisissa kokeissa oli normaalia lannoitusta käyttäen saatu sokerijuurikkaan kuiva-ainepitoisuus 24.7 %, rehusokerijuurikkaan 20.0 % ja rehujuurikkaan 14.7 %. Saksalaisissa kokeissa, joissa saatiin hyvin suuria juurisatoja, olivat vastaavat luvut 24.2 %, 18.9 % ja 12.0 %. Myös irlantilaisissa kokeissa olivat kuiva-aineprosentit hieman suurempia kuin tässä esitettävissä kokeissa. Vertailua vaikeuttaa lajikkeiden erilaisuus.

N a a t t i e n kuiva-ainepitoisuudessa ei ollut kovin suuria eroja. Sokerijuurikkaan naateissa oli kuivaainetta hieman enemmän (12.0—12.1 %) kuin rehusokerijuurikkaan (10.3 %) ja rehujuurikkaan naateissa (9.8 %). Luvut ovat hieman suurempia kuin v:n 1954—57 kokeissa, juurikasvien väliset erot sitä vastoin suunnilleen samat. Ulkomaisissa kokeissa olivat naattien kuiva-ainepitoisuudet suunnilleen samat kuin näissä kokeissa.

Taulukko 1. Juurikasvien vertailukokeet Kasvinviljelylaitoksella Tikkurilassa v. 1961—64

Table 1. Root crop trials at the Dept. of Plant Husbandry, Tikkurila, 1961—64

Vuosi Year	Lannoitus — Manuring kg/ha			Kylvöp. Date of sowing	Korjuup. Date of harv.	Kasvup. Growthdays	Keski- lämpöt. Mean temp. C ¹⁾	Sademäärä Precip. mm ¹⁾	Mittarin juuris. tn/ha Root yield of Stand.	F-arvo F-value	m St. error %
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O								
1961	150	325	300	28/4	4/10	159	13.4	284	38.1	325.7***	1.8
—62	120	260	240	9/5	10/10	154	11.8	413	29.1	59.3***	3.9
—63	84	182	168	10/5	2/10	144	14.8	266	33.8	50.7***	3.1
—64	75	162	150	11/5	5/10	147	13.3	164	19.7	44.1***	4.7

¹⁾ Kylvöstä korjuuseen — From sowing to harvest

Taulukko 2. Juurikasvien sadot Kasvinviljelylaitoksen kokeissa Tikkurilassa v. 1961—64

Table 2. Root crop yields in the trials at the Dept. of Plant Husbandry, Tikkurila, 1961—64

Vuosi Year	Hilleshög KL	US H2	Gul Daeno	Barres	Hilleshög KL	US H2	Gul Daeno	Barres	Hilleshög KL	US H2	Gul Daeno	Barres
	Tuoresato — Fresh yield											
	Juuret — Roots				Naatit — Tops				Yhteensä — Total			
	tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.	tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.	tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.
1961	38.1	84	155	168	64.2	106	98	111	102.3	98	119	132
—62	29.1	88	160	162	60.3	91	98	98	89.4	90	118	119
—63	33.8	96	158	147	34.4	112	98	85	68.2	104	127	116
—64	19.7	80	155	154	38.9	109	113	112	58.6	99	127	126
Keskim. Average	30.2	87	157	158	49.5	105	102	102	79.6	97	122	123
Kuiva-ainesato — Dry matter yield												
Juuret — Roots				Naatit — Tops				Yhteensä — Total				
tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.	tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.	tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.	
1961	8 760	85	107	99	7 570	109	79	88	16 330	96	94	94
—62	6 570	88	109	84	6 510	93	85	75	13 080	90	97	80
—63	7 300	96	107	99	4 300	103	79	77	11 600	99	96	91
—64	4 570	77	106	89	5 210	107	102	86	9 780	93	104	87
Keskim. Average	6 800	87	107	93	5 900	103	86	82	12 700	95	97	88
Raakavalk.sato — Crude protein yield												
Juuret — Roots				Naatit — Tops				Yhteensä — Total				
tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.	tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.	tn/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.	
1961	420	85	112	131	1 100	112	84	74	1 520	105	91	89
—62	310	84	135	139	950	86	89	82	1 260	86	101	96
—63	300	93	150	140	630	95	71	73	930	95	97	95
—64	300	77	136	123	950	112	106	87	1 250	103	113	96
Keskim. Average	330	85	133	133	910	101	88	79	1 240	97	100	94

Taulukko 3. Juurikasvien vertailukoheet Kasvinviljelylaitoksella v. 1961—64.

