

Annales Agriculaurae Fenniae

Maatalouden
tutkimuskeskuksen
aikakauskirja

Vol. 10, 4

Journal of the
Agricultural
Research
Centre

Helsinki 1971

ANNALES AGRICULTURAE FENNIAE

Maatalouden tutkimuskeskuksen aikakauskirja
Journal of the Agricultural Research Centre

TOIMITUSKUNTA — EDITORIAL STAFF

J. Mukula
Päätoimittaja
Editor-in-chief

M. Lampila

J. Säkö

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

KOTIMAINEN JAKELU

Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10

ULKOMAINEN JAKELU JA VAIHTOTILAUKSET
FOREIGN DISTRIBUTION AND EXCHANGE

Maatalouden tutkimuskeskus, kirjasto, 01300 Tikkurila
Agricultural Research Centre, Library, SF-01300 Tikkurila, Finland

TUOREREHUNURMEN LANNOITUS

VÄINÖ MÄNTYLÄHTI ja HELVI MARJANEN

Maatalouden tutkimuskeskus, Paikalliskoetoinisto, Helsinki

Summary: **Fertilization of leys for silage**

Saapunut 1. 12. 1970

Kotieläinvaltaisen maataloustuotannon vuoksi nurmilla on oloissamme tärkeä merkitys, ja peltoalastamme on n. 44 % eli 1 211 000 ha nurmena. Siitä on n. 73 % niitonurmea, n. 23 % laidunnurmea, n. 3 % säilörehunurmea ja n. 1 % siemennurmea. Kun pelkästään säilörehuksi korjattavaan alaan lisätään noin puolet laidunnurmi-alasta, jota viljellään ja lannoitetaan viljelylaitumien vaatimusten mukaisesti, saadaan varsinaisten tuorerehunurmien kokonaispinta alaksi n. 180 000 ha eli n. 15 % koko nurmialasta.

Nurmikasvien lannoituskysymyksiä on tutkittu tämän vuosisadan alusta lähtien ja jo runsaat 40 vuotta sitten tiedettiin, että typpilannoitteet kohottavat voimakkaasti heinäkavien satoja (SIMOLA 1923, LÄHDE 1925, 1927, 1930). Lannoitteiden yhä lisääntyvä käyttö onkin voimakkaasti vaikuttanut siihen, että aikaisemman yhden sadon asemesta saadaan tuorerehuksi korjatta-

vilta nurmilta nykyisin kaksi, jopa kolme satoa. Tämä on osaltaan johtanut kehitystä nurmialan vähenemiseen, jolloin peltoa on vapautunut muille viljelykasveille.

Vasta 1950-luvulla alettiin kiinnittää huomiota siihen, ettei typpilannoitus ainoastaan lisää satoa, vaan vaikuttaa myös rehun koostumukseen, erityisesti valkuaispitoisuuteen (JÄNTTI 1953, LAINE 1953, SALONEN 1959, JÄNTTI ym. 1969). Myös muiden lannoitteiden, kuten superfosfaatin ja kalisuolan vaikutusta rehun ravinnepitoisuuteen alettiin tutkia samalla kymmenluvulla (SALONEN ja TAINIO 1957, 1961).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää paikalliskokeina suoritettujen tuorerehunurmen lannoituskokeiden tuloksia tarkastelemalla lannoitemäärien vaikutusta eri niittojen sato-määriin ja satojen ravinnepitoisuuksiin.

Koeaineisto

Paikalliskokeina suoritettiin v. 1969 tuorerehunurmen lannoituskokeita kolmen toisistaan hie-man poikkeavan koesuunnitelman mukaan. Koe-kaavat ja käytetyt lannoite- ja ravinnemäärät ilmenevät taulukosta 1. Kokeissa a ja b käytettiin kummassakin samaa kokonaislannoitemäärää kasvukautta kohti. Koeryhmät eroavat toisistaan siten, että a-kokeessa käytettiin vain kahta lan-

noitus- ja korjuukertaa, kun taas b-kokeessa käytettiin kolmea lannoitus- ja korjuukertaa. Kummankin kokeen I-sadot saivat samanlaisen lannoituksen. Kokeessa c käytettiin yksiravinteisten lannoitteiden asemesta moniravinteista normaali super Y-lannosta ja tämän ohella nousevia typpimääriä. Käytettyjen lannoitteiden ravinnepitoisuudet ilmenevät seuraavasta:

Taulukko 1. Koeryhmien koekaavat ja käytetyt lannoite- ja ravinnemäärät
Table 1. Trial groups and applications of fertilizers and nutrients employed

	Eri sadoille annetut ravinnemäärät kg/ha Following amounts of nutrients applied to the various crops kg/ha									
	I-sato Crop I				II-sato Crop II			III-sato Crop III		
	P ₂ O ₅	N	Mg	K ₂ O	N	Mg	K ₂ O	N	Mg	
Koeryhmän a koekaava — Trial Group a:										
a. NPK keväällä — in spring NK I-niiton jälkeen — after first cut	160	50	5.4	60	50	5.4	60			
b. NPK ₂ » » NK ₂ » » »	160	50	5.4	120	50	5.4	120			
c. N ₂ PK » » N ₂ K » » »	160	100	10.8	60	100	10.8	60			
d. N ₂ PK ₂ » » N ₂ K ₂ » » »	160	100	10.8	120	100	10.8	120			
e. N ₄ PK » » N ₄ K » » »	160	200	21.6	60	200	21.6	60			
f. N ₄ PK ₂ » » N ₄ K ₂ » » »	160	200	21.6	120	200	21.6	120			

Käytetyt lannoitteet: superfosfaatti 800 kg/ha, oulunsalpietari 200, 400 ja 800 kg/ha, 60 % kalisuola 100 ja 200 kg/ha.
Fertilizers used: Superphosphate 800 kg/ha, Oulu Nitrate 200, 400 and 800 kg/ha, 60 % Potassium 100 and 200 kg/ha.

Koeryhmän b koekaava — Trial Group b:

a. NPK keväällä in spring NK I-niiton jälkeen after first cut — II-niiton jälkeen after second cut	160	50	5.4	60	50	5.4	60	—	—
b. NPK ₂ » » NK ₂ » » — » »	160	50	5.4	120	50	5.4	120	—	—
c. N ₂ PK » » NK » » N » »	160	100	10.8	60	50	5.4	60	50	5.4
d. N ₂ PK ₂ » » NK ₂ » » N » »	160	100	10.8	120	50	5.4	120	50	5.4
e. N ₄ PK » » N ₂ K » » N ₂ » »	160	200	21.6	60	100	10.8	60	100	10.8
f. N ₄ PK ₂ » » N ₂ K ₂ » » N ₂ » »	160	200	21.6	120	100	10.8	120	100	10.8

Käytetyt lannoitteet: superfosfaatti 800 kg/ha, oulunsalpietari 200, 400 ja 800 kg/ha, 60 % kalisuola 100 ja 200 kg/ha.
Fertilizers used: Superphosphate 800 kg/ha, Oulu Nitrate 200, 400 and 800 kg/ha, 60 % Potassium 100 and 200 kg/ha.

Koeryhmän c koekaava — Trial Group c:

a. Y keväällä in spring — I-niiton jälkeen after first cut — II-niiton jälkeen after second cut	60	45	0.3	45	—	—	—	—
b. Y ₂ » » — » » — » »	120	90	0.6	90	—	—	—	—
c. Y ₂ N » » N ₂ » » N » »	120	115	3.3	90	50	5.4	25	2.7
d. Y ₂ N ₂ » » N ₄ » » N ₂ » »	120	140	6.0	90	100	10.8	50	5.4
e. Y ₂ N ₃ » » N ₆ » » N ₃ » »	120	165	8.7	90	150	16.2	75	8.1

Käytetyt lannoitteet: normaali super Y-lannos 300 ja 600 kg/ha, oulunsalpietari 100, 200, 300, 400 ja 600 kg/ha.
Fertilizers used: Normal Concentrated Compound Fertilizer Y 300 and 600 kg/ha, Oulu Nitrate 100, 200, 300, 400 and 600 kg/ha.

oulunsalpietari (Nos) 25 % N, 2.7 % Mg
superfosfaatti (Psf) 20 % P₂O₅
kalisuola (K₈₀) 60 % K₂O
normaali super Y-lannos (Yns) 15—20—15

Kokeet suoritettiin neljällä kerranteella ja ruu-
tukoko oli 50 m². Kockasvina oli 1—4 vuoden
ikäinen nurminata—timotei-, apila—timotei- tai
timoteinurmi. Täydellisten sato- ja analyysitulos-
ten lukumäärä sekä analysoitujen näytteiden ja-
kautuminen eri maalajiryhmiin ilmenee seura-
vasta asetelmasta:

koeryhmä	täydelliset satoruokokset	täydelliset analyysitulos- tulokset	savi- ja hiesuunnat	hiekk- ja hietannat	turvemaat
a	21 kokeesta	18 kokeesta	1	15	2
b	14 »	14 »	1	10	3
c	17 »	13 »	—	11	2

Valtaosa kokeista sijaitsi hietamailla. Kokeiden
hoidosta huolehtivat maatalouskeskusten maata-
lousneuvojat, ja niiden sijoittuminen eri maata-
louskeskusten alueille ilmenee seuraavasta ase-
telmasta, johon on koottu kaikki ne kokeet,
joista on saatu täydelliset satoruokokset:

Koeryhmä	Maatalouskeskus											
	Etelä-Pohjanmaan	Hämeen läänin	Itä-Hämeen	Keski-Suomen	Kuopion läänin	Kymen läänin	Mikkelin läänin	Oulun	Pirkanmaan	Pohjois-Karjalan	Satakunnan	Uudenmaan
a	1	2	5	1	4	4	4	2	1	1	1
b			5	4			2			3	
c	7	1	2	1			2		1	3	

Koeruutujen sadot punnittiin heti niiton jäl-
keen, joten taulukoissa 2 a ja 2 b esitetyt sato-
tulokset ovat tuoresatoja. Jokaisesta koejäsenestä

otettiin niiton yhteydessä edustava satonäyte, joka kuivattiin. Sadoista määritettiin typpi, fosfori, kalium, kalsium ja magnesium. Valkuaispitoisuus laskettiin kertomalla typpipitoisuus luvulla 6.25.

Vuoden 1969 sääoloista mainittakoon, että kevät oli nurmien kasvun kannalta varsin suotuisa. Kevätsateiden jälkeen alkanut pitkä poutakausi jatkui aina syyskuun alkupuolelle saakka, joten se osaltaan vaikutti sato- ja analyysituloksiin.

Koetulokset

Kokeiden tuoresadot

Eri koeryhmien satojen keskimääräiset korjuuajat ilmenevät seuraavasta asetelmasta:

Koeryhmä	I-sato	II-sato	III-sato
a	26/6	20/8	
b	24/6	14/8	26/9
c	20/6	6/8	25/9

Eri koejäsenien kokonaissadot niittokerroittain ilmenevät taulukosta 2 a, jossa satomäärät ovat tuoresatoja kg/ha. Koejäsenen sadonlisäykset peruslannoitettuun a-koejäseneseen verrattuna ilmenevät taulukosta 2 b. Kokonaissadot ja sadonlisäykset peruslannoitettuun a-koejäseneseen verrattuna ilmenevät myös kuvista 1 a, b ja c.

Taulukko 2 a. Koeryhmien tuoresadot kg/ha koejäsenittäin
Table 2 a. Fresh weight yields of trial groups in kg/ha by treatments

	a	b	c	d	e	f	Koejäsenen välinen F-arvo F values between treatments	PME 95 % luotettavuudella LSD at 95 % significance level
Koeryhmä a — Trial Group a								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	NPK	NPK ₂	N ₂ PK	N ₂ PK ₂	N ₄ PK	N ₄ PK ₂		
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	NK	NK ₂	N ₂ K	N ₂ K ₂	N ₄ K	N ₄ K ₂		
I-sato — crop I	12 340	12 810	14 720	15 590	17 430	18 360	21.4***	1 380
II-sato — crop II	9 090	10 220	13 150	13 910	15 700	16 180	21.7***	1 690
Yhteensä kg/ha — Total kg/ha	21 430	23 030	27 870	29 500	33 130	34 540		
Koeryhmä b — Trial Group b								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	NPK	NPK ₂	N ₂ PK	N ₂ PK ₂	N ₄ PK	N ₄ PK ₂		
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	NK	NK ₂	NK	NK ₂	N ₂ K	N ₂ K ₂		
» II-niiton jälkeen—fertilization after cut II	—	—	N	N	N ₂	N ₂		
I-sato — crop I	11 900	12 540	13 620	14 740	16 160	16 440	9.9***	1 790
II-sato — crop II	9 270	9 560	10 680	11 250	12 970	12 920	7.0***	1 770
III-sato — crop III	6 480	7 720	9 890	10 030	10 780	11 600	21.7***	1 180
Yhteensä kg/ha — Total kg/ha	27 650	29 820	34 190	36 020	39 910	40 960		
Koeryhmä c — Trial Group c								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	Y	Y ₂	Y ₂ N	Y ₂ N ₂	Y ₂ N ₃			
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	—	—	N ₂	N ₄	N ₆			
» II-niiton jälkeen—fertilization after cut II	—	—	N	N ₂	N ₃			
I-sato — crop I	10 020	13 440	15 320	16 770	17 090		48.2***	1 270
II-sato — crop II	4 280	5 180	10 160	12 250	13 190		49.1***	1 700
III-sato — crop III	2 430	2 570	4 990	6 990	7 750		31.7***	1 330
Yhteensä kg/ha — Total kg/ha	16 730	21 190	30 470	36 010	38 030			

Koejäsenen välisten erojen luotettavuus on ilmaistu F-arvolla: n*** = P = 99.9 %, n** = P = 99 % ja n* = P = 95 %.

Koejäsenen välisten erojen mittaamiseksi on laskettu PME 95 % luotettavuustasolle. The significance of the differences between the treatments is expressed in F values. To measure the differences between treatments, (LSD) is calculated for 95 % level of significance.

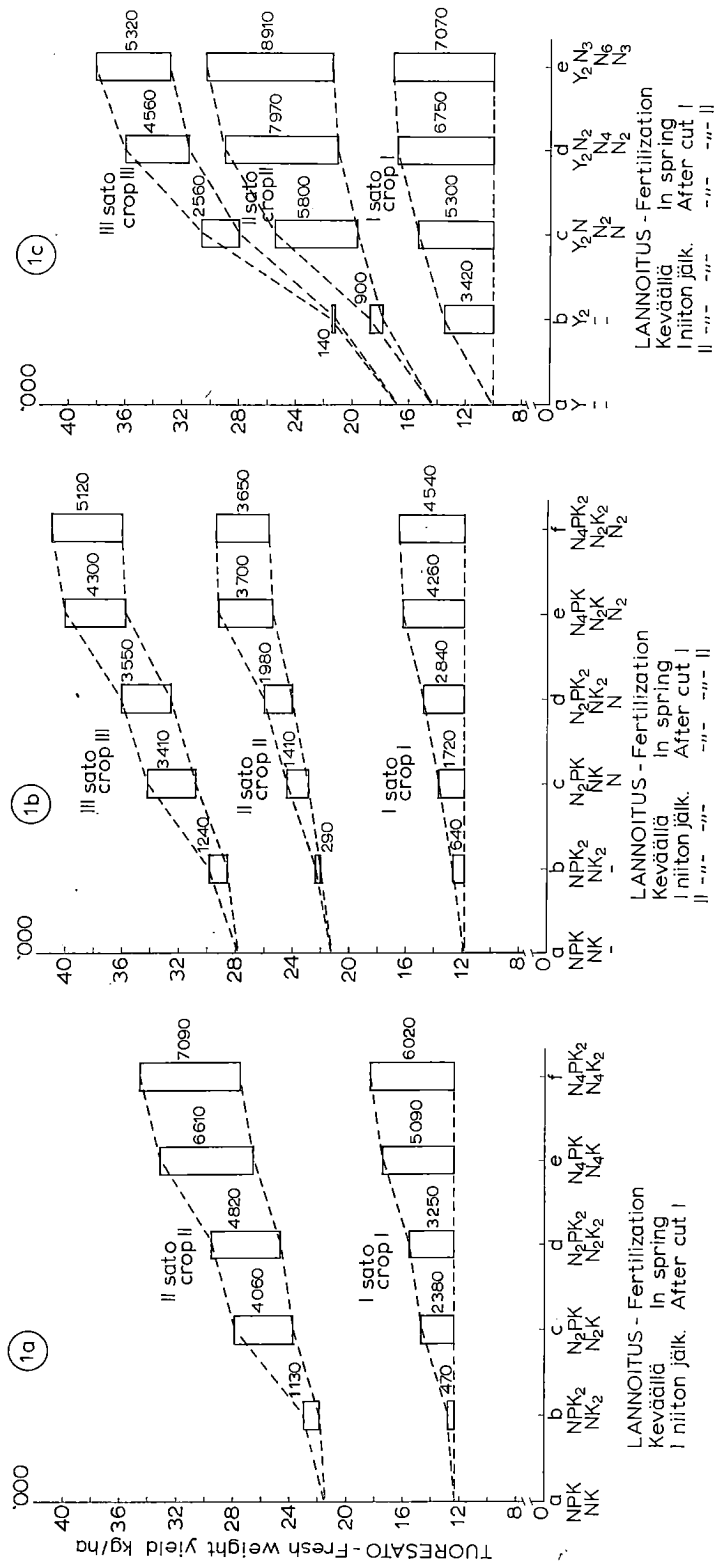
Taulukko 2 b. Koeryhmien tuoresatojen sadonlisäykset kg/ha peruslannoitettuun a-koejäseneen verrattuna
 Table 2 b. Increases in fresh weight yields in kg/ha, compared with Treatment a, which received basic fertilization only

	a	b	c	d	e	f
Koeryhmä a — Trial Group a						
lannoitus keväällä— <i>fertilization in spring</i>	NPK	K(NPK)	N(NPK)	NK(NPK)	N ₃ (NPK)	N ₃ K(NPK)
» I-niiton jälkeen— <i>fertilization after cut I</i>	NK	K(NK)	N(NK)	NK(NK)	N ₃ (NK)	N ₃ K(NK)
I-sato — <i>crop I</i>	12 340	470	2 380	3 250	5 090	6 020
II-sato — <i>crop II</i>	9 090	1 130	4 060	4 820	6 610	7 090
Koeryhmä b — Trial Group b						
lannoitus keväällä— <i>fertilization in spring</i>	NPK	K(NPK)	N(NPK)	NK(NPK)	N ₃ (NPK)	N ₃ K(NPK)
» I-niiton jälkeen— <i>fertilization after cut I</i>	NK	K(NK)	O(NK)	K(NK)	N(NK)	NK(NK)
» II-niiton jälkeen— <i>fertilization after cut II</i>	—	O(O)	N(O)	N(O)	N ₂ (O)	N ₂ (O)
I-sato — <i>crop I</i>	11 900	640	1 720	2 840	4 260	4 540
II-sato — <i>crop II</i>	9 270	290	1 410	1 980	3 700	3 650
III-sato — <i>crop III</i>	6 480	1 240	3 410	3 550	4 300	5 120
Koeryhmä c — Trial Group c						
lannoitus keväällä— <i>fertilization in spring</i>	Y	Y(Y)	YN(Y)	YN ₂ (Y)	YN ₃ (Y)	
» I-niiton jälkeen— <i>fertilization after cut I</i>	—	O(O)	N ₂ (O)	N ₄ (O)	N ₆ (O)	
» II-niiton jälkeen— <i>fertilization after cut II</i>	—	O(O)	N(O)	N ₂ (O)	N ₃ (O)	
I-sato — <i>crop I</i>	10 020	3 420	5 300	6 750	7 070	
II-sato — <i>crop II</i>	4 280	900	5 800	7 970	8 910	
III-sato — <i>crop III</i>	2 430	140	2 560	4 560	5 320	

Tulokset osoittavat, että koeryhmässä a kalilisällä ei ollut ensimmäisessä ja toisessa niitossa suurta vaikutusta satomääriin eikä ero ole tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan 50 kg:n typpilisä kohotti satoa huomattavasti ja 150 kg:n typpilisä erittäin merkitsevästi. Kun sitten typpi- ja kalilisä annettiin samanaikaisesti, saatiin ensimmäisessä sadossa sadonlisäystä, mutta toisessa sadossa vaikutus oli päinvastainen. Sama koski sekä 50 kg:n että 150 kg:n typpilisää käytettynä kalilisan ohella. Tämän koeryhmän mukaan olisi tarkoituksenmukaista käyttää peruslannoituksen lisäksi vain suurehkoa typpilisää kumpaakin niittokertaa varten. Kalilisällä ei ollut näiden koetulosten perusteella suurta vaikutusta satomäärään. Saman ovat todenneet SALONEN ja TAINIO (1961). Kalilisä voi vaikuttaa jopa haitallisesti, kuten toisen niiton sadosta ilmeni. TENNBERGIN (1956) mukaan 100 kg 50-%:sta kalisuolaa on riittävä määrä keväällä niitonurmeille.