Table 3. Root crop trials at the Dept. of Plant Husbandry, 1961—64

Vuosi Year	Hilleshög KL	US H2	Gul Daeno	Barres	Hilleshög KL	US H2	Gul Daeno	Barres	Hilleshög KL	US H2	Gul Daeno	Barres
	Kuiva-aine % — Dry matter cont. %								Naatteja tuoresadosta % Tops, % of fresh yield			
	Juuret — Roots				Naatit — Tops							
1961	23.0	23.2	15.9	13.6	11.8	12.1	9.5	9.4	63	68	52	53
—62	22.6	22.5	15.5	11.7	10.8	11.1	9.4	8.3	67	68	56	56
—63	21.6	21.6	14.6	14.6	12.5	11.6	10.1	11.3	50	54	39	37
—64	23.2	22.4	16.0	13.4	13.4	13.2	12.0	10.3	66	73	59	59
Keskim. Average	22.6	22.4	15.5	13.3	12.1	12.0	10.3	9.8	62	66	52	51
	Raakavalk. % k.a.in. — Crude protein % in dry m.								Sokeri-% — Sugar content %			
	Juuret — Roots				Naatit — Tops				Juuret — Roots			
1961	4.8	4.8	5.0	6.4	14.5	15.0	15.5	12.1	16.9	16.3	11.8	9.8
—62	4.8	4.6	5.8	7.8	14.6	13.6	15.4	15.9	15.3	14.9	11.0	8.2
—63	4.1	4.0	5.8	5.8	14.8	13.6	13.4	13.9	15.1	15.0	10.2	10.3
—64	6.5	6.4	8.4	9.1	18.2	19.0	19.2	18.5	15.5	15.4	11.8	9.5
Keskim. Average	5.1	5.0	6.3	7.3	15.5	15.3	15.9	15.1	15.7	15.4	11.2	9.5
	Juurien haaraisuus Occurrence of multiplied roots (0—3)				Kukkavarsia % — Bolters %				Sokerisato — Sugar yield			
									kg/ha (= 100)	sl. rel.	sl. rel.	sl. rel.
1961					0.8	0.3	1.1	3.4	6 439	81	108	97
—62	1.1	1.7	0.5	0.4	0.1	0.5	0.7	3.5	4 452	86	115	87
—63	1.6	1.8	0.5	0.2	—	—	0.2	0.6	5 104	96	107	100
—64	1.8	2.1	0.9	0.7	0.2	—	0.9	1.5	3 054	80	118	94
Keskim. Average	1.5	1.9	0.6	0.4	0.3	0.2	0.7	2.3	4 762	86	112	95

Hilleshögän juurisadossa saatiin v. 1961—64 kuiva-ainetta keskim. 6 800 kg/ha. US H2 -sokerijuurikas oli kaikkina vuosina huonompi kuin mittari, suhdeluku keskimäärin vain 87 (eri vuosina 77—96). Satoisin oli rehusokerijuurikas, jonka suhteellinen sato oli mittariin verrattuna 107. Satoisuusjärjestys oli sama kuin v:n 1954—57 kokeissa.

Naateista saatiin verraten suuria kuiva-ainetasoja. Mittarin naattisadossa oli kuiva-ainetta 5 900 kg/ha. US H2:n sato oli jokseenkin sama (suhdel. 103), mutta rehusokerijuurikas ja rehujuurikas jäivät jälkeä, suhdeluvut 82—86. Satoisuusjärjestys pysyi samana kuin v:n 1954—57 kokeissa.