Koeryhmässä b (kuva 1 b) sato korjattiin kolme kertaa kokonaislannoitemäärän ollessa

kasvukauden aikana sama kuin a-ryhmän koikeissa. Ensimmäisen niiton sato sai samanlaisen lannoituksen kuin a-kokeessakin, ja sadonlisäykset olivat hyvin samansuuntaisia. Toisen niiton satoa varten käytettiin vain puolet siitä typpimäärästä kuin a-kokeessa, lukuun ottamatta koejäseniä a ja b, ja loput annettiin kolmannelle sadolle. Satomäärät osoittautuivat edellisen koeryhmän suuntaisiksi, joskin määrittään jonkin verran pienemmiksi, mikä johtui pienemmistä lannoitemääristä sekä keskimäärin 6 päivää aikaisemmasta leikkuaajasta. Kolmannen niiton sadot lisääntyivät myös tasaisesti lannoitemäärän kohotessa. Tässä sadossa ilmeni edellisille sadoille annetun kalin jälkivaikutus positiivisena sadonlisäyksenä. Tämän koeryhmän tulokset osoittivat, että peruslannoituksen lisäksi annetulla kalilla oli vain pieni satoa lisäävä vaikutus. Sen sijaan typpilisillä voitiin lisätä satomääriä erittäin merkitsevästi. Erityisesti kolmannen niiton sato antoi hyviä tuloksia, ja typpikoejäsenten sadonlisäykset osoittautuivat jopa ensimmäisen niiton sadonlisäyksiä paremmiksi.



Kuva 1. Tuorerehunurmen lannoituskokeiden tuoresadot kg/ha kocyryhmittäin, niittoerittäin ja koejäsenittäin
 Fig. 1. Fresh weight yields of fertilizer experiments on leys for silage, in kg per hectare by trial groups, by cut, and by treatments
 (see Tables 1 and 2)

Vertailtaessa a- ja b-koeryhmiä keskenään todetaan, että kolme niittokertaa antoi huomattavasti suuremman kokonaistuoresadon kuin

	I-sato
koejäsenet a—f	12.3—18.4 tn
» a—f	11.9—16.4 »

Täten kolmella korjuukerralla päästiin keskimäärin 6 tn suurempaan tuoresatoon kuin kahdella niittokerralla. Pohjois-Pohjanmaan koeasemalla suoritetuissa kokeissa (ANTTINEN 1966) kahdessa ja kolmessa erässä annettu typpilannoitus tuotti suunnilleen saman suuruiset kokonaissadot. Selostettavana olevissa kokeissa satoero todennäköisesti johtuikin kuivasta keski- ja loppukestästä.

Koeryhmässä c (kuva 1 c) sato korjattiin kolme kertaa. Tämän mukaan normaali super Y-lannosmäärän kohottaminen 300 kg:sta 600 kg:aan lisäsi satoa erittäin merkittävästi. Kun tämän lisäksi käytettiin nousevia typpimääriä, kohosi satotaso merkittävästi lukuunottamatta e-koe-

kaksi niittokertaa. Tämä ilmenee myös seuraavasta asetelmasta:

II-sato	III-sato	Yhteensä
9.1—16.2 tn	—	21.4—34.6 tn
9.3—12.9 »	6.5—11.6 tn	27.7—40.9 »

jäsentä, jossa ei enää saatu merkittävästi eroa d-koejäsenen verrattuna. Toiselle ja kolmannelle sadolle annettiin a- ja b-koejäseniä lukuun ottamatta nousevat typpimäärät, ja sadonlisäykset olivat huomattavia. Erityisesti kolmannessa sadossa tyypellä saadut sadonlisäykset olivat huomattavasti suuremmat kuin ensimmäisessä sadossa. Tämän koeryhmän tulosten mukaan kannattaa sadon määrän kannalta, ilman että tarkastellaan sadon ravinnepitoisuuksia, antaa 600 kg:n Y-lannosmäärän lisäksi pienehkö typpierä, mutta ei juuri 50 kg:aa enempää. Toisessa ja kolmannessa sadossa päästään runsaalla typpilannoituksella hyvään tulokseen.

Satonäytteen analyysitulokset

Koeryhmien koejäsenistä määritettiin niitto-kerroittain N, P, K, Ca ja Mg. Tarkoituksena oli saada selville käytetyn lannoituksen ja niittokeran vaikutus rehun ravinnepitoisuuteen. Tulokset ilmenevät taulukosta 3.

1. Valkuaispitoisuudet

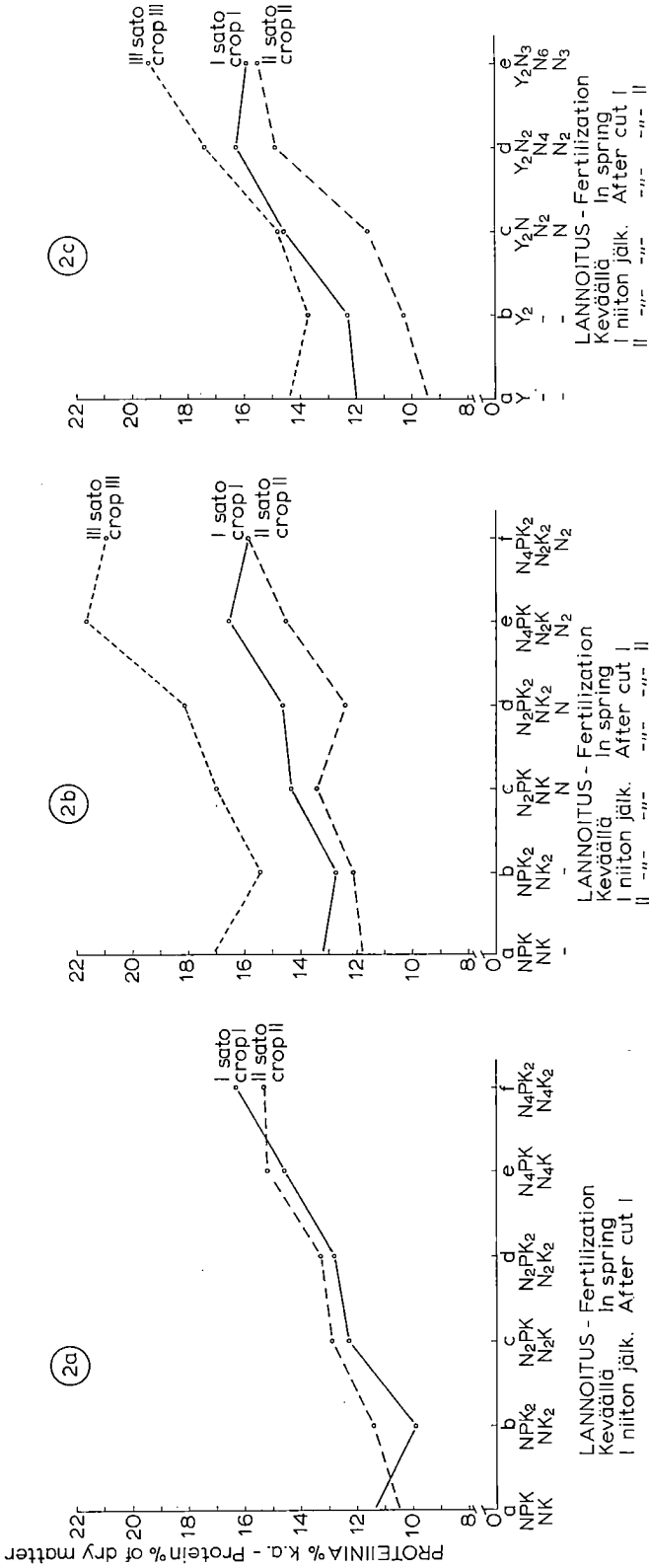
Eri koeryhmien satojen valkuaispitoisuudet ilmenevät taulukon 3 lisäksi kuvista 2 a, b ja c. Koeryhmän a tuloksista ilmenee, että ensimmäisessä sadossa kalilisa alensi merkittävästi rehun valkuaispitoisuutta peruslannoitettuun a-koejäsenen verrattuna. Samaan tulokseen on päädytty useissa muissa tutkimuksissa (mm. SALONEN ja TAINIO 1961). Pienellä 50 kg:n typpilisällä ei ollut tilastollisesti merkittävästi vaikutusta valkuaispitoisuuteen. Sen sijaan 150 kg:n lisällä saatu valkuaispitoisuuden kohoaminen oli tilastollisesti erittäin merkittävä. Merkille pantavaa ensimmäisessä sadossa oli se, että annettaessa typpi- ja kalilisa yhdessä kalin haitallinen vaikutus eliminoitui ja sadon valkuaispitoisuus kohosi selvästi. Toisen niiton

sadoissa kalilisa kohotti jonkin verran valkuaispitoisuutta, mutta ero ei ollut merkittävä. Valkuaispitoisuutta kohottivat selvästi 50 kg:n ja 150 kg:n typpilisät. Typen ohella annettu kalilisa kohotti valkuaispitoisuutta lievästi, joskaan ei merkittävästi. Toisen sadon valkuaispitoisuus oli hieman korkeampi kuin ensimmäisen sadon. Erittäin näyttää olevan aiheutta kiinnittää huomiota keväällä käytettävien typpi- ja kalimäärien suhteeseen, jotta liian suurella kalimäärällä ei alennettaisi sadon valkuaispitoisuutta.

Koeryhmän b satojen valkuaispitoisuudet ilmenevät taulukon 3 lisäksi kuvasta 2 b. Tuloksista ilmenee, että ensimmäisen sadon valkuaispitoisuudet olivat hyvin saman suuntaisia kuin edellisessäkin koeryhmässä, lukuun ottamatta e-koejäsentä, jossa kalilisa alensi 150 kg:n typpimäärällä saatua valkuaispitoisuuden tasoa, joskaan ero ei ollut merkittävä. Toinen sato sai nyt vain puolet siitä typpimäärästä, mikä annettiin edellisessä koeryhmässä a- ja b-koejäseniä lukuun ottamatta. Tämän johdosta valkuaispitoisuus olikin toisessa sadossa selvästi alempi kuin ensimmä-

Taulukko 3. Satonäytteiden ravinnepitoisuudet koeryhmittäin ja niittokerroittain
 Table 3. Nutrient contents of crop samples by trial groups and cuts

Koejäsien Treat- ment	I-sato — crop I						II-sato — crop II						III-sato — crop III													
	Proct. % of dry matter	P mg/g k.a.	K mg/g k.a.	Ca mg/g k.a.	Mg mg/g k.a.	Mg mg/g of dry matter	Proct. % of dry matter	P mg/g k.a.	K mg/g k.a.	Ca mg/g k.a.	Mg mg/g k.a.	Mg mg/g of dry matter	Proct. % of dry matter	P mg/g k.a.	K mg/g k.a.	Ca mg/g k.a.	Mg mg/g k.a.	Mg mg/g of dry matter	Proct. % of dry matter	P mg/g k.a.	K mg/g k.a.	Ca mg/g k.a.	Mg mg/g k.a.	Mg mg/g of dry matter		
Koeryhmä a — Trial Group a:																										
a.	11.4	3.00	28.1	3.61	1.38	10.5	2.56	27.6	5.13	1.80	10.5	2.56	27.6	5.13	1.80	10.5	2.56	27.6	5.13	1.80	10.5	2.56	27.6	5.13	1.80	
b.	9.9	2.95	27.9	3.18	1.27	11.4	2.64	27.1	4.91	1.53	12.9	2.66	29.5	4.97	1.83	12.9	2.66	29.5	4.97	1.83	12.9	2.66	29.5	4.97	1.83	
c.	12.3	2.75	30.0	3.46	1.47	13.2	2.72	30.4	3.63	1.47	13.2	2.82	30.2	5.04	1.92	13.2	2.82	30.2	5.04	1.92	13.2	2.82	30.2	5.04	1.92	
d.	12.8	2.96	30.7	4.04	1.68	15.3	2.82	29.3	5.44	2.31	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	
e.	14.6	3.11	34.0	4.39	1.63	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	
f.	16.3	3.11	34.0	4.39	1.63	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	15.3	2.77	30.6	5.36	2.08	
Koejäsienten välinen F-arvo — F value between treatments																										
PME 95 %	18.2***	2.8**	6.2***	6.5***	10.8***	18.6***	1.6	0.3	1.6	10.4***	1.6	0.3	1.6	10.4***	1.6	0.3	1.6	10.4***	1.6	0.3	1.6	10.4***	1.6	0.3	1.6	
LSD 95 %																										
a.	1.5	0.26	2.5	0.48	0.13	1.3	0.26	2.5	0.48	0.13	1.3	0.26	2.5	0.48	0.13	1.3	0.26	2.5	0.48	0.13	1.3	0.26	2.5	0.48	0.13	1.3
Koeryhmä b — Trial Group b:																										
a.	13.2	2.86	28.8	4.34	1.61	11.8	2.54	27.7	5.43	1.97	11.8	2.54	27.7	5.43	1.97	11.8	2.54	27.7	5.43	1.97	11.8	2.54	27.7	5.43	1.97	
b.	12.7	2.89	30.5	4.33	1.43	12.1	2.49	29.9	5.44	1.89	12.1	2.49	29.9	5.44	1.89	12.1	2.49	29.9	5.44	1.89	12.1	2.49	29.9	5.44	1.89	
c.	14.3	2.89	31.0	4.26	1.65	13.4	2.70	29.5	5.41	1.94	13.4	2.70	29.5	5.41	1.94	13.4	2.70	29.5	5.41	1.94	13.4	2.70	29.5	5.41	1.94	
d.	14.6	2.91	32.9	3.69	1.51	12.4	2.78	29.9	5.35	1.96	12.4	2.78	29.9	5.35	1.96	12.4	2.78	29.9	5.35	1.96	12.4	2.78	29.9	5.35	1.96	
e.	16.5	3.21	30.3	3.93	1.69	14.5	2.44	27.0	5.71	2.43	14.5	2.44	27.0	5.71	2.43	14.5	2.44	27.0	5.71	2.43	14.5	2.44	27.0	5.71	2.43	
f.	15.8	3.31	30.7	4.26	1.65	15.8	2.68	31.1	5.50	2.24	15.8	2.68	31.1	5.50	2.24	15.8	2.68	31.1	5.50	2.24	15.8	2.68	31.1	5.50	2.24	
Koejäsienten välinen F-arvo — F value between treatments																										
PME 95 %	6.4***	4.9***	1.3	3.3*	3.4**	7.6***	1.5	2.1	0.04	9.2***	7.6***	1.5	2.1	0.04	9.2***	7.6***	1.5	2.1	0.04	9.2***	7.6***	1.5	2.1	0.04	9.2***	
LSD 95 %																										
a.	1.0	0.25	1.3	0.41	0.15	1.6	0.25	1.3	0.41	0.15	1.6	0.25	1.3	0.41	0.15	1.6	0.25	1.3	0.41	0.15	1.6	0.25	1.3	0.41	0.15	1.6
Koeryhmä c — Trial Group c:																										
a.	12.0	2.86	27.6	3.65	1.41	9.4	2.58	22.4	8.58	2.00	9.4	2.58	22.4	8.58	2.00	9.4	2.58	22.4	8.58	2.00	9.4	2.58	22.4	8.58	2.00	
b.	12.3	3.00	29.5	3.55	1.32	10.3	2.58	23.7	6.63	1.92	10.3	2.58	23.7	6.63	1.92	10.3	2.58	23.7	6.63	1.92	10.3	2.58	23.7	6.63	1.92	
c.	14.6	3.08	31.4	4.04	1.60	11.6	2.70	25.5	6.23	2.16	11.6	2.70	25.5	6.23	2.16	11.6	2.70	25.5	6.23	2.16	11.6	2.70	25.5	6.23	2.16	
d.	16.3	3.07	33.4	3.96	1.65	14.9	2.69	26.8	6.32	2.44	14.9	2.69	26.8	6.32	2.44	14.9	2.69	26.8	6.32	2.44	14.9	2.69	26.8	6.32	2.44	
e.	15.9	3.18	31.8	3.95	1.62	15.5	2.41	27.3	6.19	2.50	15.5	2.41	27.3	6.19	2.50	15.5	2.41	27.3	6.19	2.50	15.5	2.41	27.3	6.19	2.50	
Koejäsienten välinen F-arvo — F value between treatments																										
PME 95 %	7.1***	2.1	6.5***	1.4	4.7**	23.5***	2.2	4.6**	3.1*	4.3**	23.5***	2.2	4.6**	3.1*	4.3**	23.5***	2.2	4.6**	3.1*	4.3**	23.5***	2.2	4.6**	3.1*	4.3**	
LSD 95 %																										
a.	2.1	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6
b.	2.1	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6
c.	2.1	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6
d.	2.1	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6
e.	2.1	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6	0.25	2.5	0.41	0.19	1.6



Kuva 2. Tuorerehunurmen lannoituskokeiden valkuaispitoisuudet % k.a. koeryhmittäin, niitokerroittain ja koejäsenittäin
 Fig. 2. Protein contents of fertilizer experiments on leys for silage in % of dry matter by trial groups, by cuts, and by treatments
 (see Tables 1 and 3)

mäisessä sadossa. Kalin haitallinen vaikutus ilmeni selvästi d-koejäsenessä, jossa typhen suhde kaliin oli nyt vain puolet siitä kuin edellisessä koeryhmässä. Kolmannessa sadossa ilmeni edellisille sadoille annetun kalin jälkivaikutus haitallisena sekä b- että f-koejäsenissä. Muissa koejäsenissä saatiin typpellä valkuaispitoisuus kohoamaan varsin voimakkaasti, sillä suurimmalla typpimäärällä ylitettiin jopa 21 %:n raja. Tämän koeryhmän tarkastelussa huomio kiintyy erityisesti kolmannen sadon huomattavan korkeaan valkuaispitoisuuteen ensimmäisen ja toisen niiton satoihin verrattuna. Kalia on syytä käyttää harkiten, koska sen liikamäärä voi vaikuttaa haitallisesti vielä myöhempiinkin satoihin. Kaksinkertaisen kalimäärän saaneiden koejäsenten toisen niiton sadoista voitaneen tehdä johtopäätös, että kuivana kautena annettu kalilisa ei vaikuttanut haitallisesti vielä toisen, vaan vasta kolmannen sadon valkuaispitoisuuteen.

Koeryhmän c satojen valkuaispitoisuudet ilmenivät, paitsi taulukosta 3, myös kuvasta 2 c. Koetulosten mukaan normaali super Y-lannosmäärän kohottaminen 300 kg:sta 600 kg:aan ei juuri lainkaan vaikuttanut ensimmäisen sadon valkuaispitoisuuteen. TENNBERGIN ja VALMARIN (1969) suorittamissa Y-lannostutkimuksissa ei 60 kg:n tyypillisällä ja samanaikaisesti annettulla 80 kg:n K_2O - lisällä ollut merkitsevää vaikutusta sadon valkuaispitoisuuteen lannoittamattomaan koejäseneseen verrattuna. Tämä johtunee edellisten koeryhmien antamien tulosten mukaan samanaikaisesti tapahtuneesta kalimäärän suurenemisesta, joten kalilisa esti tässä valkuaispitoisuuden kohoamisen, mikä olisi ollut odotettavissa typpimäärän lisääntymisen seurauksena. Kalilisan haitallinen vaikutus ilmeni myös kolmannen sadon tuloksissa, mutta ei toisessa sadossa. Tulokset ovat täten yhdensuuntaisia edellisten koeryhmien kanssa. Y-lannoslisan ohella käytetyillä nousevilla typpimäärillä saatiin valkuaispitoisuus kohoamaan varsin voimakkaasti. Tässäkin koeryhmässä huomio kiintyy erityisesti kolmannen sadon korkeaan valkuaispitoisuuteen.

Saadut koetulokset osoittavat, että liian suuri kalimäärä tyyppeen verrattuna alentaa valkuaispitoisuutta, ja sama haitallinen vaikutus ilmenee

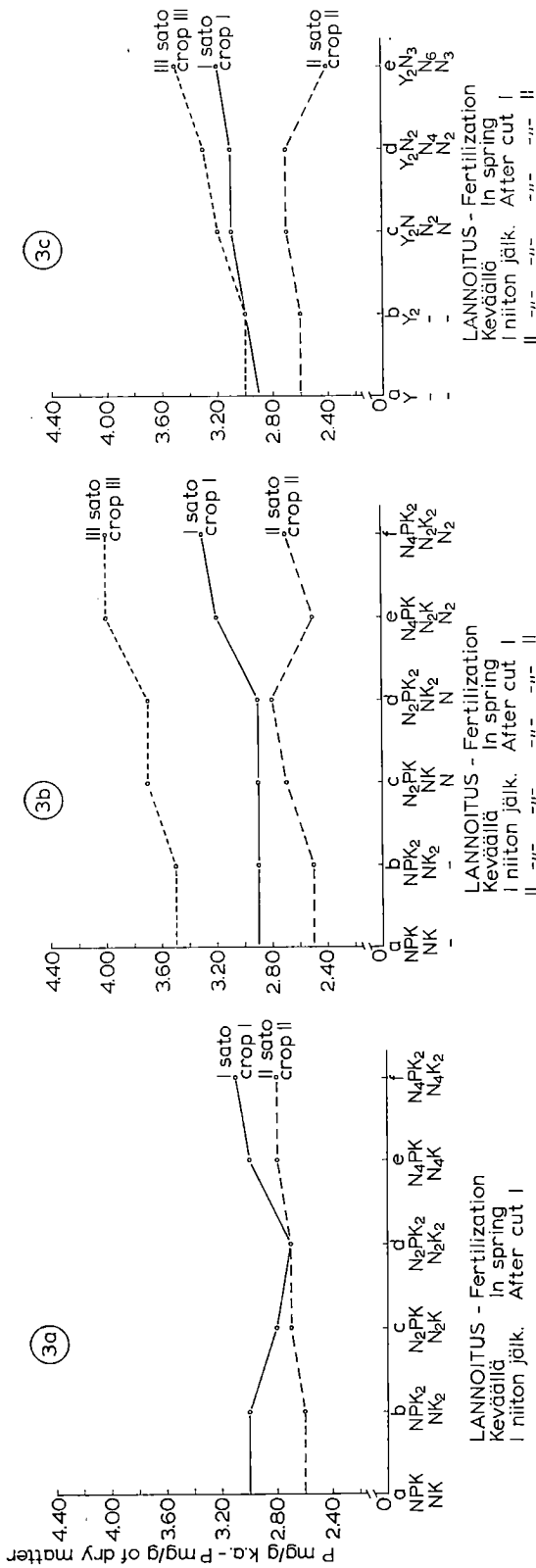
myös käytettäessä moniravinteisia lannoitteita. Kolmannen sadon valkuaispitoisuus on selvästi korkeampi kuin aikaisemmissa niitoissa, ja siihen näyttää typpilannoitus vaikuttavan herkimmin.