Hyvien naattisatojen ansiosta kohosivat kuiva-ainetasot sangen suuriksi. Hilleshög-

sokerijuurikkaasta saatiin keskimäärin 12 700 kg kuiva-ainetta ha:lta (juuret + naatit). US H2:n ja Kelt. Daenøn sadot olivat lähes yhtä hyviä. Barres-rehujuurikkaan sato jäi selvästi jälkeä (suhdeluku 88). Satotaso oli näissä kokeissa parempi kuin v. 1954—57, satoisuusjärjestys kuitenkin sama.

Raakavalkuissato

Juurissa oli raakavalkuaista vähän, 5.0—7.3 % kuiva-aineesta, rehujuurikkaassa ja rehusokerijuurikkaassa kuitenkin hieman enemmän kuin sokerijuurikkaassa (taul. 3). Naattien raakavalkuaispitoisuus oli sitä vastoin noin kaksi kertaa suurempi, eri juurikasveilla 15.1—15.9 %. Ver-

tailun vuoksi mainittakoon, että tanskalaisissa kokeissa oli juurisadoissa raakavalkuaista 4.5—5.8 % (norm. lannoitus) ja saksalaisissa kokeissa 5.4—8.5 %. Raakavalkuaista oli vähiten sokerijuurikkaassa, kuten Tikkurilan kokeissakin. Tanskassa todettiin naattien raakavalkuaisprosentiksi, riippuen juurikasvista, 14.0—15.1 % ja Saksassa 17.6—18.1 % kuiva-aineesta.

Juurisadossa saatiin raakavalkuaista vähän, esimerkiksi Hilleshög-sokerijuurikkaasta vain 330 kg/ha. US H2:n valkuaissato oli pienin, suhdeluku v. 1961—64 keskimäärin vain 85. Parempia satoja saatiin rehusokerijuurikkaasta ja rehujuurikkaasta, suhdeluvut kummallakin 133. Tanskalaisissa kokeissa olivat vastaavat sadot normaali-lannoituksella saatuina vain hieman, saksalaisissa kokeissa sitä vastoin huomattavasti suurempia kuin Tikkurilan kokeissa.

Pääosa raakavalkuaissadosta saatiin naateista, Hilleshög-sokerijuurikkaan naattisadossa oli raakavalkuaista 910 kg/ha ja US H2 -sokerijuurikkaan naattisadossa suunnilleen saman verran (suhdeluku 101). Rehusokerijuurikkaan (suhdel. 88) ja rehujuurikkaan (suhdel. 79) raakavalkuaissadot olivat pienempiä. Tanskalaisiin ja saksalaisiin koetuloksiin verrattuna hyviä valkuaissatoja saatiin Tikkurilassa hyvän naattisadon ansiosta. Samasta syystä olivat kokonaisvalkuaissadot hyvät. Hilleshög-sokerijuurikkaasta saatiin raakavalkuaista keskimäärin 1 240 kg/ha ja US H2 -sokerijuurikkaasta vain 3 % vähemmän. Myös rehusokerijuurikkaan sato oli hyvä, suhdeluku 100. Rehujuurikkaan raakavalkuaissato oli pienempi, suhdeluku 94. Juurikasvien väliset erot jäivät verraten pieniksi, kuten myös edellä mainituissa ulkomaisissa kokeissa.

Sokerisato

Sokeripitoisuus määritettiin Sokerijuurikkaanviljelyn Tutkimuskeskuksen laboratoriossa polarimetrillä. Kun eri juurikasvit sisältävät eri sokerilajeja eri suhteissa, eivät polarimetrillä saadut tulokset ole täysin vertailukelpoisia.