2. Fosforipitoisuudet

Koeryhmien satojen fosforipitoisuudet ilmenevät taulukosta 3 ja kuvista 3 a, b ja c. Koeryhmän a tarkastelu osoittaa ensimmäisen sadon fosforipitoisuuden pysyneen eri koejäsenissä melko tasaisena. Tosin kali- ja pieni typpilisa yhdessä annettuna alensi fosforipitoisuutta, mutta vastaavaa ei ilmennyt muissa koeryhmässä. Toisen niiton sadossa kalilisällä ei ollut mitään vaikutusta fosforipitoisuuteen, mutta typpellä sen sijaan näytti olleen lievä positiivinen vaikutus, vaikka muutos ei ollutkaan merkitsevä. Sekä pieni että suuri typpilisa vaikuttivat samaan suuntaan. Selvin ero olikin eri satojen välillä, sillä ensimmäisen niiton sadossa oli kauttaaltaan selvästi korkeampi fosforipitoisuus kuin toisen niiton sadossa.

Koeryhmän b satojen fosforipitoisuudet ilmenivät taulukosta 3 ja kuvasta 3 b. Saatujen koetulosten mukaan kalilisällä ei ollut vaikutusta ensimmäisen sadon fosforipitoisuuteen. Samoin oli tilanne pienen typpilisan kohdalla, mutta sen sijaan 150 kg:n typpilisa kohotti fosforipitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi. Toisessa sadossa ei todettu mitään selvää suuntaa, ja mahdolliset erot peittyivät hajontaan. Sen sijaan kolmannessa sadossa typpilannoitus kohotti selvästi rehun fosforipitoisuutta. Ero oli 100 kg:n typpilisan saaneissa e- ja f-koejäsenissä tilastollisesti merkitsevä a-koejäseneseen verrattuna. Suurin ero oli kuitenkin eri satojen välillä, sillä kolmannessa sadossa fosforipitoisuus oli selvästi korkeampi kuin muissa sadoissa. Toisen niiton sadossa se oli pienin.

Koeryhmän c satojen fosforipitoisuudet ilmenivät taulukosta 3 ja kuvasta 3 c. Tulosten mukaan sekä normaali super Y-lannosmäärän lisääminen että sen ohella käytetyt nousevat typpimäärät kohottivat lievästi ensimmäisen sadon fosforipitoisuutta, mutta lisäykset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Toisen niiton



Kuva 3. Tuorerehunurmen lannoituskokeiden fosforipitoisuudet mg/g k.a. koeryhmittäin, niittokerroittain ja koejäsenittäin
 Fig. 3. Phosphorus contents of fertilizer experiments on leys for silage in mg/g of dry matter by trial groups, by cuts, and by treatments
 (see Tables 1 and 3)

sadossa pitoisuudet olivat keskimäärin saman suuruisia eri koejäsenissä lukuun ottamatta e-koejäsentä, jonka poikkeama ei kuitenkaan ollut merkitsevä. Kolmannessa sadossa nousevia typpimääriä saaneissa koejäsenissä ilmeni selvä fosforipitoisuuden kohoaminen typpimäärän lisäytyessä. Erot muodostuivat tilastollisesti merkitseviksi a-koejäsenen verrattuna. Selvin ero oli kuitenkin taas eri satojen välillä, sillä kolmannen niiton sadossa fosforipitoisuus oli selvästi korkein ja toisen niiton sadossa pienin.

Satojen fosforipitoisuudet osoittavat, että kalilillä ei ole vaikutusta rehun fosforipitoisuuteen. Samaan tulokseen ovat tulleet SALONEN ja TAINIO (1961) hiekkamailla suorittamissaan kokeissa, mutta muilla maalajeilla tulos on sen sijaan ollut lievästi negatiivinen. Typpilannoituksen positiivinen vaikutus ilmenee erityisesti kolmannessa sadossa. Kolmannessa sadossa fosforipitoisuus on selvästi korkein. Toisen niiton sadossa se on alhaisin ja johtunee mahdollisesti tällä jaksolla vallinneesta kuivuudesta. Selvittämättä jää, kytkeytyvätkö toisen niiton sadon alhaiset valkuais- ja fosforipitoisuudet toisiinsa ja vaikuttiko siihen vallinnut kuivuus.

3. Kaliumpitoisuudet

Koeryhmien satojen kaliumpitoisuudet ilmenevät taulukosta 3 ja kuvista 4 a, b ja c. Koeryhmässä a pelkkä kalilisa ei vastoin odotuksia SALOSEN ja TAINION (1961) mukaan kohottanut satojen kaliumpitoisuuksia. Sen sijaan suuntaus oli hieman aleneva, joskaan ei merkitsevä. Pienellä tyypillisällä oli sitä vastoin sadon kaliumpitoisuutta kohottava vaikutus. Samaan tulokseen ovat tulleet JÄNTTI ja KÖYLIJÄRVI (1964) Viikissä suorittamissaan laidunnurmen typpilannoituskokeissa sekä myös SALONEN ym. (1962) kiinteillä koekentillä suorittamissaan kokeissa. Sama ilmiö todettiin vielä 150 kg:n tyypillisälläkin a-koejäsenen verrattuna. Tyypillisen ohella annettu kalilisa kohotti selvästi kaliumpitoisuutta. Keskimäärin ensimmäisen ja toisen sadon kaliumpitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa, ensimmäisessä sadossa hieman korkeammat.

Koeryhmän b satojen kaliumpitoisuudet ilmenevät taulukosta 3 ja kuvasta 4 b. Koetulosten

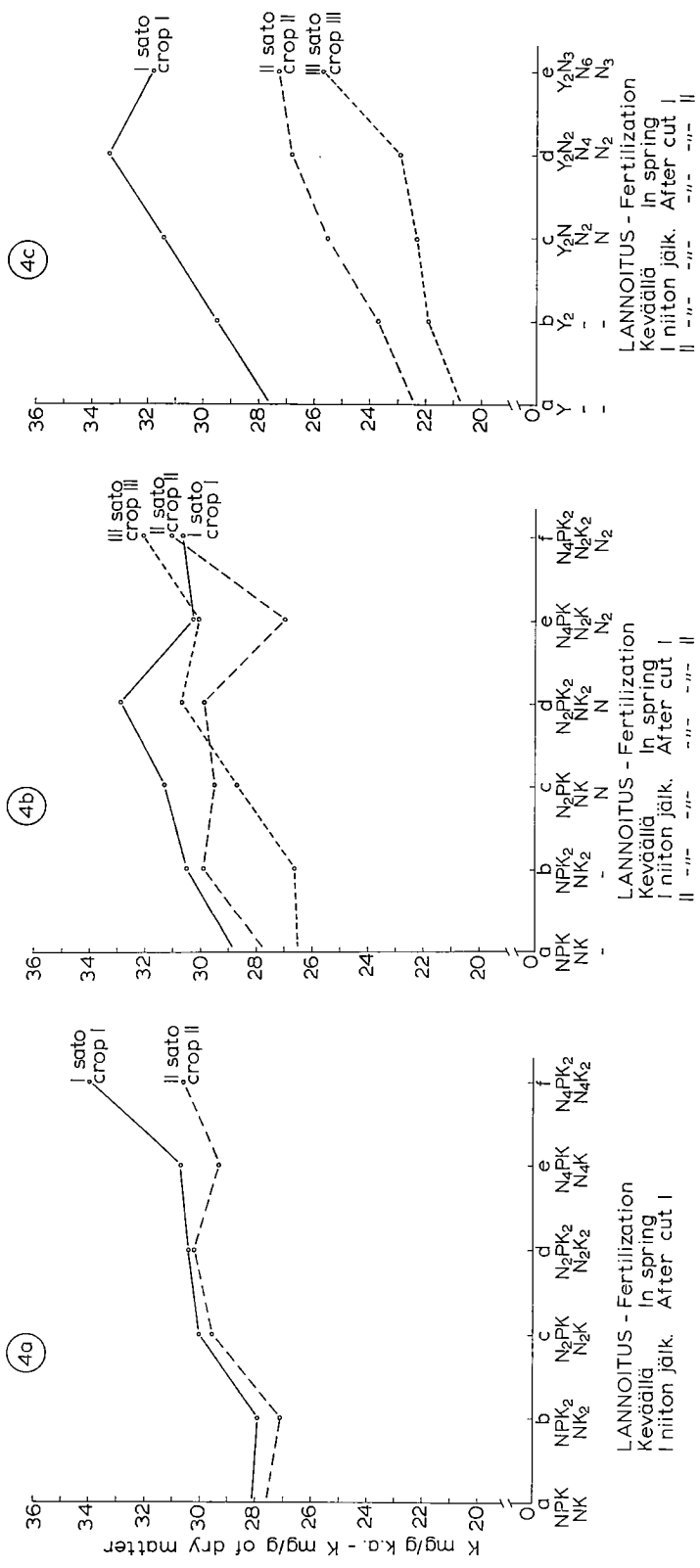
mukaan kalilisa kohotti selvästi ensimmäisen ja toisen sadon kaliumpitoisuutta, ja tulokset poikkesivat tältä osin edellisestä koeryhmästä. Pienellä tyypillisällä oli myös positiivinen vaikutus, mutta sen sijaan 150 kg:n tyypillisä ei enää kohottanut kaliumpitoisuutta. Tämän ohella annettu kalilisa kohotti sadon kaliumpitoisuutta. Kolmannessa sadossa typpilannoitus kohotti selvästi kaliumpitoisuutta, ja koejäsenten erot peruslannoitettuun koejäsenen verrattuna olivat tilastollisesti merkitseviä. Eri satojen väliset erot olivat melko pienet.

Koeryhmän c satojen kaliumpitoisuudet ilmenevät taulukosta 3 ja kuvasta 4 c. Niiden mukaan normaali super Y-lannosmäärän lisääminen 300 kg:sta 600 kg:aan kohotti selvästi ensimmäisen sadon kaliumpitoisuutta. Vaikutus ilmeni samantyyppisena vielä toisessa ja kolmannessakin sadossa. Y-lannoksen ohella käytetyt nousevat typpimäärät kohottivat edelleen sadon kaliumpitoisuutta lukuun ottamatta suurinta määrää. Toisessa ja kolmannessa sadossa typpilannoituksella oli täysin saman suuntainen vaikutus. Selvin ero oli kuitenkin eri satojen kaliumpitoisuuksissa, sillä ensimmäisen niiton sadossa kaliumpitoisuus oli selvästi korkein johtuen todennäköisesti Y-lannoksen sisältämästä kaliummäärästä ja kolmannessa sadossa vastaavasti alin.

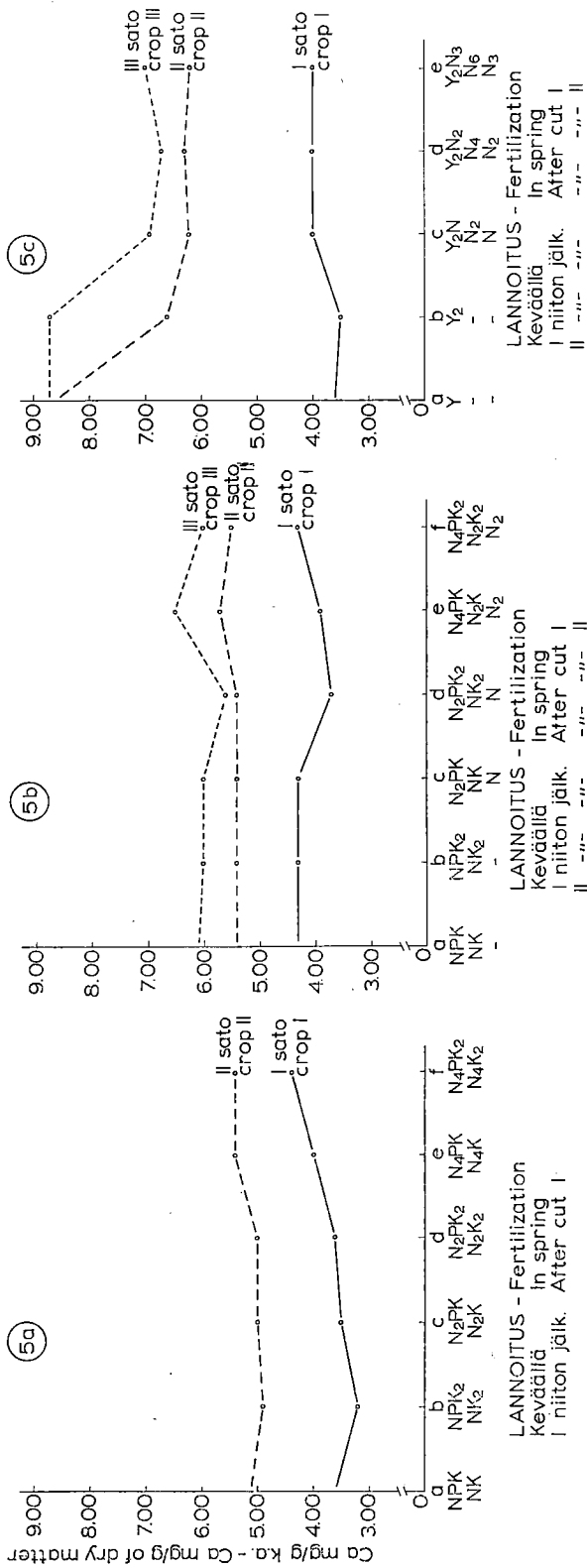
Saadut koetulokset osoittavat, että kalilisa ja tyypilisa sekä erikseen että yhdessä käytettynä kohottavat sadon kaliumpitoisuutta. Suurella normaali super Y-lannosmäärällä on samanlainen vaikutus. Eri niittokertojen satoja verrattaessa on kolmannessa sadossa alin ja ensimmäisessä sadossa korkein kaliumpitoisuus.

4. Kalsiumpitoisuudet

Koeryhmien satojen kalsiumpitoisuudet ilmenevät taulukon 3 lisäksi kuvista 5 a, b ja c. Koeryhmän a mukaan pelkkä kalilisa alensi lievästi sekä ensimmäisen että toisen sadon kalsiumpitoisuutta. Ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä. Pienellä tyypillisällä ei ollut mitään vaikutusta, kun sen sijaan 150 kg:n määrällä oli selvästi havaittava positiivinen vaikutus kalsiumpitoisuuteen. Sama ilmenee SALOSEN ym. (1962) nurminadalla suorittamissa kokeissa sekä JÄNTIN ja



Kuva 4. Tuorerehurmen lannoituskokeiden kaliumpitoisuudet mg/kg k.a. koeryhmittäin, niitokerroittain, niitokerroittain ja koejäsenittäin
 Fig. 4. Potassium contents of fertilizer experiments on *leys* for silage in mg/kg of dry matter by trial groups, by cuts, and by treatments
 (see Tables 1 and 3)



Kuva 5. Tuorerehnurmen lannoituskokeiden kalsiumpitoisuudet mg/g k.a. koeryhmittäin, niittokerroittain ja koejäsenittäin
 Fig. 5. Calcium contents of fertilizer experiments on leys for silage in mg/g of dry matter by trial groups, by cuts, and by treatments
 (see Tables 1 and 3)

KÖYLIJÄRVEN (1964) Malminkartanossa suorittamissa laitumen typpilannoituskokeissa. Huomattavin ero oli kuitenkin eri niittojen välillä, sillä ensimmäisessä sadossa oli selvästi alempi kalsiumpitoisuus kuin toisessa sadossa.

Koeryhmän b satojen kalsiumpitoisuudet ilmenevät taulukosta 3 ja kuvasta 5 b. Tulosten mukaan ei enempää typpi- kuin kalilisälläkään ollut mitään selvää vaikutusta eri satojen kalsiumpitoisuuksiin. Sen sijaan eri satojen väliset erot olivat taas selvät: ensimmäisessä sadossa kalsiumpitoisuus oli pienin ja kolmannessa sadossa suurin.

Koeryhmän c satojen kalsiumpitoisuudet ilmenevät taulukosta 3 ja kuvasta 5 c. Y-lannosmäärän kaksinkertaistaminen ei juuri vaikuttanut ensimmäisen sadon kalsiumpitoisuuteen; suunta oli lievästi aleneva, mutta ei merkitsevä. Sen sijaan pienellä typpilisällä oli lievä kohottava vaikutus, mutta ei sekään merkitsevä. Toisessa ja kolmannessa sadossa kalsiumpitoisuus oli vain peruslannoituksen saaneissa koejäsenissä melko korkea, mutta kun annettiin typpilannoitus, oli seurauksena kalsiumpitoisuuden voimakas lasku. Tämä johtuu LUNDEGÅRDHIN (1932) mukaan kalium- ja kalsiumionien välisestä antagonismisuhteesta, jota suhdetta typpilannoitus häiritsee edistämällä kasvin kaliumin ottoa.

Huomattava kalsiumpitoisuuksien ero oli eri satojen välillä, sillä ensimmäisessä sadossa kalsiumpitoisuus oli selvästi alin ja kolmannessa vastaavasti korkein.

Satojen kalsiumpitoisuuksista voidaan sanoa, että lannoituksella ei näytä olevan selvää vaikutusta sadon kalsiumpitoisuuteen. Sen sijaan niittojen väliset erot ovat varsin selvät. Ensimmäisessä sadossa kalsiumpitoisuus on alin, toisessa selvästi korkeampi ja kolmannessa korkein.

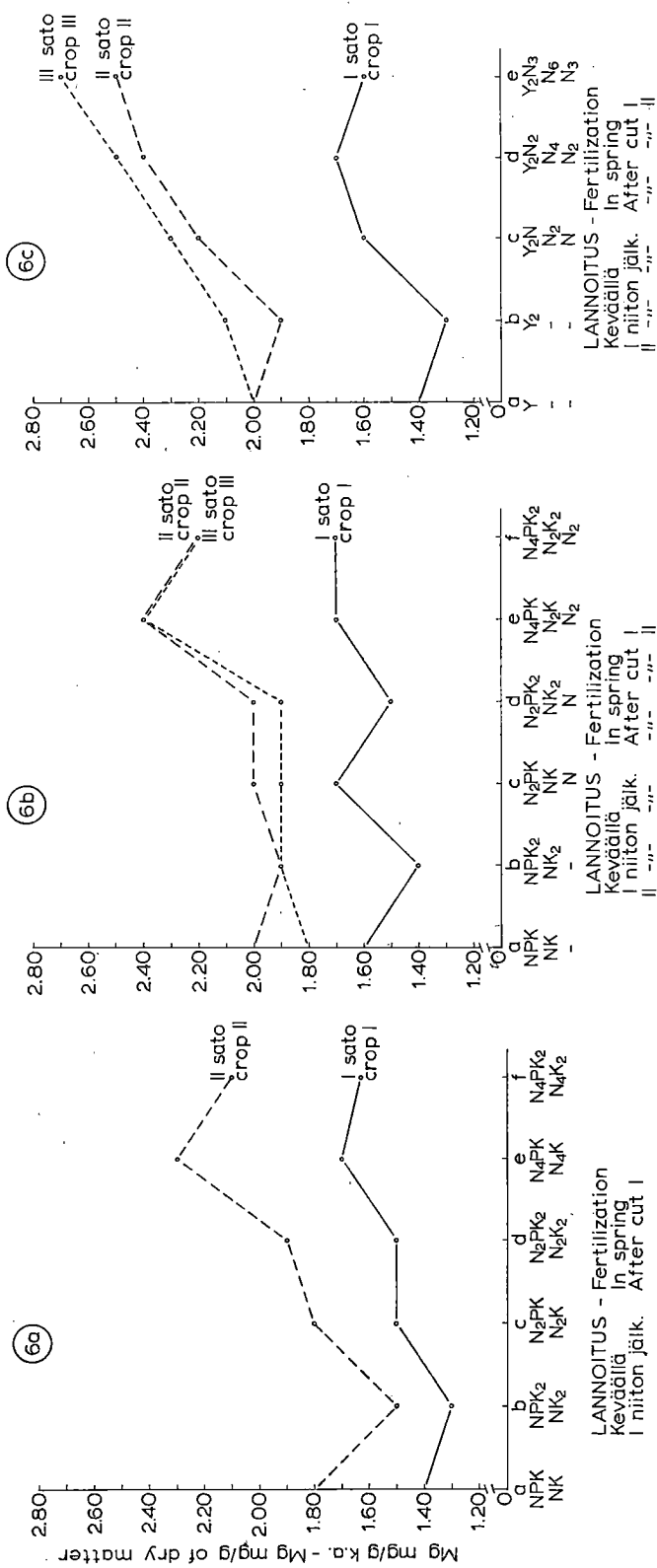
5. *Magnesiumpitoisuudet*

Lannoituksen ja niittokerran vaikutus sadon magnesiumpitoisuuteen ilmenee taulukosta 3 ja kuvista 6 a, b ja c. Koeryhmän a tulosten mukaan kalilisa alensi voimakkaasti sekä ensimmäisen että toisen sadon magnesiumpitoisuutta. Tämä ilmiö on todettu lukuisissa muissakin tutkimuksissa (mm. WALSH 1954, SALONEN ja TAINIO

1961, BANCROFT-WILSON 1969, WOLF 1969). Pienellä typpilisällä oli sen sijaan lievä positiivinen vaikutus. Annettaessa kalilisan ohella 50 kg:n typpilisa kumoutui kalin haitallinen vaikutus ja seurauksena oli lievä satojen magnesiumpitoisuuksien kohoaminen. Käytettäessä 150 kg:n typpilisää magnesiumpitoisuuden kohoaminen kummassakin sadossa oli erittäin merkitsevä. SALONEN ym. (1962) ovat samoin todenneet, että salpietari kohottaa rehun magnesiumpitoisuutta. Kun 150 kg:n typpilisan ohella käytettiin kalilisää, oli seurauksena taas magnesiumpitoisuuden aleneminen. Huomio kiintyy myös siihen, että ensimmäisessä sadossa magnesiumpitoisuus oli huomattavasti alempi kuin toisessa sadossa. Tämän koeryhmän tulosten mukaan tuorerehunurmilla ei pitäisi käyttää liian suuria kalimääriä, jotta tällä tavoin ei alennettaisi tarpeettomasti rehun magnesiumpitoisuutta.

Koeryhmän b satojen magnesiumpitoisuudet ilmenevät taulukosta 3 ja kuvasta 6 b. Niiden mukaan kalilisa alensi tilastollisesti merkitsevästi ensimmäisen sadon magnesiumpitoisuutta, kun taas 50 kg:n typpilisällä oli lievä kohottava vaikutus. Yhdessä annettu kali- ja 50 kg:n typpilisa osoitti, että tällöinkin kalimäärä oli selvästi haitallisen suuri, ja vasta 150 kg:n typpilisa kykeni kumoamaan suurimmaksi osaksi tämän haittavaikutuksen. Toisen niiton sadossa pitoisuudet olivat lähes samanlaiset kuin edellisessäkin koeryhmässä, ja niistä ilmeni tyypin magnesiumpitoisuutta selvästi kohottava ja kalin vastaavasti alentava vaikutus. Kolmannessa sadossa magnesiumpitoisuudet olivat saman suuruisia kuin toisessakin sadossa. Ensimmäiselle ja toiselle sadolle annettu kali vaikutti haitallisesti vielä kolmanteenkin satoon. Ensimmäisen niiton sadossa magnesiumpitoisuus oli selvästi alhaisin, toisessa ja kolmannessa sadossa ne olivat keskenään samansuuruisia. Myös mm. GERICKE (1962), WILSON ym. (1969) ovat todenneet, että toisen niiton sadossa magnesiumpitoisuus on selvästi korkeampi kuin ensimmäisen niiton sadossa.

Koeryhmän c satojen magnesiumpitoisuudet ilmenevät taulukosta 3 ja kuvasta 6 c. Koetulosten mukaan normaali super Y-lannosmäärän kohottaminen 300 kg:sta 600 kg:aan aiheutti sel-



Kuva 6. Tuorerehunurmen lannoituskokeiden magnesiumipitoisuudet mg/g k.a. koeryhmittäin, niitokerroittain ja koejäsenittäin
 Fig. 6. Magnesium contents of fertilizer experiments on leys for silage in mg/g of dry matter by trial groups, by cuts, and by treatments
 (see Tables 1 and 3)

vän magnesiumipitoisuuden alenemisen ensimmäisessä sadossa. Tämä on edellisten koeryhmien tulosten perusteella seurausta Y-lannoksessa tulleet kalilisyksestä. Kun sitten tämän ohella käytettiin nousevia typpimääriä, seurauksena oli selvä rehun magnesiumipitoisuuden kohoaminen. Toisessa sadossa ilmeni edelleen haitallisena 600 kg:n Y-lannosmäärän sisältämän kalin jälki-vaikutus aivan samalla tavoin kuin edellisissäkin koeryhmissä. Sen sijaan nousevilla typpimäärillä saatiin magnesiumipitoisuus kohoamaan erittäin voimakkaasti. Kolmannessa sadossa ei ilmennyt enää kalin haittavaikutusta ja magnesiumipitoisuudet kohosivat käytettyjen typpimäärien mukaisesti. Toisessa ja kolmannessa sadossa magnesiumipitoisuudet olivat suunnilleen keskenään samansuuruisia, mutta huomattavasti korkeampia kuin ensimmäisessä sadossa.

Lannoituksen ja niittokerran vaikutuksesta rehun magnesiumipitoisuuteen voidaan kokeiden perusteella todeta, että kalilisa alentaa selvästi magnesiumipitoisuutta. Samanlainen vaikutus on normaali super Y-lannosmäärän kohottamisella

300 kg:sta 600 kg:aan, mikä johtunee koho-
neesta kalimäärästä. Oulunsalpietarilla on sen sijaan magnesiumipitoisuutta kohottava vaikutus, mikä ilmenee erittäin selvästi toisessa ja kolmannessa sadossa. Tämä vaikutus perustuu varmasti suurelta osalta käytetyn typpilannoitteen, oulunsalpietarin (Mg 2.7 %) sisältämään magnesiumiin (SALONEN ym. 1962), mutta vertailemalla eri koeryhmien toisen ja kolmannen sadon magnesiumipitoisuuksia keskenään sekä vastavasti käytettyjä lannoitemääriä voidaan olettaa, että myös pelkällä typpilannoitteellakin on rehun magnesiumipitoisuutta kohottava vaikutus. Myös mm. SMYTH ym. (1958) ja BANCROFT-WILSON (1969) ovat todenneet, että typpilannoitus, sekä ITALIE (1937) ja MULDER (1956), että nitraattilannoitus edistää kasvien magnesiumin ottoa. Eri niittokertoja verrattaessa voidaan todeta, että ensimmäisen sadon magnesiumipitoisuus on selvästi pienin. Toisessa ja kolmannessa sadossa pitoisuudet ovat keskenään samaa suuruusluokkaa ja huomattavasti korkeammat kuin ensimmäisessä sadossa.

Tulosten tarkastelua

Tuorerehununurmia lannoitetaan meillä yleensä siten, että keväällä annetaan runsaasti typpeä, fosforia ja kalia joko yksiravinteisina tai seoslannoitteina ja kesällä joko seoslannoitteita tai typpeä. Kun keväällä annetaan runsas kalilannoitus joko yksiravinteisena tai seoslannoitteena, on siitä tämän tutkimuksen mukaan seurauksena, että rehun valkuaispitoisuus ei kohoaa vaikka käytettäisiinkin kohtalaista typpilannoitusta, kaliumipitoisuus kohoaa ja magnesiumipitoisuus alenee voimakkaasti. Tästä seuraa rehun ravinnekoostumuksen tasapainon häiriytyminen. Useissa tutkimuksissa on todettu, että harjoitettaessa voimakasta laiduntaloutta saattaa korkealypsyisessä karjassa esiintyä laidunkouristusta (laidunhalvausta) parin ensimmäisen laiduntamisviikon aikana (WESTERMARCK 1955, PEHRSON 1969, FLEISCHEL 1970). Tähän vaikuttavat varsin monet tekijät, mutta niissä kaikissa on todettu yksi yhteinen piirre: sairastuneen eläimen veren seerumin magnesiumipitoisuus on aina normaali-

arvoja alempi (NAUMANN ja BARTH 1959, VOISIN 1959, WILSON ym. 1969). Sairaus on helposti parannettavissa magnesiumsulaliuoksella (WESTERMARCK 1955). Mm. saksalainen MEYER (1963) on kokeissaan todennut, että laidunhalvaus saadaan keinoitekoisesti helposti aikaan syöttämällä karjalle niukasti magnesiumia sisältävää rehua. Täten siis rehun ja eläimen veren seerumin magnesiumipitoisuuden välillä on selvä riippuvuus-suhde. Rehun magnesiumin käyttökelpoisuuden on todettu myös alenevan valkuaispitoisuuden kohotessa (ROSENBERGER 1964). Koska lannoitus vaikuttaa rehun ravinnepitoisuuteen, on rehun sisältämien kalium-, kalsium- ja magnesiumipitoisuuksien keskinäisiä suhteita alettu kuvata suhdeluvulla, joka saadaan kaavasta $K: (Ca + Mg)$. Tämän suhteen suuruuden perusteella voidaan ennustaa laidunhalvausten todennäköisyys (KEMP ja THART 1957). Suhteen ylittäessä raja-arvon 1.4 alkaa lypsykarjassa esiintyä laidunhalvausta. Kun suhde ylittää arvon 2.2,

Taulukko 4. Suhde $\frac{K}{Ca + Mg}$ (me) koeryhmittäin, niittokerroittain ja koejäsenittäin

Table 4. Ratio $\frac{K}{Ca + Mg}$ (me) by trial groups, cuts and treatments

	a	b	c	d	e	f	F-arvo F value	PME 95 % LSD 95 %
Koeryhmä a — Trial Group a								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	NPK	NPK ₂	N ₂ PK	N ₂ PK ₂	N ₄ PK	N ₄ PK ₂		
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	NK	NK ₂	N ₂ K	N ₂ K ₂	N ₄ K	N ₄ K ₂		
I-sato — crop I	2.55	2.77	2.65	2.61	2.35	2.45	1.3	
II-sato — crop II	1.81	1.88	1.86	1.91	1.58	1.72	1.4	
Koeryhmä b — Trial Group b								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	NPK	NPK ₂	N ₂ PK	N ₂ PK ₂	N ₄ PK	N ₄ PK ₂		
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	NK	NK ₂	NK	NK ₂	N ₂ K	N ₂ K ₂		
» II-niiton jälkeen—fertilization after cut II	—	—	N	N	N ₂	N ₂		
I-sato — crop I	2.27	2.41	2.42	2.79	2.46	2.43	1.6	
II-sato — crop II	1.65	1.81	1.86	1.89	1.44	1.75	4.6**	0.22
III-sato — crop III	1.65	1.86	1.95	2.03	1.63	1.87	1.3	
Koeryhmä c — Trial Group c								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	Y	Y ₂	Y ₂ N	Y ₂ N ₂	Y ₂ N ₃			
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	—	—	N ₂	N ₄	N ₆			
» II-niiton jälkeen—fertilization after cut II	—	—	N	N ₂	N ₃			
I-sato — crop I	2.50	2.87	2.51	2.35	2.55		1.5	
II-sato — crop II	1.15	1.32	1.46	1.43	1.44		1.8	
III-sato — crop III	0.94	0.99	1.11	1.19	1.26		3.1*	0.22

Taulukko 5. Suhde $\frac{K}{Mg}$ (me) koeryhmittäin, niittokerroittain ja koejäsenittäin

Table 5. Ratio $\frac{K}{Mg}$ (me) by trial groups, cuts and treatments

	a	b	c	d	e	f	F-arvo F value	PME 95 % LSD 95 %
Koeryhmä a — Trial Group a								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	NPK	NPK ₂	N ₂ PK	N ₂ PK ₂	N ₄ PK	N ₄ PK ₂		
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	NK	NK ₂	N ₂ K	N ₂ K ₂	N ₄ K	N ₄ K ₂		
I-sato — crop I	6.56	7.11	6.45	6.72	6.02	6.59	1.4	
II-sato — crop II	5.10	5.83	5.11	5.24	4.11	4.49	3.1*	0.96
Koeryhmä b — Trial Group b								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	NPK	NPK ₂	N ₂ PK	N ₂ PK ₂	N ₄ PK	N ₄ PK ₂		
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	NK	NK ₂	NK	NK ₂	N ₂ K	N ₂ K ₂		
» II-niiton jälkeen—fertilization after cut II	—	—	N	N	N ₂	N ₂		
I-sato — crop I	6.04	6.86	6.39	7.13	6.07	6.44	1.8	
II-sato — crop II	4.66	5.02	5.31	5.20	3.55	4.51	4.9***	0.83
III-sato — crop III	4.99	4.67	5.16	5.49	4.22	4.99	3.6**	0.65
Koeryhmä c — Trial Group c								
lannoitus keväällä—fertilization in spring	Y	Y ₂	Y ₂ N	Y ₂ N ₂	Y ₂ N ₃			
» I-niiton jälkeen—fertilization after cut I	—	—	N ₂	N ₄	N ₆			
» II-niiton jälkeen—fertilization after cut II	—	—	N	N ₂	N ₃			
I-sato — crop I	6.70	7.34	6.46	6.60	6.42		1.2	
II-sato — crop II	3.83	4.04	4.16	3.87	3.72		0.5	
III-sato — crop III	3.37	3.33	3.27	3.36	3.40		0.1	

lisääntyy halvausten lukumäärä erittäin voimakkaasti. MEYERIN (1963) mukaan laidunhalvaus voidaan vielä tätä paremmin ennustaa pelkästään suhteen K: Mg avulla. Tämä suhde on parempi vertailtaessa erityisesti eri satoja keskenään, koska eri niittokertojen kalsiumpitoisuuksissa on huomattavia eroja. WERNERIN (1959) suorittamissa tutkimuksissa suhde K: (Ca + Mg) oli jopa yli 5, eikä laidunhalvausta silti esiintynyt. Hänen mukaansa korkea suhde johtui erittäin alhaisesta kalsiumpitoisuudesta eikä alhaisesta magnesiumipitoisuudesta.

Tämän tutkimuksen mukaan ensimmäisen niiton sadossa on maassamme suhteellisen alhainen kalsium- ja magnesiumipitoisuus, ja käytettäessä runsasta kalilannoitusta joko yksiravinteisena tai seoslannoitteiden muodossa siitä aiheutuu selvä magnesiumipitoisuuden aleneminen ja kaliumipitoisuuden kohoaminen, mistä on seurauksena suhteen K: (Ca + Mg) suureneminen ja mahdollisten laidunhalvausten lisääntyminen. Tästä koeyhteistä lasketut suhteet ilmenevät taulukosta

4. Taulukosta 5 ilmenevät lisäksi MEYERIN (1963) esittämän kaavan mukaan lasketut suhteet. Niistä todetaan, että suhdeluvut ovat meillä yllättävän suuria. Eri satojen välillä on selvä ero: ensimmäisessä sadossa suhdeluvut ovat selvästi korkeimmat ja kolmannessa sadossa pienimmät. Lannoituksella on siihen selvä vaikutus: kalilisa kohottaa, suuri typpilisa alentaa. Jotta nyt saataisiin tuorerehun ravinnekoostumus säilymään tasapuolisena voimakkaassakin viljelyssä, on syytä välttää liian runsasta kalilannoitusta keväällä ja vielä kesälläkin sekä vastaavasti suurentaa typpimääriä. Tämä ei kuitenkaan yksistään näytä riittävän rehun kivennäisainekoostumuksen, erityisesti magnesiumipitoisuuden tasapainottamiseen, vaan ainoa ratkaisu tuntuukin olevan siirtyminen laidun- ja tuorerehunurmilla säännöllisesti vuosittain suoritettavaan magnesiumlannoitukseen, jotta satojen magnesiumipitoisuudet saataisiin kohoamaan lypsylehmien ruokinnan kannalta tyydyttävälle 2 mg/g k.a. tasolle.

Tiivistelmä

Paikalliskokeina suoritettiin v. 1969 tuorehurnurmen lannoituskokeita, joissa tutkittiin peruslannoituksen lisäksi annetun kalilisan, ousunsalpietarilisan, kali- ja ousunsalpietarilisan, normaali super Y-lannoslisan sekä normaali super Y-lannos- ja ousunsalpietarilisan vaikutusta satomääriin ja rehun ravinnepitoisuuteen käytettäessä sekä kahta että kolmea niittokertaa (taul. 1). Satonäytteistä analysoitiin N, P, K, Ca ja Mg.

Tuoresadot

Käytetyn 60-%:sen kalilannoitemäärän kohottaminen 100 kg:sta 200 kg:aan/ha ei sanottavasti vaikuttanut satomääriin. Sen sijaan typpilisa oli varsin hyvä vaikutus, ja niillä saatiin ravinnekiloa kohti sitä suurempia sadonlisa mitä myöhemmälle sadolle ne annettiin. Ensimmäisessä sadossa saatiin typpi- ja kalilisa yhdessä käytettynä sadonlisyästä, mutta toisessa sadossa sadonvähennystä. Kolme niitto- ja lannoituskertaa tuottivat suuremman kokonaissadon kuin kaksi. Normaali super Y-lannoslisa ohella käy-

tetyt typpilisa kohottivat tasaisesti satoja, mutta varsinkin toisen ja kolmannen niiton sadoissa olivat sadonlisyäykset suuret. Sadot ja sadonlisa ilmenevät taulukoista 2 a ja b ja kuvista 1 a, b ja c.

Valkuaispitoisuudet

Satojen valkuaispitoisuudet (taul. 3 ja kuvat 2 a, b ja c) osoittivat, että typpimäärään verrattuna liian suuri kalimäärä alensi valkuaispitoisuutta. Sama ilmeni suurennettaessa normaali super Y-lannosmäärää 300 kg:sta 600 kg:aan. Eri niitoista kolmannessa sadossa oli selvästi korkein valkuaispitoisuus, ja siihen typpilannoitus vaikutti herkimmin.

Fosforipitoisuudet

Satojen fosforipitoisuudet (taul. 3 ja kuvat 3 a, b ja c) osoittivat, että kalilisa ei ollut vaikutusta satojen fosforipitoisuuteen. Sen sijaan typpilannoituksen edullinen vaikutus ilmeni erityisesti kolmannessa sadossa. Toisen niiton sadossa fosforipitoisuus oli selvästi alhaisin. Tut-

kimuksessa jäi selvittämättä, kytkeytyivätkö toisen niiton alhaiset valkuais- ja fosforipitoisuudet toisiinsa ja keskikesällä vallinneeseen kuivuuteen.

Kaliumpitoisuudet

Satojen kaliumpitoisuudet (taul. 3 ja kuvat 4 a, b ja c) osoittivat, että kalilisa ja typpilisa sekä erikseen että yhdessä käytettynä kohottivat rehun kaliumpitoisuutta. Y-lannoksella oli typpiliseen saman suuntainen vaikutus. Eri niittokerroilla oli kolmannessa sadossa selvästi alhaisin ja ensimmäisessä sadossa korkein kaliumpitoisuus.

Kalsiumpitoisuudet

Satojen kalsiumpitoisuudet (taul. 3 ja kuvat 5 a, b ja c) osoittivat, että kokeissa käytetyillä lannoitteilla ei ollut selvää vaikutusta satojen kalsiumpitoisuuksiin. Tosin koeryhmässä c typpilannoitus alensi aluksi toisen ja kolmannen sadon kalsiumpitoisuuksia. Sen sijaan eri niittokerrojen väliset erot olivat varsin selvät. Ensimmäisessä sadossa kalsiumpitoisuus oli pienin ja kolmannessa sadossa selvästi korkein.

Magnesiumpitoisuudet

Satojen magnesiumpitoisuudet (taul. 3 ja kuvat 6 a, b ja c) osoittivat, että kalilisa alensi selvästi satojen magnesiumpitoisuuksia. Samanlainen vaikutus oli normaali super Y-lannosmäärän kohottamisella 300 kg:sta 600 kg:aan, mikä vaikutus johtui todennäköisesti juuri kohonneesta kalimäärästä. Käytetyllä typpilannoitteella, oulunsalpietarilla, oli päinvastoin rehun magnesiumpitoisuutta kohottava vaikutus. Tämä ilmeni erittäin selvästi toisessa ja kolmannessa sadossa. Eri niittokerroista ensimmäisessä sadossa oli pienin magnesiumpitoisuus. Toisessa ja kolmannessa sadossa pitoisuudet olivat keskenään samaa suuruusluokkaa, mutta huomattavasti korkeammat kuin ensimmäisessä sadossa.

Tutkimus osoittaa, että magnesiumpitoisuuden aleneminen johtuu liian suuresta kalilannoitemäärästä, joka alentaa selvästi rehun magnesiumpitoisuutta. Erityisen haitallista magnesiumpitoisuuden aleneminen on juuri keväällä, jolloin sadon magnesiumpitoisuus on luonnostaankin alhainen. Sama ilmenee myös käytetäessä kalia sisältävää moniravinteista seoslannoitetta liian suurina määrinä. Esim. 600 kg normaali super Y-lannosta on tässä suhteessa liian suuri määrä. Rehun sisältämän kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin välisen suhteen K: (Ca + Mg) pitäisikin olla riittävän alhainen, ulkomaisten tutkimusten mukaan < 2.2, jotta laidunrehu tyydyttäisi lypsylehmän magnesiumtarpeen. Tämän tutkimuksen mukaan ensimmäisen niiton sadoista lasketut suhdeluvut ylittävät huomattavasti tämän raja-arvon (taul. 4). Kun ensimmäisen sadon suhdeluvut ovat 2.3—2.9 vaiheilla, tämä merkitsee, että rehussa on liian vähän magnesiumia muihin ravinteisiin verrattuna ja tästä johtuu, että magnesiumia on annettava karjalle lisä kivinäisten muodossa.

Tutkimus on suoritettu Maatalouden tutkimuskeskuksen paikalliskoetointon ja Maatalouskeskusten yhteistyönä. Maatalouskeskusten maatalousneuvojat ovat suorittaneet kokeisiin liittyvät kenttätyöt. Heille esitämme parhaat kiitokset. Parhaat kiitoksemme esitämme myös maisteri Jorma Syvälahdelle ja maisteri Seppo Pullille, jotka ovat tutkimuksen alkuvaiheessa osallistuneet työhön. Koeaineiston analysointi on suoritettu Viljavuuspalvelu Oy:ssä sen toimitusjohtajan maisteri Martti Kurjen johdolla. Lausumme hänelle parhaat kiitoksemme. Lisäksi haluamme esittää kiitokset myös Rikkihappo Oy:lle, joka on osallistunut analysoinnista aiheutuneiden kustannusten korvaamiseen.