Hilleshög-sokerijuurikkaan juurisadossa oli sokeria v. 1961—64 keskimäärin 15.7 % tuore-

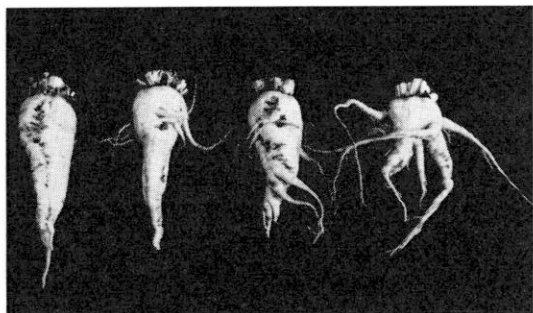
painosta (v. 1959—64 16.3 %). US H2:n sokeripitoisuus oli kaikkina vuosina pienempi lukuun ottamatta vuotta 1960, jolloin se oli sama kuin mittarin. Rehusokerijuurikkaassa oli sokeria 11.2 %, rehujuurikkaassa vain 9.5 %. Rehusokerijuurikkaan verraten alhainen sokeriprosentti johtuu osittain lajikkeesta. Sokerijuurikkaiden sokeripitoisuus oli selvästi alhaisempi kuin ulkomaisissa kokeissa on yleensä todettu. Vuosien 1954—57 kokeissa olivat sokeripitoisuudet suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin näissä kokeissa.

Hilleshög-sokerijuurikkaan sokerisato oli v. 1961—64 keskimäärin 4 762 kg/ha ja US H2:n suhteellinen sato vain 86. Kaksi ensimmäistä koevuotta (1959—60) eivät sanottavasti muuta mainittua suhdelukua. Rehusokerijuurikkaan sokerisato oli huomattavan korkea (suhdel. 112) ja rehujuurikkaankin sato oli melko hyvä, suhdeluku 95. Runsaasta sadosta huolimatta eivät rehujuurikasvit ole soveliaita sokerin valmistukseen, sillä ne sisältävät liian paljon haitallisia sivuaineita. Mainittakoon, että rehusokerijuurikkaan ja rehujuurikkaan sokerisadot olivat suhteellisen hyvät myös v:n 1954—57 kokeissa (YLLÖ ja YLÄNEN 1962).

Muita tuloksia

K u k k a v a r s i a (varsikointia) oli sokerijuurikkaassa hyvin vähän, esim. Hilleshögissä v. 1961—64 vain 0.3 %. Kahtena ensimmäisenä vuonna niitä ei ollut juuri lainkaan. US H2:n varsikointi oli yhtä vähäistä. Myös rehusokerijuurikkaassa oli kukkavarsia vähän, rehujuurikkaassa hieman enemmän (taul. 3). Kuten tiedetään, johtuu varsikointi perinnöllisten tekijöiden lisäksi myös sää- ja kasvuoloista (vrt. esim. WILLEY 1964; FÜRSTE 1964).

Juurien *h a a r a i s u u s* oli US H2 -sokerijuurikkaalla selvästi suurempi kuin muilla koejäsenillä. Haarausuisuus arvosteltiin noston aikana 0—3 -asteikon mukaan (vrt. kuvaa 1) ja se oli keskimäärin v. 1959—64 (ei 1961) seuraava: Hilleshög 1.4, US H2 1.8. Rehusokerijuurikkaan ja varsinkin rehujuurikkaan juurien haarausuisuus oli



Kuva 1. Sokerijuurikkaan haaraisuus: vasemmalla 0, oik. 3. Valok. Tikkurilassa 1964.

Fig. 1. Occurrence of multiple rooting in sugar beets. Rating scale 0 (left)—3 (right). Photographed in Tikkurila, 1964.

hyvin vähäistä. Mainituista syistä juurien multaisuus vaihteli hyvin selvästi. Keskimääräinen multaprosentti oli v. 1961—64 seuraava: Hilles-

hög 8.5 %, US H2 10.1 %, Kelt. Daenø 6.5 % ja Barres 5.5 %. Juurien haaraisuus vaikeutti lisäksi nostoa.

Sokerijuurikkaanviljelyn Tutkimuskeskuksen laboratoriossa määritettiin v. 1961—64 myös juurien tuhkapitoisuus ja haitallisen tyyppien määrä. Sokerijuurikkaat sisälsivät tuhkaa (lähinnä K ja Na) selvästi vähemmän (keskim. 5.0 mg/ekv.) kuin rehusokeri- ja rehujuurikas (9.3 mg/ekv.). Haitallista tyyppiä (lähinnä α -aminohappoja) oli vähiten v. 1963 (keskim. 14 %) ja eniten seuraavana vuonna, keskimäärin 43 % kokonaistypestä. Lajike-eroista ei saa suuren vuosivaihtelun ja aineiston pienuuden vuoksi selvää kuvaa. Sokerijuurikkaassa oli haitallista tyyppiä verraten vähän, jos lukuja verrataan eräisiin aikaisemmin julkaistuihin tuloksiin (BRUMMER 1960).