KIRJALLISUUTTA

ANTTINEN, O. 1966. Salpietarin levitysaajat säilörehunurmillä. Maatal. ja Koetoim. 20: 45—52.

BANCROFT-WILSON, T. 1969. Potash for the Hills. Fertilizer, Feed & Pesticide Journal 11: 7—8.

FLEISCHER, H. 1970. Düngung und Tiergesundheit. 72 p. Leer.

GERICKE, S. 1962. Die Wirkung der Magnesia im Thomasphosphat. Sonderdr. aus Die Phosphorsäure, Bd. 22: Folge 3/4.

- ITALLIE, Th. B. van. 1937. Magnesiummangel und Ionenverhältnisse in Getreidepflanzen. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* 5 (50), p. 303—334. (Ref. SCHILLING, G. 1957.)
- JÄNTTI, A. 1953. Koiranheinä ja nurminata lyhytikäisten laidun- ja säilörehunurmien valtakasveina. *Acta Agr. Fenn.* 81: 1—64.
- MARJANEN, H. & VALMARI, M. 1969. Paikalliskokeet vihreän linjan viitoittajina. *Koetoim. ja Käyt.* 26, 3: 10—11.
- & KÖYLIJÄRVI, J. 1964. Laidunnurmien typpiväkilannoituskokeiden tuloksia. Viikin ja Malminkartanon kokeet 1951—56. *Ann. Agric. Fenn.* 3: 165—214.
- KEMP, A. & T'HART, M. L. 1957. *Netherlands J. of Agricultural science* 5, 1: 4—17.
- LAINNE, T. 1953. Typpilannoituksesta laidunnurmilla. *Valt. Maatal.koetoim. Tied.* 232: 1—26.
- 1955. Eri heinäkasvien suhtautumisesta typpilannoitukseen. *Laiduntalous* 27: 14—24.
- LUNDEGÄRDH, H. 1932. *Die Nährstoffaufnahme der Pflanze.* 374 p. Jena.
- LÄHDE, V. 1925. Paikalliset lannoituskokeet vv. 1922—1924. *Maatal.koetoim. Tied.* 2.
- 1927. Yhdistelmä paikallisten lannoituskokeiden tuloksista vv. 1922—26. *Valt. Maat.koetoim. Julk.* 12.
- 1930. Heinänurmille vuosittain tai harvemmin annetun lannoituksen vaikutuksesta. *Ibid.* 31.
- MEYER, H. 1963. Magnesiumstoffwechsel, Magnesiumbedarf und Magnesiumversorgung bei den Haustieren 264 p. Hannover.
- MULDER, F. G. 1956. Nitrogen Magnesium relationships in crop plants. *Plant and Soil* 7: 341—376.
- NAUMANN, K. & BARTH, K. 1959. Chemische Untersuchung im Weidetetaniegebiet des Niederrheins. *Z. Landw. Forschung* 12: 106.
- PEHRSON, B. 1969. Magnesium. *Foderjournalen* 3: 43—48.
- ROSENBERGER, G. 1968. Neue Erkenntnisse in der Bekämpfung der Weidetetanie. *Z. Tierzüchter* 20: 313. (Ref. FLEISCHEL, H. 1970).
- SALONEN, M. 1959. Puna-apilan suhtautumisesta typpilannoitukseen. *Maatal. ja Koetoim.* 12: 204—207.
- & TAINIO, A. 1957. Fosforilannoitusta koskevia tutkimuksia. Selostus kiinteillä koekentillä vuosina 1931—54 suoritetuista lisättyjen fosforimäärien kokeista. *Valt. Maatal.koetoim. Julk.* 164: 1—104.
- & TAINIO, A. 1961. Kalilannoitusta koskevia tutkimuksia. Selostus kiinteillä koekentillä vuosina 1932—59 suoritetuissa eri kalimäärien kokeissa saaduista tuloksista. *Ibid.* 185: 1—60.
- TAINIO, A. & TÄHTINEN, H. 1962. Typpilannoitusta koskevia tutkimuksia. Selostus kiinteillä koekentillä v. 1928—1960 suoritetuissa eri typpimäärien kokeissa saaduista tuloksista. *Ann. Agric. Fenn.* 1: 133—174.
- SCHILLING, G. 1957. *Magnesium, ein universeller Pflanzennährstoff.* 100 p. Berlin.
- SIMOLA, E. F. 1923. Valtion varoilla järjestetyt lannoituskokeet v. 1922. *Maatal.hall. Tied.* 149.
- SMYTH, P. J., CONWY, A. & WALSCH, M. J. 1958. The influence of different fertilizer treatments on the hypomagnesaemic proneness of a rye grass sward. *Vet. Res.* 70: 848—849. (Ref. MEYER, H. 1963).
- TENNBERG, F. 1956. Kalilannoitus paikalliskokeiden valossa. *Leipä leveämmäksi* 1956: 4.
- & VALMARI, M. 1969. Normaalin Y-lannoksen, Oulun Y-lannoksen ja väkevän Oulun Y-lannoksen vertailevat kokeet nurmella. *Ann. Agric. Fenn.* 8: 286—315.
- WALSH, T. 1954. Potassium symposium 1954: 327—352. (Ref. VOISIN, A. 1959.)
- WERNER, W. 1959. Über die Mineralstoffgehalt in jungem Weidefutter unter besonderer Berücksichtigung des K : (Ca + Mg) -Verhältnisses. *Landwirtschaftliche Forschung* 12, 2: 133—139.
- WILSON, G. F., REID, C. S. W., MOLLOY, L. F., METSON, A. J. & BUTLER, G. W. 1969. Grass tetany. *N. Z. J. Agric. Res.* 12: 467—488.
- WESTERMARCK, H. 1955. Kotieläinten sisäiset ja ulkonaiset taudit, jotka eivät ole tarttuvia. *Maatalouden Eläinlääkärikirja.* p. 351—602. Helsinki.
- VOISIN, A. 1959. *Soil, Grass and Cancer.* 302 p. London.
- WOLF, H. 1969. Erträge und Mineralstoffgehalte von Wiesenheu aus Steinacher Dauerversuchen in Abhängigkeit von der Düngung und einigen Standortsfaktoren. 105 p. München.

SUMMARY

Fertilization of leys for silage

VÄINÖ MÄNTYLÄHTI and HELVI MARJANEN

Agricultural Research Centre, Bureau for Local Experiments,
Helsinki, Finland

In 1969 the research programme of the Bureau for Local Experiments, Agricultural Research Centre included fertilizer experiments on leys for silage (timothy, meadow fescue, ryegrass, little clover). A study was made of the effects of different types of fertilization on grass yield and

its mineral contents. The types of Finnish fertilizer used in these experiments were: Oulu Nitrate (Nos), 26 % N and 2.7 % Mg; Potassium fertilizer (K₆₀), 60 % K₂O; Phosphate fertilizer (Psf), 20 % P₂O₅; Normal Concentrated Compound Fertilizer Y (Yns), 15 % N, 20 % P₂O₅,

15 % K_2O . The experiments included two or three cuttings of forage (Table 1). Crop samples were analyzed for N, P, K, Ca and Mg.

Fresh weight yields

The yields were not significantly affected when the rate of potassium (60 % K_2O) was raised from 100 kg to 200 kg per hectare. Additional nitrogen, however, had a very positive effect, producing a progressively greater increase in yield per kg of fertilizer with each successive cutting. Added potassium and nitrogen fertilization produced a yield increase in the first crop but a reduction in the second. Three cuttings gave a greater total yield than two. Additional nitrogen together with the Normal Concentrated Compound Fertilizer Y caused steady increases in yield; these increases were significant in the second and third cuttings. The yields and yield increases are shown in Tables 2 a and b and Figs. 1 a, b and c.

Protein

Protein analyses (Tables 3, Figs. 2 a, b and c) showed that too high an application of potassium in relation to nitrogen resulted a reduction in the protein content of the grass. A similar effect resulted when the amount of compound fertilizer was raised from 300 kg to 600 kg per hectare. The third cutting contained the highest amount of protein and was the one most affected by additional nitrogen application.

Phosphorus

Phosphorus analyses (Table 3, Figs. 3 a, b and c) showed that added potassium had no effect on the phosphorus content of the plants. Nitrogen fertilization, however, did have a favourable effect, especially in the third cutting. The phosphorus content was lowest at the second cutting. The study did not reveal whether the low protein and phosphorus contents were related to each other or due to the dry period which occurred in the middle of the growing season.

Potassium

Potassium analyses (Table 3, Figs. 4 a, b and c) indicated that added potassium and nitrogen, whether applied separately or together, caused increases in the potassium contents of the grass. The Y fertilizer together with nitrogen had a similar effect. The first cutting showed the highest potassium content, the third cutting was the lowest.

Calcium

Calcium analyses (Table 3, Figs. 5 a, b and c) showed that the fertilizers used in the experiments had no signi-

ficant effect on the calcium content of the yields. The differences between the successive cuttings, however, were quite distinct. The calcium content was lowest in the first crop and clearly highest in the third.

Magnesium

Magnesium analyses (Table 3, Figs. 6 a, b and c) showed that the increased potassium fertilization caused a distinct decrease in the magnesium content of the plants. An increase in the rate of Y fertilizer from 300 kg to 600 kg per hectare had a similar effect, which could be due to the increased amount of potassium. In contrast, the Oulu Nitrate raised the magnesium content of the fodder and was most evident in the second and third cuttings. Of the successive cuttings, the first was clearly the lowest in magnesium content. The contents of the second and third cuttings were identical and considerably higher than that of the first cutting.

The study shows that a decrease in the magnesium content of fodder results from too large applications of potassium fertilizer. A decline in the amount of magnesium is particularly detrimental in spring when the magnesium content in crops is normally low. The same result occurs when too large amounts of compound fertilizers containing potassium are applied. These analyses indicate that the application of 600 kg Y fertilizer per hectare was too high. The ratio K: (Ca+Mg) in the fodder should be significantly lower (according to foreign studies, lower than 2.2) for the pasture fodder to satisfy the magnesium requirement of dairy cattle. In the present study the rations calculated from the yields of the first cutting substantially exceeded this limit ranging from 2.3 to 2.9 indicating that the fodder contained too little magnesium in relation to the other nutrients (Table 4). Magnesium must be fed to dairy cattle in the form of mineral supplements under these conditions.

The present investigation was carried out in cooperation between the Bureau for Local Experiments of the Agricultural Research Centre and the provincial agricultural advisory centres. The field work was carried out by officers of the Agricultural Centres. We are greatly appreciative of the work of Mr. Jorma Syvälahti, M. Sc., and Mr. Seppo Pulli, M. Sc., who participated in the early stages of the study. The chemical analyses were performed at Viljavuuspalvelu Oy under the supervision of its managing director Mr. Martti Kurki, M. Sc., to whom we wish to express our gratitude. We also wish to thank Rikkihappo Oy, which contributed towards covering the costs of the analyses.

MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND PATHOGENIC
PROPERTIES OF POTATO SCAB ORGANISM IN FINLAND

H. HEINÄMIES and E. SEPPÄNEN

Agricultural Research Centre, Department of Plant Pathology
Tikkurila, Finland

Received 30 March 1971

Potato scab is a common plant disease in Finland. Some investigations have been made concerning the resistance to scab of different potato varieties in field trials. The purpose of the present study was to isolate the potato scab organism to describe its morphological, physiological and pathogenic properties, and to compare the results with those obtained by other workers.

Materials and methods

The scabby potato tubers used for isolation of the pathogen originated from the South Savo Agricultural Experiment Station, Mikkeli, and represented seven potato varieties commonly grown in Finland. These were, in order of increasing resistance to common scab, Bintje, Eigenheimer, Jaakko, Sieglinde, Record, Veto and Pito.

Scab lesions were removed from cleaned tubers and homogenized in sterilized water. ÅRSVOLL's (1964) isolation method was used. This is based upon the phenol treatment proposed by LAWRENCE (1957) and the use of MENZIES and DADE's (1959) TCN medium. TCN or tyrosine-casein-nitrate agar is a selective medium which inhibits the growth of bacteria and fungi but favours that of actinomycetes. As well as being selective in its action, the TCN medium is, according to MENZIES and DADE, an indicator of the growth of *Streptomyces scabies*;

the tyrosine contained in the substrate will change to a dark brown melanin pigment under the influence of the enzyme tyrosinase produced by this organism.

The isolates were transferred to potato-dextrose agar (Difco, B13) because their growth was very slow on TCN medium and they failed to produce aerial mycelia on it (cf. MENZIES and DADE 1959). To ensure the purity of the cultures, each isolate was transferred as a diluted cell suspension back to the indicator medium and then retransferred to PDA on the basis of its dark pigment reaction. Thus it could be assumed that each tyrosinase positive actinomycete isolate was a single-cell culture. In the first isolation all the isolates, 44 in number, were transferred from the TCN medium to PDA. Ten of them were selected for closer study on the basis of their origin and pigment production. The purity of these isolates was thus assured.

To investigate the morphology of the aerial mycelia and the colour of the vegetative mycelia of the isolates, Czapek's agar and VON PLOTHO's (1948) glycerol-glycine agar were used as growth media as well as PDA. All cultures were incubated at 27°C for 14 days, after which they were examined on the Petri dishes with a Wild M20 microscope.

The colour determinations were made in daylight by comparing colours of the mycelia with tints shown on the colour tables of KORNERUP and WANSCHER (1967).

Specimens for electron microscopy of actinomycete spores were prepared according to the method of TRESNER et al. (1961). Surface structures of the spores were examined in a Philips EM 200 electron microscope at primary magnifications of $\times 1\ 200$ and $\times 3\ 400$.

For investigations of melanin production, small quantities of spore suspension were transferred from each isolate to TCN medium. The cultures were incubated at 27°C for 9 days. During this time the dishes were examined after 12, 24, 36, 48 hours and after 5 and 9 days. Amylase production was tested by using WAKSMAN'S (1950) starch agar as a growth medium. Incubation period was 10 days at 27°C.

For examination of their antibiotic properties, actinomycetes were incubated for 9 days at 27°C on VON PLOTTH'S (1948) glycerol-glycine medium, which has been shown to promote the production of antibiotic substances. According to the method of KUTZNER (1956), agar discs covered with actinomycete mycelia were extracted with a cork-borer from the Petri dishes. The discs were transferred to dishes of oat agar pre-inoculated for several hours with one of the three test organisms recommended in the literature: *Trichoderma* sp., *Aspergillus flavus* and *Fusarium oxysporum*. All the test organisms were isolated from cereal samples and originated from Professor A. Ylimäki's collection at the Department of Plant Pathology.

An infection experiment using the dwarf bean (*Phaseolus vulgaris*, variety Processor) as a host plant was carried out according to HOFFMAN'S (1954) method. Bottles containing the host plant and the micro-organism were kept at 27°C in a growth cabinet for 5 days, after which the plants were analysed.

ÅRSVOLL'S (1964) moss-plastic method was used to test the pathogenicity of the actinomycete isolates to potatoes. The early and scab-susceptible potato variety Sieglinde was chosen as the test plant. The actinomycete material for the inoculation tests was grown on PDA at 27°C for 14 days. The first inoculation was carried out when the plants had grown in pots for 8 weeks. Inoculation was repeated three times at weekly

intervals. Each isolate was represented by 3 pots. The infection experiment was concluded 10 days after the last inoculation. Scabiness of the tubers from each pot was estimated according to MYGIND (1962) so that the first four scabiness classes were paired to give two classes.

Results

There were no basic differences between the morphological characteristics of the different actinomycete isolates. All formed abundant aerial mycelia within 14 days on potato-dextrose and glycerol-glycine agar. Spiral, spore-forming hyphae branched in all directions from the mycelium (Fig. 1). On Czapek's agar the aerial mycelia grew slowly, but after three weeks' incubation spiral spore chains had formed. Diameters of the mycelia of the same actinomycete isolate could vary between 0.9–1.3 μ . Colour differences between the aerial mycelia of the different isolates were small. At first the mycelium was white, but after a further one week's incubation it usually changed to light grey. The synthetic media gave small colour differences in comparison with the non-synthetic PDA medium.

The vegetative mycelium grown on the nutrient medium did not vary significantly among the different isolates. The vegetative mycelium of an isolate with an average thickness of $0.9 \pm 0.1 \mu$, was thinner than its aerial mycelium. Little variation was found in the colour of the vegetative mycelia. All those grown on non-synthetic PDA were putty-coloured. When developed on glycerol-glycine and Czapek's agar, vegetative mycelium was likewise putty-coloured except for Isolate 29 (reddish-brown). Isolate 7 grown on the former medium formed a yellowish brown and on the latter a light yellow vegetative mycelium.

In the electron microscope it could be seen that for all the ten isolates the spore surface structure was uneven (Fig. 2). A thin, wrinkled

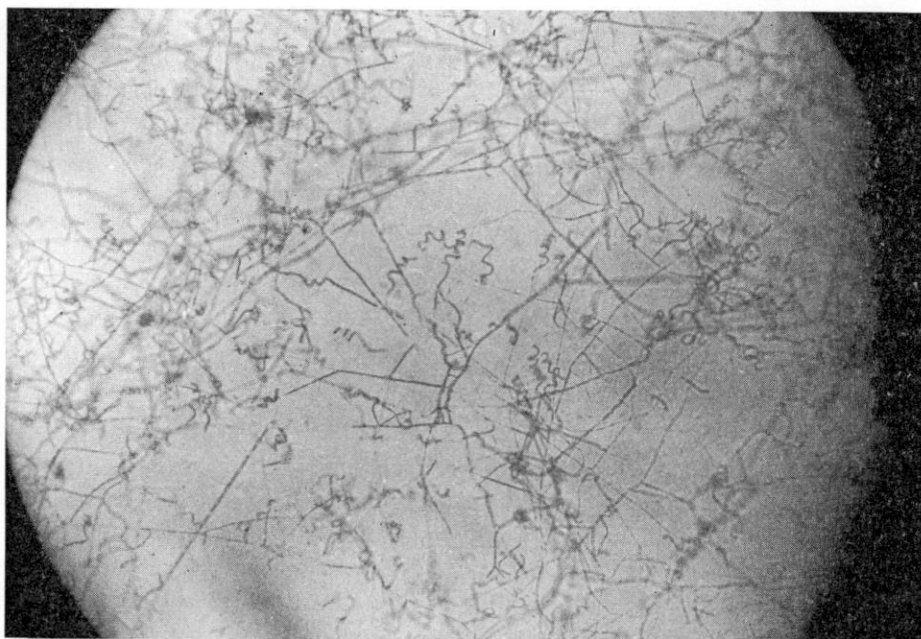


Fig. 1. The aerial mycelium of an isolated actinomycete (Isolate 27). $\times 180$.

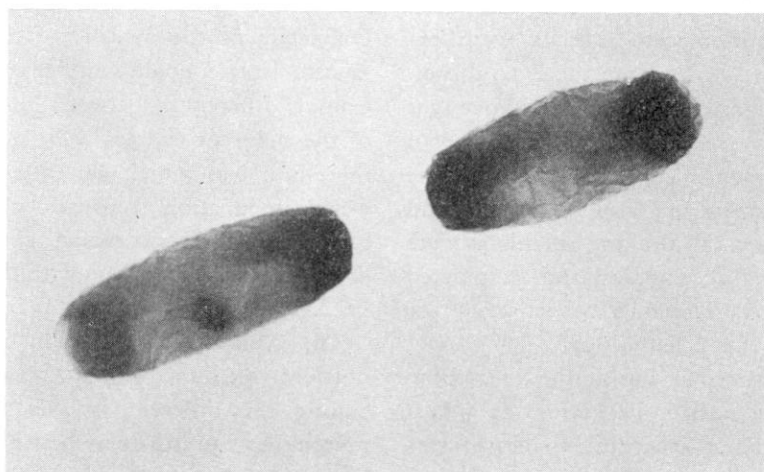


Fig. 2. Spores of an actinomycete (Isolate 29). $\times 20400$.

membrane appeared to cover the smooth surface of the spores. The spores from the different isolates showed no differences in size.

The probably pathogenic isolates were selected on the basis of the melanin pigment reaction. Thus only tyrosinase-positive actinomycetes were included in the study. The first colour changes on TCN agar were visible after incubation periods of 24 and 36 hours. By this time light brown pigment spots had developed on

the agar. Their colour deepened when the incubation time was increased. After 5 days no further change in melanin pigment colour occurred. Isolates 7, 27 and 29 were the most active producers of tyrosinase, Isolates 9, 18 and 31 the least active (Table 1, Fig. 3).

To evaluate the starch-hydrolysing capacity of the isolates, diluted Lugol's solution was added to the starch agar dishes. A colourless zone encircling the culture indicated starch hydrolysis.