Tiivistelmä

Kasvinviljelylaitoksen kokeissa v. 1959—64 jäi amerikkalaisen hybridisokerijuurikkaan US H2 juurisato kaikkina vuosina heikommaksi kuin mittarin, Hilleshög KL -sokerijuurikkaan, sato. US H2:n suhteellinen juurisato oli keskimäärin vain 89. Naattisato oli sitä vastoin hieman parempi, suhdeluku 105. Kuiva-ainesato (juuret + naatit) oli jokseenkin yhtä suuri, samoin raakavalkuaissato. US H2:n sokeripitoisuus oli hieman pienempi kuin mittarin ja sokerisadon suhdeluku vain 86. Varsikointi oli suunnilleen yhtä vähäistä kuin mittarilla. Hybridin huomattavana puutteena oli juurien suuri haaraisuus, joka vaikeutti nostoa ja lisäsi multaprosenttia. Lajike ei siis pystynyt kilpailemaan Suomessa yleisesti viljellyn Hilleshög-sokerijuurikkaan kanssa.

Vuosina 1961—64 olivat kokeissa myös Kelt. Daenø -rehusokerijuurikas ja Barres-rehujuurikas. Niistä rehusokerijuurikas kilpaili monessa suhteessa menestyksellisesti sokerijuurikkaan kanssa ja oli runsaan juurisadon vuoksi rehuskasvina jopa parempi kuin sokerijuurikas. Hyvän naattisadon ansiosta kohosivat kuiva-ainesadot (juuret + naatit) huomattavan korkeiksi ylittäen runsaasti 10 000 kg/ha. Myös raakavalkuaissadot olivat hyvät, useimmissa tapauksissa yli 1 000 kg/ha. Rehujuurikkaan sato oli heikoin. Suurin laskettu sokerisato saatiin rehusokerijuurikkaasta. Sen hyväksikäyttö sokeriteollisuudessa on kuitenkin epätaloudellista haitallisten sivuaineiden runsauden vuoksi. Satoisuusvertailun tulokset käyvät pääpiirteissään yksiin aikaisemmin julkaistujen tulosten kanssa.

KIRJALLISUUTTA

BRUMMER, V. 1960. Lannoituksen vaikutuksesta sokerijuurikkaan satoon. (Engl. summary). Acta Agr. Fenn. 94, 13: 201—239.
DUNNE, J. P. 1963. Fodder beet variety trials, 1955—1959. Dept. of Agric. J. 59: 225—237.

FÜRSTE, K. 1964. Untersuchungen über einige schossauslösende Faktoren bei Beta-Rüben. Z. f. Landw. Versuchs. — u. Unters.wesen. 10: 369—379.
RASMUSSEN, P. 1963. Forsøg med rodfrugtarter. (Engl. summary). Tidsskr. Planteavl. 67: 54—123.

- TLACH, R. 1963. Ertrags- und Nährstoffleistungen der wichtigsten Gehaltsrichtungen der Betarüben. *Bayr. Landw. Jb., Sonderh.* 1: 239—259.
- WILLEY, L. A. 1964. Bolting in early-sown sugar beet. *Br. Sugar Beet rev.* 33: 71—72.
- YLLÖ, L. & YLÄNEN, M. 1962. Rehusokerijuurikkaan lajikekokeiden tuloksia Suomessa. (Engl. summary). *Ann. Agric. Fenn.* 1: 249—266.