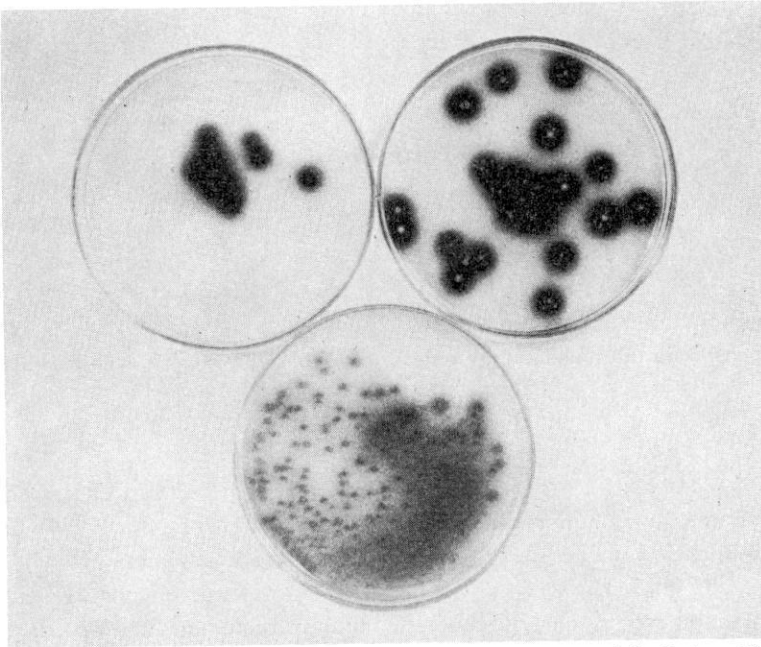


Fig. 3. Melanin pigment production on TCN medium. Top left, Isolate 10; right, Isolate 29; below, Isolate 9.

Table 1. The actinomycete isolates and the results of infection experiments.

Isolate number	Potato variety from which isolated	Intensity of melanin reaction (5 days)	Pathogenicity (0—4)	
		Scale 1—3	Bean	Potato
7	Bintje	3	2.3	3.7
9	Veto	1	1.7	2.7
10	Bintje	2	1.7	2.7
12	Pito	2	2.0	2.0
17	Eigenheimer	2	2.0	1.7
18	»	1	0.7	1.0
27	Veto	3	1.7	2.0
29	Sieglinde	3	2.3	2.0
31	Record	1	1.3	1.7
39	Jaakko	2	2.7	3.7

The ten actinomycete isolates could be divided into three groups, viz. incapable, poorly capable and highly capable of starch hydrolysis. Two isolates (Nos. 9 and 39) lacked the ability to hydrolyse starch, while half of them (Nos. 7, 10, 17, 27, 31) were highly capable of strong starch hydrolysis. The growth of Isolates 9 and 39 on starch agar was weak and the development of aerial mycelia was poor. Of those isolates (12, 18 and 29) showing weak hydrolysis, No. 29 grew very weakly and had no aerial mycelium at all.

The antibiotic properties of the actinomycete isolates were studied by using three test organisms: *Trichoderma* sp., *Aspergillus flavus* and *Fusarium oxysporum*. None of the isolates inhibited the growth of *F. oxysporum*. On the contrary, the growth of the fungus was stronger around the mycelia of Isolates 29, 31 and 39. *Trichoderma* sp. grew on agar forming inhibition zones whose width varied from 2 to 5 mm. The isolates had no noticeable effect upon *A. flavus* cultures.

Variations in the pathogenicity of the different isolates were found in the infection experiments with dwarf bean as the host plant (Table 1). The most pathogenic isolates inhibited the growth of the beans almost completely and caused necrosis of the primary roots.

The mycelium of the actinomycetes developed inside brown-coloured necrotic lesions. The organism could be transferred from the lesions onto agar to be cultured. Weakly pathogenic isolates were incapable of arresting the growth of the bean completely. In such cases the actinomycete usually did not form any aerial mycelium on the plant, but it could be isolated from the brown-coloured cell tissue of the primary roots.

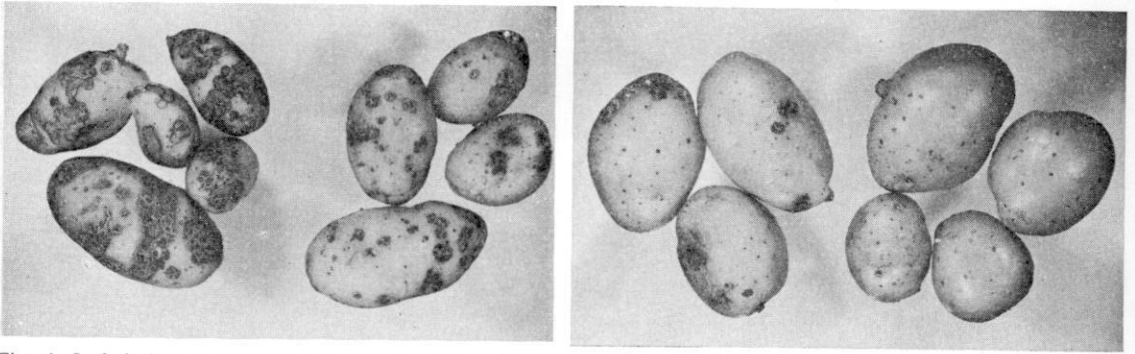


Fig. 4. Scab lesions on potato tubers induced by actinomycete isolates. From left, scab lesions induced by Isolates 39, 29 and 17. Right: control.

The retardation of plant growth as well as the necrotic lesions on the stems and roots served as the criteria for evaluating the degree of pathogenicity.

In the potato infection experiment, the relative scabbiness of tubers from the different pots was used as a measure of pathogenicity. There were clear differences which were regarded as originating from the variable pathogenic properties of the different isolates (Table 1, Fig. 4).

In the infection experiment with dwarf bean the isolated actinomycetes were found capable of infecting the bean plants. Variance analysis showed some significant differences between the pathogenicities of the different isolates. The infection experiment with potatoes gave statistically very significant differences. The experiments with the bean and the potatoes gave a positive correlation of $r = +0.74^*$.

Discussion

On the basis of microscopical examination the actinomycetes could be identified as belonging to the section *Spira* in the morphological classification of PRIDHAM et al. (1958). Spiral, sporulating aerial hyphae branched in all directions from a monopodial mycelium. There were no morphological differences between the isolates.

The colour of the mycelia varied from white to grey. On prolonging the incubation white colour of the aerial mycelia changed uniformly

to grey. This was in agreement with the conclusions of HOFFMANN (1954). Colour differences of the vegetative mycelia did not appear on the non-synthetic potato-dextrose agar. The actinomycetes grown on the glycerol-glycine agar fell into the groups reddish-brown and colourless as described by VON PLOTHO (1948).

Electron microscopy revealed no differences in the surface structure of the spores. All had uneven surfaces. As in the study of MYGIND and BEGRUP (1969), the spores seemed to be covered by remnants of hyphal walls which, as a membrane folding into ridges, gave the surface an irregular appearance.

Colonies showing a melanin pigment reaction were selected for the isolation. Thus it was not possible to ascertain whether any one of the 44 actinomycetes was unable to synthesize tyrosinase. According to MENZIES and DADE (1959) the contribution of tyrosinase-negative actinomycetes towards the development of potato scab is very small.

The ten isolates showed differences in amylase production as well as in antibiotic properties, although in the latter respect differences were not very clear. It could be demonstrated on the basis of these ten isolates that the ability of an actinomycete to hydrolyse starch in directly proportional to its pathogenicity. The abundant growth of *Fusarium oxysporum* around some of the actinomycete isolates indicated diversified effects by the different isolates upon the test organism.

In the infection experiment with beans, differences in pathogenicity were noted between some of the isolates. The soybean, used in HOFFMANN'S (1954) study, might have been more sensitive to the potato scab organism.

Some significant differences in pathogenicity were noted in the potato infection experiment. These results indicate that among the isolates there may have been different pathogenic races of *Streptomyces scabies*.

Summary

Actinomycete isolations, 44 in number, were made from scabby potato tubers representing seven potato varieties widely grown in Finland. On the basis of their origin and melanin pigment reaction, ten isolates were selected for study of their morphological and physiological properties. Their ability to infect dwarf bean seedlings and potato tubers was investigated by infection

experiments. The isolates could be identified as *Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waksman and Henrici. Significant differences in pathogenicity of the different isolates were noted. The material from which the isolates were chosen may thus be regarded as containing races of varying pathogenicity.

REFERENCES

- HOFFMANN, G. 1954. Beiträge zur physiologischen Spezialisierung des Erregers des Kartoffelschorfes *Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waksman and Henrici. *Phytopath. Z.* 21: 221—278.
- KORNERUP, A. & WANSCHER, J. 1967. Värien kirja. 270 p. Porvoo.
- KUTZNER, H. 1956. Beitrag zur Systematik und Ökologie der Gattung *Streptomyces* Waksman et Henrici. 187 p. Diss. Landw. Hochschule, Hohenheim.
- LAWRENCE, C. 1957. A method of isolating actinomycetes from scabby potato tissue and soil with minimal contamination. *Can. J. Bot.* 34: 44—47.
- MENZIES, J. & DADE, C. 1959. A selective indicator medium for isolating *Streptomyces scabies* from potato tubers or soil. *Phytopathology* 49: 457—458.
- MYGIND, H. 1962. Forsøg med bekaempelse of kartoffelskurv og rodfiltsvamp. *Tidsskr. Pl.avl* 66: 423—457.
- & BEGRUP, J. 1969. Forsøg og undersøgelser med isolater af kartoffelnetskurv (*Streptomyces* sp.) *Ibid.* 73: 115—122.
- PLOTHO, O. von 1948. Farbstoffe und Antibiotika bei Actinomyceten. *Arch. Mikrobiol.* 14: 142—153.
- PRIDHAM, T., HESSELTINE, C. & BENEDICT, R. 1958. A guide for the classification of streptomycetes according to selected groups. *Appl. Microbiol.* 6: 52—79.
- TRESNER, H., DAVIES, M. & BACKUS, E. 1961. Electron microscopy of *Streptomyces* spore morphology and its role in species differentiation. *J. Bact.* 81: 70—80.
- WAKSMAN, S. 1950. The actinomycetes; their nature, occurrence, activities and importance. 230 p. Waltham, Mass.
- ÅRSVOLL, K. 1964. Ein laboratoriemetode for prøving av potetsortar med omsyn til resistens mot flatskurv. *Forsk. Fors. Landbr.* 1: 1—8.

SELOSTUS

Perunarupea aiheuttavien sädesienien ominaisuuksista

H. HEINÄMIES ja E. SEPPÄNEN

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvitautilien tutkimuslaitos, Tikkurila

Rupisista mukuloista eristettiin perunaruven aiheuttaja melaniininmuodostuksen perusteella. Kymmenen eri sädesieni-isolaatin morfologisissa ominaisuuksissa ei voitu havaita selviä eroja. Kaikki isolaatit kuuluivat PRIDHAMIN ym. (1958) morfologisen jaottelun mukaisesti ryhmään Spira.

Substraattirihmaston värissä oli kahdella isolaatilla (7 ja 29) eroja muihin nähden. Ilmarihmaston väri oli kaikilla lähes sama; se vaihteli valkeasta harmahtavan valkeaan. Itiöiden pinnassa oli elektronimikroskoopilla havaittavissa rosoisuutta. Eroja eri isolaattien välillä ei ollut.

Isolaattien fysiologisissa ominaisuuksissa oli vaihtelua erityisesti melaniinin muodostumisnopeudessa ja tärkkelyksen hajoituksessa. Isolaattien melaniininmuodostus oli

suoraan verrannollinen patogeenisuuteen. Organismien kyvyllä hajoittaa tärkkelystä ei näyttänyt olevan suoranaista suhdetta sen patogeeneisiin ominaisuuksiin. Antibioottisissa ominaisuuksissa oli pieniä eroja, kun koeorganismeina olivat *Aspergillus flavus* ja *Trichoderma* sp.

Isolaattien patogeenisuutta kokeiltiin käyttäen isäntäkasveina pensaspapua ja perunaa. Tutkittavat isolaatit aiheuttivat nekrooseja pavun varteen ja juureen sekä ehkäisivät kasvin kehittymistä. Kasvihuoneessa suoritettu perunan infektiokoe osoitti eristettyjen mikro-organismien olleen perunaruven aiheuttajia. Isolaattien patogeenisissa ominaisuuksissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja, minkä perusteella isolaattien joukossa olisi saattanut olla *Streptomyces scabies* -lajin erilaisia patogeeneja.

PHYTOTOXAEMIA CAUSED BY TRIOZA APICALIS FÖRST. (HOM., TRIOZIDAE) ON CARROT

MARTTI MARKKULA

SEPPO LAUREMA

Agricultural Research Centre,
Department of Pest Investigation,
Tikkurila, Finland

University of Helsinki,
Department of Biochemistry,
Helsinki, Finland

Received 30 March, 1971

The carrot psylla, *Trioxa apicalis* Först., is a significant insect pest of the carrot in Europe. The injuries and symptoms can be traced back to a systemic toxaemia arising from a phytotoxic compound present in the saliva of the insect (LÄSKÄ 1964). The purpose of this work was to investigate the chemical nature of the toxin.

Materials and methods

The psyllas were collected in early summer from carrot fields at the Agricultural Research Centre, Tikkurila. For studies later in the summer, second generation adults were reared on carrots in a greenhouse. The carrot variety used in the experiments was *Daucus carota* L. var. Nantes Markthalle.

Extracts of psyllas, their salivary secretions, honeydew, and carrot extracts were analysed by conventional paper chromatographic methods (LINSKENS 1959). For analyses of growth factors a wheat coleoptile section test (NITSCH and NITSCH 1956) was employed.

Salivary glands of psyllas were dissected out in 1.25 % NaCl solution under a microscope. Efforts were also made to collect the salivary secretion through a parafilm membrane (MITTLER and DADD 1964). Radioactive phosphate was used to label the salivary secretion.

Honeydew of psyllas was collected on pieces of aluminium foil below leaves crowded with

the insects, dissolved in water, and concentrated *in vacuo*. For the sake of comparison, honeydew of the aphid *Myzus persicae* Sulz. was analysed on similar plants.

The effect of indole-3-acetic acid (IAA) was studied by brushing stunted parts of infested carrot seedlings with a 0.1 M solution of IAA (Fluka) in 0.1 % Tween 80. In one experiment intact carrot seedlings were irradiated with short-wave ultraviolet light (Philips TUW 6W).

The ability of intact and infested plants to oxidize IAA was tested by shaking frozen carrot seedlings at 30°C in solutions containing 10^{-4} M IAA, $MnSO_4$, dichlorophenol, and 0.02 M phosphate buffer pH 6.1 (JACOBSON and CAPLIN 1967).

Results

Experiments with radioactive phosphate confirmed that activity is transferred from labelled psyllas to carrot seedlings (Fig. 1). However, chromatographic analyses of injured carrot seedlings at various stages of infestation revealed no significant difference in the composition of sugars, free amino acids, or growth factors as compared to healthy carrots. Similarly, attempts to demonstrate a growth regulator in the extracts of the insects, their salivary glands and salivary secretions were unsuccessful.

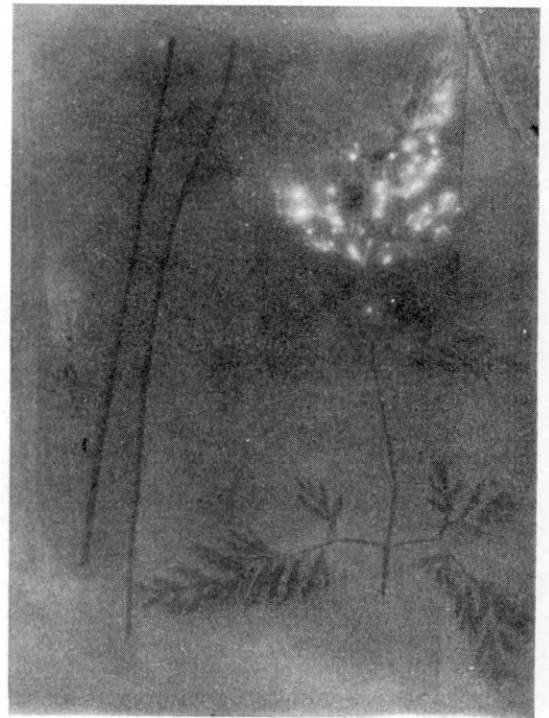
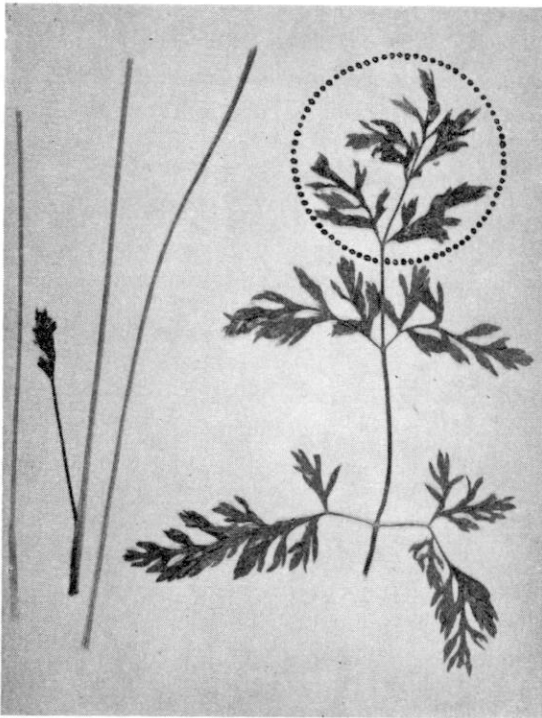
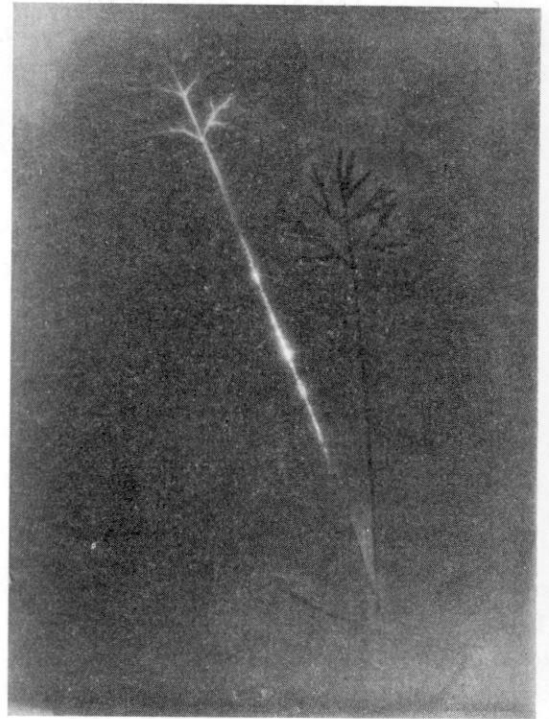
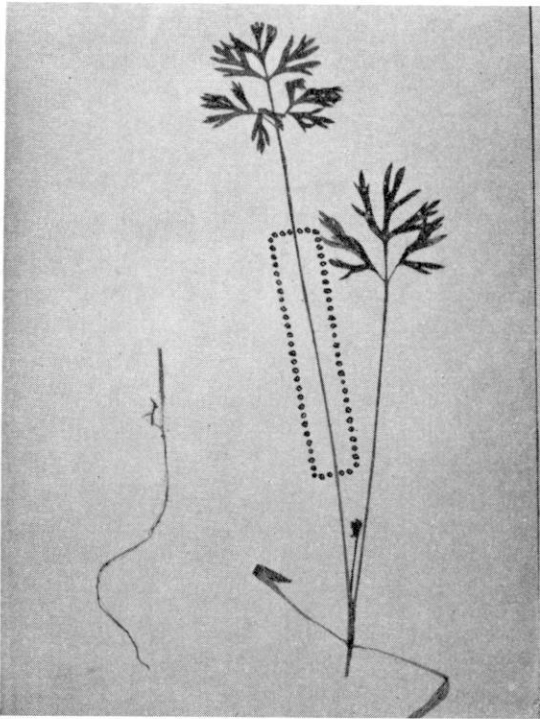


Fig. 1. Autoradiographs of carrot leaves showing feeding traces of *Trioxa* labelled with radioactive $^{32}\text{PO}_4$ (right). The areas occupied by the insects are represented in the photographs (left) by the dotted lines.

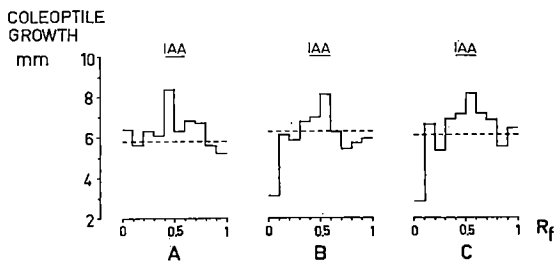


Fig. 2. A. A bioautograph of 5 mg *Trioza* honeydew on carrots. The honeydew was fractionated by means of ascending paper chromatography using isopropanol: conc. NH_3 : H_2O 8:1:1 as a solvent. Eluates of the sectioned chromatogram were assayed for growth regulators with a wheat coleoptile section test. The mean growth of the controls is indicated by the dashed line. R_f value of authentic indole-3-acetic acid (IAA) shown above.

B. A bioautograph of 10 mg *Myzus* honeydew on carrots infected by *Trioza*.

C. The same as B on healthy carrots.

A growth-stimulating compound was present in the honeydews of both insect species. The compound was acidlabile, having an R_f value corresponding to that of authentic IAA. The growth effect in the wheat coleoptile section test was equivalent to about 1 ppm IAA in honeydew. Infestation with *Trioza* had no significant effect on the composition of the honeydew of *Myzus* feeding on the same plants (Fig. 2).

Treatment of stunted petioles of infected carrot seedlings with IAA solution resulted in significant promotion of growth, which was seen in microscopic examination to be due to elongation of individual cells. On the other hand, symptoms considerably resembling those caused by *Trioza* developed in the intact carrot seedlings irradiated with short-wave ultraviolet light. No consistent difference in ability to destroy IAA in solution was detected between healthy and infected carrots.

Discussion

Little is known about the phytotoxic compounds present in the saliva of plant-sucking insects (CARTER 1962, MILES 1968). A compound

undoubtedly present in the saliva of some insects and known to evoke malformations in plants is IAA (SCHÄLLER 1965, MILES 1968 a). A typical feature of these cases is the development of symptoms at the actual sites where the insects have sucked. This is not typical in the case of *Trioza*, even when the number of insects is very great. There was no evidence of the occurrence of significant amounts of IAA in the saliva of *Trioza*. The growth factor present in the honeydew is obviously a normal constituent of such insect excretions (MAXWELL and PAINTER 1962, ESCHRICH 1968).

The results do not exclude the possibility that the effect of the toxin is connected with the metabolism of IAA in plants (MILES 1968 b). The stimulating effect of added IAA and the opposite effect of ultraviolet light, which is known to destroy IAA in plants (HILLMAN and GALSTON 1961), suggest a deficiency of IAA in the deformed leaves. The true nature of the *Trioza* toxin remains to be established.

Summary

This study of the systemic toxemia caused by the carrot psylla *Trioza apicalis* Först. suggests a disorder in plant growth regulation. The toxin present in the saliva of the insect is not indolyl-3-acetic acid or a related phytohormone.

Acknowledgements. — The authors are grateful to Prof. V. K a n e r v o, D. Agric. and For., and Mr. E. L a k a n e n, M. Sc., for working facilities at the Department of Pest Investigation and Isotope Laboratory of the Agricultural Research Centre, Tikkurila. This study has been supported by a grant from the National Research Council for Agriculture and Forestry.

REFERENCES

- CARTER, W. 1962. Insects in Relation to Plant Disease. 705 p. New York.
- ESCHRICH, W. 1968. Translokation radioaktiv markierter Indolyl-3-essigsäure in Siebröhren von *Vicia faba*. *Planta* 78: 144—157.
- HILLMAN, W. S. & GALSTON, A. W. 1961. The effect of external factors on auxin content. *Encycl. Pl. Physiol.* 14: 683—702. Berlin.
- JACOBSON, B. S. & CAPLIN, S. M. 1967. Distribution of an indoleacetic acid-oxidase-inhibitor in the storage root of *Daucus carota*. *Pl. Physiol.* 42: 578—584.
- LÁSKA, P. 1964. Růispřevék k bionomii a ochraně proti *Trioza apicalis* Först. (*Trioziidae, Homoptera*). Zusammenfassung: Beitrag zu Bionomie und Bekämpfung der *Trioza apicalis* Först. (*Trioziidae, Homoptera*). *Zool. Listy* 13: 327—332.
- LINSKENS, H. F. 1959. Papierchromatographie in der Botanik. 408 p. Berlin.
- MAXWELL, F. G. & PAINTER, R. H. 1962. Auxins in honeydew of *Toxoptera graminum*, *Therioaphis maculata*, and *Macrosiphum pisi*, and their relation to degree of tolerance in host plants. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 55: 229—233.
- MILES, P. W. 1968 a. Studies on the salivary physiology of plant-bugs: experimental induction of galls. *J. Insect Physiol.* 14: 97—106.
- 1968 b. Insect secretions in plants. *Ann. Rev. Phytopath.* 6: 137—164.
- MITTLER, T. E. & DADD, R. H. 1964. An improved method for feeding aphids on artificial diets. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 57: 139—140.
- NIRSCH, J. P. & NIRSCH, C. 1956. Studies on the growth of coleoptile and first internode sections. A new, sensitive, straight-growth test for auxins. *Pl. Physiol.* 31: 94—111.
- SCHÄLLER, G. 1965. Untersuchungen über den β -Indolyllessigsäure-Gehalt des Speichels von Aphidenarten mit unterschiedlicher Phytopathogenität. *Zool. Jb. (Physiol.)* 71: 385—392.

SELOSTUS

Porkkanakemпин aiheuttamasta vioituksesta porkkanassa

MARTTI MARKKULA

Maatalouden tutkimuskeskus
Tuhoeläintutkimuslaitos
Tikkurila

SEPPO LAUREMA

Helsingin yliopisto
Biokemian laitos
Helsinki

Porkkanakemпин vioituksen vuoksi porkkanan kasvu heikentyy ja lehdet sykeröityvät persiljan lehtiä muistuttaviksi. Kemпин syljessä oleva, vioittumiseen johtava aine ei ole tutkimuksen mukaan indolyletikkahappo tai muun kaltainen kasvuhormoni. Vioittumiseen johtava aine

saattaa kuitenkin vaikuttaa indolyletikkahapon aineenvaihduntaan porkkanassa. Tutkimuksia jatketaan Helsingin yliopiston biokemian laitoksessa aineen määrittämiseksi.

SPREAD OF SOFT ROT (*ERWINIA CAROTOVORA* (JONES) HOLL.) IN HYACINTH BULBS

RAUHA PUTTONEN

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

Received 30 April, 1971

Material and methods

An experiment was conducted at the Department of Plant Pathology in 1970 to investigate the spreading of soft rot (1) in bulbs inoculated prior to rooting, (2) from inoculated soil, and (3) to study the significance of the moisture content of the soil.

The experimental material consisted of 440 hyacinth bulbs of the variety 'Anne-Marie'. One-half of them were inoculated before planting. The bulbs were planted in unperforated plastic pots with the tops (about 1/4 of bulb height) being left uncovered above the soil surface. Rooting was induced at 10—11°C under a relative air humidity of 85—95%. The soil used was Sphagnum potting peat for flower bulbs (C 1 - peat), appropriately fertilized and steam-treated. It was moistened to two different humidity levels, $pF_1 = 85-90\%$, $pF_2 = 50-60\%$ (Fig. 1; PUUSTJÄRVI 1968). At both humidity levels half of the soil was inoculated.

The inoculum was a mixture of *E. carotovora* strains obtained by isolation from diseased hyacinth plants. The strains were tested for maximum virulence. The bacterial suspension was diluted to 10^{-5} for the bulbs and 10^{-4} for the soil.

The *E. carotovora* density of the inoculated soil was determined immediately after planting. A second determination was made at the end of the experiment. Isolations of fungi and bacteria were made from the inoculated bulbs and soils.

Results and discussion

The disease spread most readily in the inoculated bulbs. The infection caused growth disturbances but did not inhibit flowering. The degree of infection was heightened by inoculation of the soil as well as by the higher (85—90%) humidity level. Inoculation of the soil alone was not sufficient to produce notable effects though it was found that some infection did occur this way (Table 1).

Table 1. Inoculation of hyacinth bulbs with suspension of *Erwinia carotovora*.

Taulukko 1. Hyasintin sipulien saastutuskoee *Erwinia carotovora* -bakteerisuspensiolla.

Degree of infection Saastunta-aste	Sterile peat Desinfioitu turve							
	Noninoculated bulbs Puhkaat sipulit				Inoculated bulbs Inkuloituid sipulit			
	pF_1		pF_2		pF_1		pF_2	
no. kpl	% %	no. kpl	% %	no. kpl	% %	no. kpl	% %	
0	50	90.90	42	76.36	0	0.00	0	0.00
1	5	9.09	6	10.91	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	5	9.09	55	99.99	55	99.99
3	0	0.00	2	3.63	0	0.00	0	0.00
	Inoculated peat Inkuloitu turve							
	Noninoculated bulbs Puhkaat sipulit				Inoculated bulbs Inkuloituid sipulit			
	pF_1		pF_2		pF_1		pF_2	
no. kpl	% %	no. kpl	% %	no. kpl	% %	no. kpl	% %	
0	31	56.36	25	45.45	0	0.00	0	0.00
1	14	25.45	16	29.09	0	0.00	4	7.27
2	10	18.18	14	25.45	0	0.00	17	36.36
3	0	0.00	0	0.00	55	99.99	31	56.36

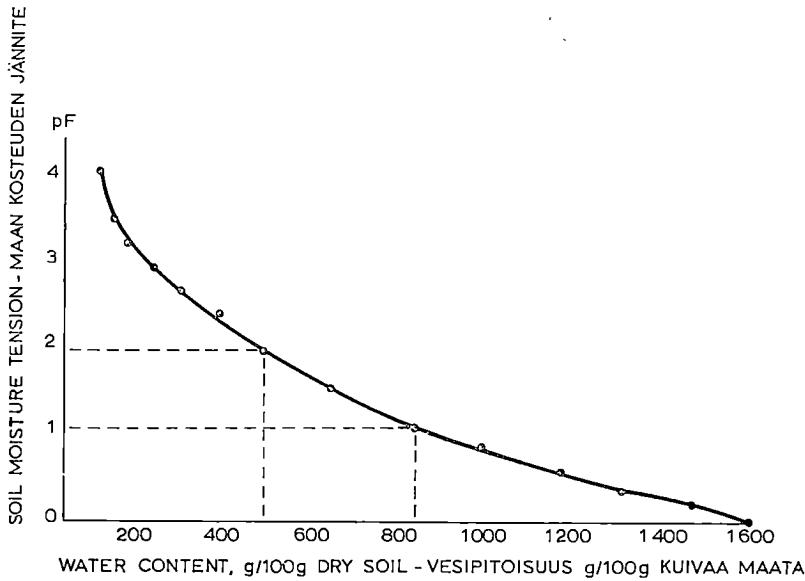


Fig. 1. The free energy of water held by young Sphagnum peat expressed on weight basis.

Kuva 1. Nuoren Sphagnum-turpeen pidättämän veden vapaa energia painoprosenteina.

The significance of various factors at different degrees of infection was analysed statistically by analysis of variance. The results are shown in Table 2.

Table 2. Significance of various factors at different degrees of infection (1—3; 3 = highest degree of infection)
Taulukko 2. Eri tekijöiden merkitsevyys eri saastunta-asteissa (1—3; 3 = saastunta eniten levinnyt sipulissa).

	1	2	3
Moisture of peat	NS	*	NS
Inoculation of peat	NS	NS	**
Moisture+inoculation of peat	NS	NS	NS
Inoculation of bulbs	NS	**	***
Moisture of peat+inoculation of bulbs	**	NS	*
Inoculation of peat+bulbs ...	NS	***	**
Moisture of peat+inoculation of peat+bulbs	NS	NS	NS

Levels of significance: NS Not significant, * P = 0.05, ** P = 0.01, *** P = 0.001

Density of bacteria at the beginning of experiment was 10 300 per 1 g dry soil. Density of bacteria at the end of experiment was at pF_1 1 000 000 and at pF_2 400 000 per 1 g dry soil.

Multiplication of the bacteria was significantly enhanced by the higher level of soil moisture.

It can be concluded from the results of the experiment that the pathogen is mainly trans-

ferred in the bulbs (cf. PAPE 1964). Outbreak and spread of the disease are most probably favoured (1) by long-term storage of bulbs under warm and humid conditions during transport and prior to rooting, and (2) by rooting of bulbs under humid conditions, either (a) buried in sand in a cellar or (b) in a clamp. Here the total embedment of the bulbs in surrounding moist material will promote multiplication of the bacteria as well as their penetration into the interior of the bulbs and near to the flower primordia.

As a result of the planting method employed in the present experiment, infection was found to spread solely from the points of inoculation and the incubation period remained short. The latter was due to the inoculation being performed immediately before planting and also to excellent rooting conditions.

REFERENCES

- PAPE, H. 1964. Steckenbleiden und Umkippen der Hyazinthen («Weichfäule»). Krankheiten und Schädlinge der Zierpflanzen und ihre Bekämpfung. 415 p. Berlin.
PUUSTJÄRVI, V. 1968. Standards for peat used in peat culture. Peat & Plant News 2: 20.

SELOSTUS

Valkobakterioosin (*Erwinia carotovora* (Jones) Holl.) leviämisestä hyasintin sipuleissa

RAUHA PUTTONEN

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvitautilien tutkimuslaitos, Tikkurila

Tässä tutkimuksessa selvitetään valkobakterioosin leviämistä hyasintin sipuleissa (1) ennen istutusta saastutetuissa sipuleissa ja (2) saastutetusta maasta sekä (3) maan kosteuden vaikutusta saastuntaan. Tutkimus suoritettiin v. 1970. Sipulien ja maan saastutukseen käytettiin näytteeksi tulleista sipuleista eristettyjen *Erwinia carotovora* -kantojen seosta. Sipulit inokuloitiin laimennoksella 10^{-5} ja maa 10^{-4} . Kasvualustana käytettiin Satoturve Oy:n kukkasipuliturvetta (C1 -turve). Puolet sekä desinfioidusta että saastutetusta turpeesta kasteltiin kahteen kosteustasoon: pF_1 = kosteus n. 85—90 % ja pF_2 = kosteus n. 50—60 % (kuva 1).

Kokeen tulokset osoittivat, että tauti levisi eniten inokuloituissa sipuleissa. Saastunta-asteen voimakkuutta lisäsi maan inokulointi sekä turpeen suurempi (85—90

%) kosteus (taul. 1). Eri tekijöiden merkitsevyys eri saastunta-asteissa testattiin faktorianalyysillä (taul. 2).

Taudinaiheuttaja kulkeutuu siis pääasiassa sipulien mukana, mutta taudin alkuunpääsyä ja leviämistä edistävät todennäköisesti lämmin ja kostea varastointi ennen juurrutusta sekä sipulien juurruttaminen kosteassa, (a) hiekkakerroksella peitettynä kellarissa tai (b) aumassa. Näiltä osin kokeita jatketaan.

Bakteerien identifioinnissa on ratkaisevasti auttanut tohtori Eeva Eklund ja maan kosteusmäärittämisessä tohtori Paavo Elonen Helsingin Yliopistosta. Esitän heille parhaat kiitokset.

'BRÖDITORP' -MUSTAHERUKKATYYPPEJÄ

Summary: Types of 'Brödtorp' black currant

J A A K K O S Ä K Ö ja H E I M O H I I R S A L M I

Maatalouden tutkimuskeskus, Puutarhantutkimuslaitos, Piikkiö

Saapunut 10. 6. 1971

Mustaherukka on marjakasvi, joka soveltuu hyvin viljeltäväksi Suomen oloissa. Viljelyn varmentavat kotimaiset, ilmastoomme hyvin sopeutuneet lajikkeet. Niistä on 'Brödtorp' osoittautunut sekä kotimaisten että ruotsalaisten tutkimusten perusteella useilla koepaikoilla satoisimmaksi (MEURMAN 1936, LARSSON 1959, SÄKÖ 1963, HIIRSALMI 1969 c). Sen voimakkaasti lamoava kasvutapa on kuitenkin merkittävä haittatekijä varsinkin nykyään, jolloin koneellisen sadonkorjuu on kannattavuussyistä yhä yleistymässä.

'Brödtorp'-lajike on tiettävästi peräisin josta-kin Varsinais-Suomen tai Ahvenanmaan saaristosta (MEURMAN 1947). Tämä selittää myös lajikkeen kasvutavan perinnöllisen taustan. Saaristossa, varsinkin sen uloimpien karien ja luotojen kivikoissa, tavataan näet yleisenä luonnonvaraisia, maata myötäillen kasvavia ja useimmiten satoisia mustaherukkakantoja, jotka ovat sopeutuneet karuun ja tuuliseen ympäristöön. Luonnollinen valinta on sen sijaan karsinut pystykasvuiset kannat. 'Brödtorp'-lajike on ilmeisesti saanut alkunsa jonkin edellä kuvatun kaltaisen kannan viljelykseen valitusta, erittäin satoisasta yksilöstä. Todennäköisesti ovat kotimaiset lajikkeet 'Osmolan musta' ja 'Hannula' myös samankaltaisista kannoista kehitettyjä. Usein kaikkia kolmea pidetään yhtenä lajikkeena ja nimiä niin ollen toistensa synonyymeina. Niinpä on ehdotettukin käytettäväksi yhteistä lyhennettyä lajikenimeä 'Osmola', koska 'Osmo-

lan musta' on historiallisesti vanhin (LEHTONEN 1947). Kaikki kolme nimeä esiintyvät edelleen kirjallisuudessa, joskin 'Brödtorp' on vakiintunut yleisimmin käytettäväksi. Toisaalta on uskallettu nimetä kaikkia kolmea samaksi lajikkeeksi, ellei varmasti tiedetä, että ne ovat täysin samaa alkuperää.

'Brödtorp'-lajikkeelle on ominaista, kuten edellä mainittiin, lamoava kasvutapa. Mustaherukkaviljelmällä saattaa kuitenkin 'Brödtorp'-pensaiden kasvustoissa esiintyä vaihtelua niin, että jotkut pensaat ovat huomattavasti muita lamoavampia. Toisaalta tavataan myös yksilöitä, jotka ovat muita pystykasvuisempia. Tuollaisten poikkeavien yksilöiden syntyminen saattaa johtua esim. kromosomien rekombinaatioista tai mutaatioista. Toisaalta ne voivat olla kasvaneet 'Brödtorpin' ja jonkin muun lajikkeen välillä tapahtuneen pölytyksen tuloksena syntyneistä risteytymätaimista. Myös kasvupaikalla vallitsevat ulkoiset tekijät, kuten maalaji ja lannoitus säätelevät kasvutapaa, mutta niiden vaikutusalue on yleensä yhtä pensasta laajempi.

Puutarhantutkimuslaitoksessa suoritettavat mustaherukan lajike- ja jalostustutkimukset (HIIRSALMI 1969 a, 1969 b, 1969 c, 1970) on viime vuosina pyritty suuntaamaan siten, että niiden tuloksena löytyisi tai kyettäisiin luomaan Suomen oloissa hyvin menestyviä lajikkeita. Niiden tulisi omata mahdollisimman monia hyvälle mustaherukalle asetettavista vaatimuksista, mutta ennen kaikkea pysty kasvutapa. Tällöin on pää-

dytty ensisijaisesti kotimaisen 'Brödtorp'-lajikkeen kehittämiseen, johon tälläkin erilaisten 'Brödtorp'-tyyppien vertailevalla tutkimuksella pyritään.

Koekaineisto ja kokeen järjestely

Pistokasaineisto tähän tutkimukseen kerättiin kesällä 1959 Pohjan pitäjässä sijaitsevan Brödtorpin tilan kolmelta erilaiset maaperäsuhteet omaavalta mustaherukkalohkolta valituista 'Brödtorp'-lajikkeen yksilöistä. Valinnan perustana käytettiin kasvutapaa lähinnä siinä toivossa, että varsinkin pystykasvuisimmilla yksilöillä ominaisuus olisi olosuhteista riippumatta pysyvä eli perinnöllinen.

Tutkittavaksi valittiin kaikkiaan 19 eri 'Brödtorp'-tyyppiä. Emopensaat kasvoivat erilaisen maaperän omaavilla lohkoilla seuraavasti: a_1 — a_6 savimaalohkolla, b_1 — b_4 hiekkamaalohkolla ja c_1 — c_9 suolohkolla. Puutarhantutkimuslaitoksen kokeissa käytetyt 'Brödtorp' ja 'Osmolan musta' olivat vertailutyyppeinä. Tyyppien a_1 , b_2 ja c_1 emopensaat olivat varsin lamoavakasvuisia. Muiden tyyppien emopensaat sen sijaan omasivat eriaisteisen pystymmän kasvutavan.

Kesäpistokkaista kasvatetuista taimista osa istutettiin syksyllä 1960 ja osa keväällä 1962. Istutusetaisyys oli 2×2.5 m. Kustakin tyyppistä oli kokeessa kuusi yhden pensaan kerrannetta. Koe lopetettiin syksyllä 1966.

Tulosten tarkastelu

Mustaherukatutkimuksissa kiintyy huomio pääasiassa vain viljelyn kannalta merkityksellisiin ominaisuuksiin ja niiden vaihteluun. Kaikki morfologiset erot ovat kuitenkin tärkeitä lajike-tuntomerkkejä. Niiden perusteella on kyetty laatimaan mustaherukkalajikkeiden tutkimuskasvoja (mm. HEGGLI 1955). Lajikkeiden väliset erot ovat yleensä selvästi ilmaistavissa. Huomatavasta lajikkeensisäisestä vaihtelusta johtuen voidaan kuitenkin vain harvoin erottaa jonkin ominaisuuden suhteen selviä tyyppejä. Ominaisuuksien muuttuminen on näet useimmiten liukuva.

'Brödtorp'-lajikkeen tärkeimmät tuntomerkit ovat seuraavat: vuosiversot ja lehtiruodit punertavia; lehtilavan aukko ruodin yhtymäkohdassa matala; lehdet litteitä, keskiliuska suppeneva; lehden ja ruodin välinen kulma suuri; silmut pitkiä, voimakkaan punaruskeita, siirtottavia, löyhiä; kasvutapa hyvin lamoava, oksat kierteisiä; terttulapakat punertavia, 6—8 -kukkaisia, aaltoilevia; kukkaperät heikosti punertavia, niiden suojuslehdet lyhyitä; verholehdet lähes värittömiä. Edellä esitetyt tuntomerkit soveltuvat kaikkiin tässä tutkimuksessa tarkasteltavana olleisiin tyyppihin yhtä lukuunottamatta. Tyyppi c_3 poikkeaa näet useimpien ominaisuuksien suhteen muista tyypeistä. Sen vuosiversot ovat vihreitä ja lehtiruodit heikommin punertavia kuin muilla tyypeillä; silmut ovat pallomaisia, lähes puolet lyhyempiä, heikommin värittyneitä, vähemmän siirtottavia ja kiinteämpiä kuin muilla tyypeillä; kasvutapa on suhteellisen pysty.