SUMMARY

Comparative trials with root crops at the Department of Plant Husbandry in 1959—64

LEO YLLÖ

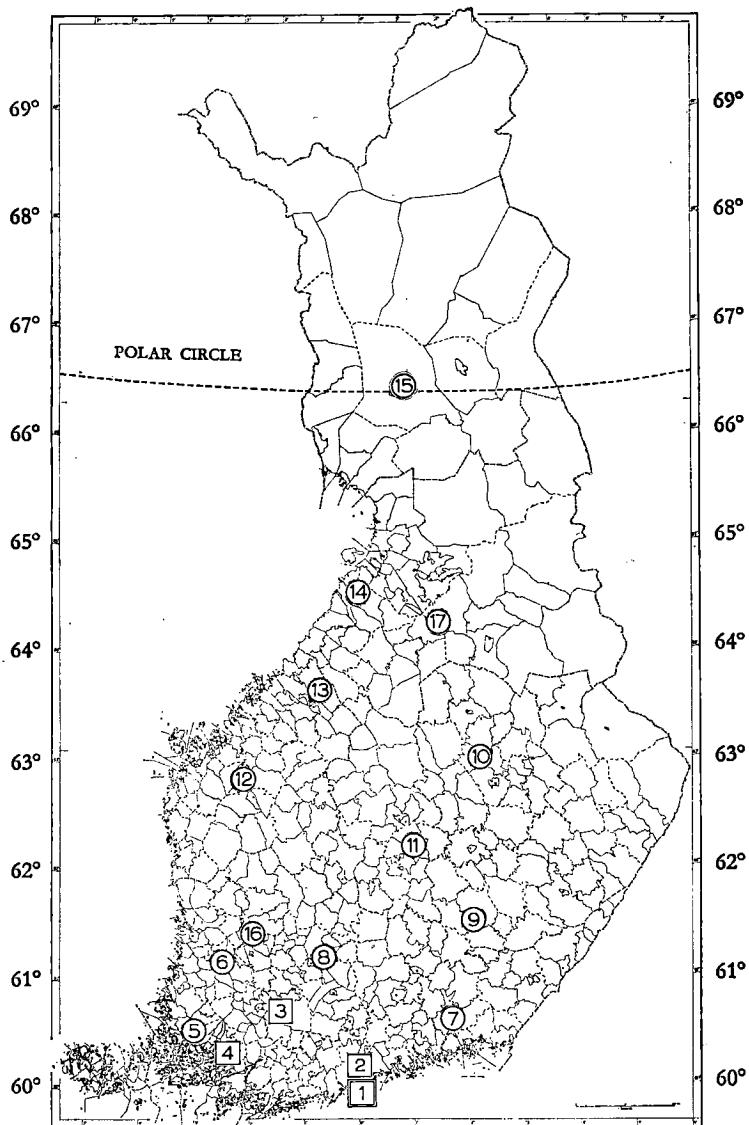
Agricultural Research Centre, Department of Plant Husbandry, Tikkurila, Finland

During the years 1959—64 the Department of Plant Husbandry carried out trials with the American hybrid sugar beet H2, which was compared with the Swedish sugar beet variety Hilleshög KL. According to Dr. D. Stewart, of Beltsville, Maryland, who sent the hybrid, it is popular in California because of its high yields and low numbers of bolters. The trial was conducted on sandy clay soil having a humus content of 8—10 %. The harvested plot area was 9—11 m² and the number of replicates 5—6. In Table 1 are shown some of the data on the trial conditions in each of the years 1961—64. In 1961 and thereafter the trials also included two Danish varieties: the fodder sugar beet Gul Daenø XII and the mangel Barres Ferritslew (in 1963 B. Øtofte Nova X).

The sugar beet hybrid H2 gave a root yield which was lower than that of the standard in all years. Its average relative yield for the six years was only 89, as compared with 100 for Hilleshög. Its top yield, on the other hand, was somewhat higher than that of the standard, averaging 105. The dry matter yields (roots + tops) of the two varieties were nearly equal, as were also the crude protein yields; the numbers of bolters were approximately equally low. The roots of H2 had a slightly lower sugar content than those of the standard, and the average relative sugar yield of the former was only 86. Another serious drawback of the American hybrid was the abundance of multiple roots (Fig. 1), which made harvesting difficult and increased

the dirt percentage of the yield. According to the results it is evident that under the conditions at Tikkurila the hybrid H2 is not able to compete with Hilleshög, which is the sugar beet variety commonly grown in Finland.

In the years 1961—64 fodder sugar beet gave a dry matter yield (roots + tops) which was nearly as high as that of sugar beet, whereas the mangel yield was somewhat lower (relative yield 88; Table 2). Owing to the high yield of tops, the crude protein yields were quite satisfactory. For example, the average protein yield of fodder sugar beet was 1 240 kg/ha, which was equal to that of Hilleshög sugar beet. The protein yield of mangel was slightly lower, having a relative figure of 94. As a consequence of the abundant root yield of fodder sugar beet and mangel, they produced excellent total sugar yields, which were about as high as those of sugar beet (Table 3). However, the two former root crops are not well suited for industrial use, since they contain unfavourable substances. For instance, the ash content of the roots of mangel and fodder sugar beet was distinctly higher than that of sugar beet. The content of noxious nitrogen varied so much in the different years that no clear picture could be obtained of possible differences between the varieties tested. Comparison of the yields of the crops investigated showed that fodder sugar beet is the most advantageous root crop for use as fodder. These results agree well with those previously obtained in Finland and in some other countries.



DEPARTMENTS, EXPERIMENT STATIONS AND BUREAUS OF THE
AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE IN FINLAND

1. Administrative Bureau, Bureau for Local Experiments (HELSINKI) — 2. Departments of Soil Science, Agricultural Chemistry and Physics, Plant Husbandry, Plant Pathology, Pest Investigation, Animal Husbandry and Animal Breeding; Office for Plant Protectants, Pig Husbandry Exp. Sta. (TIKKURILA) — 3. Dept. of Plant Breeding (JOKIOINEN) — 4. Dept. of Horticulture (PIIKKIÖ) — 5. Southwest Finland Agr. Exp. Sta. (HIETAMÄKI) — 6. Satakunta Agr. Exp. Sta. (PEIPOHJA) — 7. Karelia Agr. Exp. Sta. (ANJALA) — 8. Häme Agr. Exp. Sta. (PÄLKÄNE) — 9. South Savo Agr. Exp. Sta. (Karila, MIKKELI) — 10. North Savo Agr. Exp. Sta. (MAANINKA) — 11. Central Finland Agr. Exp. Sta. (KUUSA) — 12. South Ostrobothnia Agr. Exp. Sta. (PELMA) — 13. Central Ostrobothnia Agr. Exp. Sta. (LAI-TALA) — 14. North Ostrobothnia Agr. Exp. Sta. (RUUKKI) — 15. Arctic Circle Agr. Exp. Sta. (ROVANIEMI) — 16. Pasture Exp. Sta. (MOUHIJÄRVI) — 17. Frost Research Sta. (PELSONSUO)

SISÄLLYS—CONTENTS

SALONEN, M. & TÄHTINEN, HILKKA & TAINIO, A. & KERÄNEN, T. & BARKOFF, E. & JOKI- NEN, RAILL. Rikkipitoisten ja rikittömien moniravinteisten lannoitteiden käyttöarvoa selvitteleviä tutkimuksia	155
Summary: Comparative studies on the effect of sulphur-containing and sulphur-free multinutrient fertilizers	176
ERVIÖ, R. & VIIRI, K. Hivenäineista eteläisen Keski-Uusimaan maaperässä	178
Summary: Trace element contents in the soils of Middle Uusimaa	184
SOINI, SYLVI. Paikallisten lannoituskokeiden heinäsaatoihin vaikuttavista tekijöistä	185
Summary: A statistical study of factors affecting the yields of leys in local experiment fields	205
MAIJALA, K. & LINDSTRÖM, GUNVOR. The inheritance of the new blood group factor SF3 in cattle	207
Selostus: Uuden veriryhmätekijän SF3:n periytymisestä nautakarjassa	214
YLLÖ, L. Juurikkaiden vertailukokeet Kasvinviljelylaitoksella 1959—64	215
Summary: Comparative trials with root crops at the Department of Plant Husbandry in 1959—64	222