Tässä tutkimuksessa on päähuomio kiinnitetty viljelyn kannalta merkityksellisiin kysymyksiin. Niitä ovat kasvutapa, kukinta-aika, kukkien ja terttujen lukumäärä, sadonkorjuuaika, sadon määrä ja laatu, tuleentumisaika ja talvenkestävyys. Oheisessa taulukossa esitetään useimpia tutkittuja ominaisuuksia koskevat tulokset numeerisesti. Ilmoitetut F-arvot ja merkitsevät erot osoittavat tyyppien välisen eron merkitsevyyden kunkin ominaisuuden kohdalla. Eräissä tapauksissa jonkin tyyppin kerranteiden lukumäärä on alusta lähtien tai talvituhojen seurauksena ollut pienempi kuin kuusi. Näitä tyyppejä, jotka taulukossa on merkitty rastilla, ei ole voitu huomioida merkitsevyyksiä laskettaessa. Vuosina 1960 ja 1962 istutetut aineistot on käsitelty kulloinkin tarkasteltavana olevan ominaisuuden luonteesta johtuen joko erillisenä tai yhdessä.

Kasvutapa. — Pensaiden pysty kasvutapa on ominaisuus, joka helpottaa marjojen koneellisen korjuun suorittamista. Toisaalta on mm. puutarhantutkimuslaitoksessa tehty havaintoja, joiden mukaan talvehtiminen heikkenee ja satotaso laskee pystykasvuisuuden seurauksena. Tässä tutkimuksessa suoritetut korrelaatiolaskelmat kasvutavan ja talvehtimisen sekä kasvutavan kokonais-sadon välillä eivät kuitenkaan ole niitä tukeneet.

Taulukko 1. 'Brödörtp'-tyyppien kasvatapa, kukinta-aika, kukkien ja terttujen lukumäärä, sadon määrä ja laatu sekä talvehtiminen.
 Table 1. Characteristics of the 'Brödörtp' types: growth habit, flowering time, number of flowers and racemes, quantity and quality of crop and overwintering.

Tyytit Types	Istutus- vuosi Planting year	Kasvatapa Growth habit		Kukinta-aika 1964—1966 Flowering time 1964—1966			Kukkien ja terttujen lukumäärä 1962 Number of flowers and racemes 1962		Sadon määrä ja laatu Quantity and quality of crop			Talveh- timinen Over- wintering		
		1965	***)0—10	Päiviä i.V. lukiin Days from i.V.		Kesto Duration	Terttu Pensas Raceme/ Bunch	1—3 kukkaisia tertтуja Racemes with 1—3 flowers	Kokonaisato/Pensas 1962—1966 Yield/Bunch 1962—1966	Sadon määrän paino 1965 Wt. of 100 berries 1965	Refrakto- meriarvo 1966 Refracto- meter value 1966			
				Alkaminen Onset	Täysi Full								Päätymisen End	Kpl No.
a ₁	1960	4.7		20.8	30.7	40.4	19.6	106.7	13.3	7.1	—	94.0	13.4	97.0
a ₂	1960	5.0		21.0	30.9	41.9	20.9	115.0	8.5	10.7	—	101.8	11.9	97.5
a ₃	1960	4.2		21.3	30.9	41.9	20.6	98.0	12.1	9.2	—	101.7	13.8	98.4
a ₄	1962	3.2		21.2	30.8	41.8	20.5	—	—	—	—	108.7	13.5	98.8
a ₅	1962	4.2		20.9	30.9	41.9	21.0	—	—	—	—	115.0	14.0	98.6
a ₆	1962	3.2		21.3	31.1	41.7	20.5	—	—	—	—	112.0	14.0	99.3
b ₁	1962	4.7		21.5	31.0	41.8	20.3	—	—	—	—	112.8	14.6	98.3
b ₂	1960	4.5		20.7	30.8	40.4	19.7	88.2	16.5	7.7	—	96.7	10.9	98.4
b ₃	1960	4.3		21.4	31.1	41.6	20.2	120.8	10.8	10.6	—	108.7	9.9	99.0
b ₄	1962	*) 5.0		*) 22.3	*) 31.7	*) 41.7	*) 19.4	—	—	—	—	*) 130.0	—	*) 99.7
c ₁	1960	3.3		19.8	30.8	40.8	21.0	76.3	21.7	6.4	—	111.0	14.4	98.8
c ₂	1960	3.7		21.1	30.7	40.5	19.5	77.7	20.6	5.3	—	97.3	11.2	97.0
c ₃	1960	7.0		29.1	36.7	45.3	16.2	—	—	11.3	—	86.8	11.6	97.8
c ₄	1960	5.2		21.3	31.0	41.9	20.6	70.5	17.8	8.1	—	110.8	14.4	98.3
c ₅	1962	3.8		21.2	30.6	41.7	20.5	—	—	—	—	110.5	14.8	99.1
c ₆	1960	4.2		20.7	30.8	41.4	20.7	62.2	20.0	6.0	—	107.7	11.8	96.9
c ₇	1962	4.7		21.3	31.0	41.8	20.5	—	—	—	—	114.3	13.7	97.9
c ₈	1962	4.0		21.9	30.6	41.7	19.8	—	—	—	—	115.8	13.7	98.6
c ₉	1962	5.7		30.0	37.6	45.3	15.4	—	—	—	—	101.5	11.9	99.3
'Brödörtp' ₁	1960	*) 4.5		*) 20.0	*) 30.6	*) 41.8	*) 21.8	68.7	18.1	*) 5.3	—	*) 105.0	12.6	65.7
'Osmolan musta'	1960	*) 4.5		*) 21.3	*) 31.1	*) 41.7	*) 20.5	74.2	16.0	*) 7.0	—	*) 98.0	8.6	56.6
'Osmola Black'														
'Brödörtp' ₂	1962	4.3		22.4	31.0	41.9	19.5	—	—	—	—	113.0	14.5	98.4
F-arvo — F-value		3.4***		58.5***	121.2***	91.2***	20.8***	4.8***	3.0**	5.6***	1.4	3.9***	5.3***	3.6***
Merik. ero (95 %) — Sign. diff. (95 %)		2.5		1.8	0.9	0.7	1.7	0.9	11.7	4.2	3.5	21.3	3.8	30.5

*) Tyyppin kerranteiden lukumäärä on ollut pienempi kuin kuusi, joten sitä ei ole huomioitu merkittävyyksiä laskettaessa.
 The number of replicate was less than six. That is why it was not included in the calculations of significance.

***) 0—10 = täysin lamoava kasvatapa — täysin pysty kasvatapa

**) 0—10 = completely creeping growth habit — completely erect growth habit

*) 0—100 = kuollut — täysin terve

**) 0—100 = dead — perfectly healthy

Pensaiden kasvutavan arvostelu on suoritettu arvioimalla oksien keskimääräinen pystykasvuusaste 0—10. Tyyppi c_3 eroaa pystykasvuisimpana (7.0) merkitsevästi useimmista muista tyypeistä. Tyypit a_2 , b_4 , c_4 ja c_9 ovat myös suhteellisen pystykasvuisia. Kaikkiaan kymmenen tyyppiä on vähintään yhtä pystykasvuisia kuin vertailukohteina olleet 'Brödorp' ja 'Osmolan musta', kun taas yhdeksän tyyppiä on niitä lamoavakasvuisempia. Tyypit jakaantuvat siis kasvutavan mukaan lähes tasan vertailuaineiston kummallekin puolelle. Toisaalta tutkittavien tyyppien keskimääräinen pystykasvuusarvo 4.45 vastaa yllättävän hyvin vertailuaineiston pystykasvuusarvoja. Näin on laita siitakin huolimatta, että suurin osa tutkittavien tyyppien emopensaista oli keskimääräistä pystykasvuisempia. Lisäksi on huomattava, että vain yksi emopensaana lamoavakasvuisimmiksi todetuista kolmesta tyyppistä on säilyttänyt kasvutapansa myös koeolosuhteissa. Näin ollen näyttää ilmeiseltä, että kasvutapa ei ainakaan kaikilla tyypeillä johdu yksinomaan perinnöllisistä tekijöistä, vaan siihen vaikuttavat myös kasvupaikkaolosuhteet. Näiden kahden tekijäryhmän keskinäistä suhdetta on vaikea tämän kokeen perusteella määrittää. Vain siitä voidaan olla varmoja, että tyyppin c_3 pystykasvuus on ensi sijaisesti perinnöllistä.

Kukinta-aika. — Mustaherukan kukinnan alkamisaikoihin esiintyy Etelä-Suomessa usein yöhalloja, jotka vähentävät oleellisesti satoa. Näin ollen lajikkeet, joiden kukinta alkaa esim. kymmenen vuorokautta yleistä kukinnan alkamisajankohtaa myöhemmin, ovat muita edullisemmassa asemassa, sillä ne joutuvat vain harvoin alttiiksi halloille.

Kukinnan alkaminen ja päättyminen sekä täysi kukinta on taulukossa ilmoitettu vuorokausina toukokuun alusta lukien. Kukinta-ajan pituus lasketaan kukinnan alkamisesta sen päätymiseen. Täysi kukinta on saavutettu, kun suurin osa kukkatertun kukista on auki.

Tyypit c_3 ja c_9 kukkivat merkitsevästi myöhemmin kuin muut tyypit, mutta niiden kukinta-aika jää kesän edistymisestä johtuen suhteellisen lyhyeksi. Tämä ominaisuus johtuu kummallakin tyyppillä perinnöllisistä tekijöistä. Muiden tyyppi-

pien kukinta on lähes samanaikaista ja vastaa myös vertailuaineistolla saatuja tuloksia.

Kukkien ja terttujen lukumäärä. — Aina viime vuosiin asti on pyritty kehittämään mahdollisimman pitkäterttuisia lajikkeita, jotta poiminta olisi nopeutunut. Mekaanisen korjuun yleistyessä ovat tavoitteena mieluummin keskimittaiset tertut, eivätkä lyhyetkään tertut hidasta sanottavasti sadonkorjuuta. Terttujen lukumäärä lisää luonnollisesti satoa, joten lajikkeet, joissa on runsaasti keskimittaisia terttuja, ovat viljelyllisesti arvokkaita.

Kukkien lukumäärää terttua kohti ja terttujen lukumäärää pensasta kohti on tarkasteltu vain vuonna 1960 istutetussa aineistossa. Lisäksi tyyppi c_3 on jätetty huomiotta. Tertussa olevien kukkien lukumäärä antaa myös kuvan tertun pituudesta. Kukkien lukumäärää laskettaessa ei ole otettu huomioon 1—3 -kukkaisia terttuja. Toisaalta on kuitenkin ilmoitettu 1—3 -kukkaisen terttujen prosenttinen osuus koko terttujen määrästä.

Kukkien lukumäärä tertussa vaihtelee 7.0 kpl:sta tyyppillä b_3 8.4 kpl:seen tyyppillä b_2 . Se on ominaisuus, jolla merkitseviksi todetut erot omaavat todennäköisesti pääasiassa perinnöllisen taustan.

Terttujen kokonaismäärä pensasta kohti vaihtelee 62.2 kpl:sta tyyppillä c_6 120.8 kpl:seen tyyppillä b_3 . Vaikka tyyppien väliset erot ovat näinkin suuria, ne eivät silti ole kovinkaan merkitseviä. Se johtuu siitä, että kunkin tyyppin kerranteet eroavat huomattavasti toisistaan. Terttujen lukumäärässä ei siis voida nähdä sellaista johdonmukaisuutta kuin tertun kukkien lukumäärässä. Eriytyisesti kiintyy huomio siihen, että Spearmanin järjestyskorrelaatiotestin (SIEGEL 1956) mukaan terttujen kokonaismäärän ja 1—3 -kukkaisten terttujen lukumäärän välillä vallitsee merkittävä negatiivinen korrelaatio ($r = -0,74$, $t = -3,26^{**}$, $n = 11$), ts. mitä enemmän pensaassa on terttuja, sitä vähemmän niistä on 1—3 -kukkaisia.

Sadonkorjuuaika. — Sadon tulisi kypsyä mahdollisimman samanaikaisesti kaikissa pensaissa ja yksittäisen pensaan eri osissa. Joskin tähän voidaan pyrkiä viljelytekniisin toimenpitein, se on myös tärkeä lajikeominaisuus.

Sadonkorjuuaika vaihtelee eri koevuosina sääolojen takia huomattavasti. Vuonna 1963 paiminta alkoi jo 23.7. ja vuonna 1966 pääasiassa vasta 18.8. Samoin kuin kukinta sattuu marjojen kypsyminenkin lähes kaikilla tyypeillä käytännöllisesti katsoen samaan aikaan. Ainoastaan tyyppi c_3 on muutaman päivän muita myöhäisempi.

Sadon määrä ja laatu. — Sadon kokonaismäärä on varteenotettavin ominaisuus verrattaessa eri lajikkeita ja lajikkeen tyyppjä keskenään. Koneellisen sadonkorjuun ja kuljetuksen kannalta ovat keskikokoiset marjat osoittautuneet edullisimmiksi, koska ne ovat keskimäärin kiinteämpiä kuin suuret marjat. Sokeripitoisuuden suhteen tulee pyrkiä korkeisiin lukemiin.

Kokonaissato vaihtelee v. 1960 istutetussa aineistossa huomattavasti enemmän kuin v. 1962 istutetussa. Satoisimpia ovat tyypit c_3 , a_2 ja b_3 sekä b_4 , josta kokeessa kuitenkin oli vain yksi kerranne. Positiivinen korrelaatio ($r_s = 0.76$, $t = 3.45^{**}$, $n = 11$) vallitsee pensaiden kokonaissadon ja terttujen lukumäärän välillä vuoden 1962 tulosten perusteella. Sadan marjan paino vaihtelee vuoden 1965 sadon perusteella huomattavasti, aina 86.8 g:sta tyyppillä c_3 130.0 g:an tyyppillä b_4 . Vuoden 1966 sadosta määritetty marjojen sokeripitoisuutta kuvaava refraktometriarvo on pienin, 8.6, 'Osmolan mustalla' ja suurin, 14.8, tyyppillä c_5 .

Tuleentumisaika ja talvehtiminen. — Mustaherukan talvehtiminen riippuu olennaisesti siitä, miten hyvin se on tuleentunut ennen talven tuloa. Talvivauriot ilmenevät selvimpinä lumen yläpuolelle jäävissä verson osissa.

Tuleentumishavainnot tehtiin vuosina 1964 ja 1965. Pensaiden voidaan katsoa täydellisesti tuleentuneen, mikäli ne ovat lehdettämiä ennen talven tuloa. Talvehtimishavainnot suoritettiin

arvioimalla pensaiden keskimääräinen kunto asteikolla 0—100 kasvukauden edistyttyä niin pitkälle, että lehdet puhkesivat.

Lehdet karisivat v. 1964 7. 11. mennessä ja v. 1965 15. 11. mennessä kaikkien muiden tyyppien pensaista paitsi c_3 ja c_9 , joilla osa lehdistä säilyi talven tultuakin. Pensaiden kunto osoittaa, että talvehtiminen onnistui kaikilla tyypeillä hyvin. Vertailuaineistosta vain 'Brödtorp'₁ ja 'Osmolan musta' kärsivät jostakin syystä talven 1963—1964 aikana vaurioita siinä määrin, että kummastakin kuoli kaksi pensasta.

Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa vertaillaan 'Brödtorp'-mustaherukkalajikkeesta erotettujen toisistaan poikkeavien tyyppien ominaisuuksia. Päähuomio kiinnitetään viljelyn kannalta merkityksellisiin seikkoihin, kuten kasvutapaan, kukinta-aikaan, kukkien ja terttujen lukumäärään, marjojen kypsymisaikaan, sadon määrään ja laatuun sekä verson tuleentumiseen ja pensaiden talvehtimiseen.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että samalta herukkaviljelykseltä valituilla 'Brödtorp'-tyypeillä, joiden valinta perustui toisistaan poikkeavaan kasvutapaan, esiintyy tiettyjen ominaisuuksien suhteen merkittäviä eroavuuksia. Eräät tyyppi, kuten esim. tässä tapauksessa eniten muista eroavat c_3 ja c_9 , säilyttävät poikkeavat ominaisuutensa yhteisellä koekentällä kasvaessaan. Tyyppi c_3 on kuitenkin todennäköisesti vapaan pölytyksen tuloksena syntynyt risteytymä 'Brödtorpin' ja jonkin muun lajikkeen välillä. Miksiään jo viljeltäväksi lajikkeeksi sitä ei ole voitu tunnistaa. Tyyppi c_9 on ilmeisesti 'Brödtorp'-lajiketta. Se saattaa olla joko mutaation tai rekombinaation tulos.

KIRJALLISUUTTA

- HEGGLI, M. 1955. Identifisering av solbærsorter. Fukt og Bær 1955: 58—75.
 HIRSALMI, H. 1969 a. Förädling av svarta vinbär. Trädgårdssnytt 23: 280—281.

- 1969 b. Marja- ja hedelmäkasvien jalostustoiminta Puutarhantutkimuslaitoksessa. Summary: Breeding of berries and fruits at the Department of Horticulture. Ann. Agric. Fenn. 8: 133—148.

- 1969 c. Mustaherukan lajikkeista ja jalostuksesta. Hedelmä ja Marja 16: 53—56.
- 1970. Förädling av bärväxter. Frukt og Bær 1970: 15—21.
- LARSSON, GUNNY. 1959. Norrländska sortförsök med svarta vinbär 1944—1958. Stat. Trädg.förs. Medd. 122: 1—30.
- LEHTONEN, V. 1947. Puutarhamarjojen viljely. 190 p. Porvoo—Helsinki.
- MEURMAN, O. 1936. Selostus mustien viinimarjapensaiden vertailevien kokeiden tähänastisista tuloksista. Agric. Exp. Activ. State Publ. 80: 1—13.
- 1947. Suomen hedelmäpuut ja viljellyt marjat. II. Päärynät, luumut, kirsikat ja marjat. 351 p. Helsinki.
- SIEGEL, S. 1956. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. 312 p. Tokyo.
- SÄKÖ, J. 1963. Kotimaisten mustaherukkalajikkeiden satoisuudesta. Maatal. ja Koetoim. 17: 168—175.

SUMMARY

Types of 'Brödrtorp' black currant

JAAKKO SÄKÖ and HEIMO HIIRSALEMI

Agricultural Research Centre, Department of Horticulture,
Piikkiö, Finland

The black currant is a fruit bush well suited for cultivation in Finland. The Finnish variety 'Brödrtorp' has proved to give the largest yields at many experimental stations. However, its creeping growth habit is a serious impediment to mechanical harvesting. Consequently, one of the aims of this study, in which different types of black currant are compared, is the improvement of the variety 'Brödrtorp'.

The material consisted of cuttings collected in summer 1959 on the Brödrtorp estate in the commune of Pohja. They were taken from different kinds of soil in three separate parts of the estate: types a_1 — a_6 from clayey soil, types b_1 — b_4 from sandy soil, and types c_1 — c_9 from peat soil. The cuttings were compared with the variety 'Brödrtorp' grown at the Department of Horticulture and with 'Osmola Black', considered to be the same variety. They were planted in an experimental field, some in autumn 1960, others in spring 1962.

Attention was mainly directed to characters important from the point of view of cultivation: growth habit, flowering time (onset and end of flowering, full flowering), number of flowers and racemes (flowers per raceme, racemes per bush, proportion of racemes with 1—3 flowers), time of harvesting, quantity and quality of crop (yield per bush, weight of 100 berries, refractometer value), time of defoliation, ripening of shoots, winter-hardiness of the bush.

An erect habit facilitates mechanical harvesting of the berries. Type c_3 is the most erect, differing significantly from the other types. Types a_2 , b_4 , c_4 and c_9 are also comparatively erect.

Varieties which flower late have an advantage over the others, since they are seldom exposed to damage from spring frosts. The onset and end of flowering, and full

flowering are given in the table as the number of days after the beginning of May. Types c_3 and c_9 flowered significantly later than others.

The spread of mechanical harvesting has created a demand for varieties with abundant medium-sized racemes. The number of flowers per raceme varies from 7.0 (b_3) to 8.4 (b_2) and the number of racemes per bush from 62.2 (c_6) to 120.8 (b_3).

It is important that the crop should ripen at the same time on all the bushes and on different parts of the same bush. Almost all the types are ready for harvesting at the same time. Only type c_3 is some days later than the others.

The quantity and quality of the crop are the most significant characters in the comparison of different varieties and variety types. Types c_3 , a_2 , b_3 , and b_4 were the most productive. The weight of 100 berries varied from 86.8 g (c_3) to 130.0 g (b_4). The refractometer value, indicating the sugar content of the berries, is lowest for 'Osmola Black', 8.6, and highest for type c_5 , 14.8.

The successful overwintering of the black currant is closely linked with early leaf-fall and sufficiently ripening of the shoots before winter. Only types c_3 and c_9 had a few leaves left when the severe frosts (-10°C or under that) occurred. All the types showed a good capacity for overwintering.

The results of this study show that, among cultivated black currants, bushes of the same variety can differ significantly in respect of certain characteristics. Some bushes, in this case types c_3 and c_9 , differ markedly from the others. It is evident that the mother bush of type c_3 is a hybrid between 'Brödrtorp' and some other variety, resulting from free pollination. Type c_9 apparently belongs to the variety 'Brödrtorp'.

THE EFFECT OF LIMING AND LONG-TERM FERTILIZING UPON THE NUTRIENT STATUS OF PEAT SOIL AND MINERAL COMPOSITION OF PLANT MATERIAL

ESKO LAKANEN

Agricultural Research Centre, Department of Soil Science
and Isotope Laboratory, Tikkurila, Finland

Received 13 May 1971

Long-term field trials give valuable information on the effects of various treatments and fertilizers on yields, soil nutrient status and chemical composition of soils and plants. The material represents a natural and well-balanced system, which is not easily reached in short-term pot experiments.

A large field trial on *Carex* peat soil was established in Northern Finland in 1926 and was completed in 1968. Results of this experiment have been presented and discussed by ANTTINEN (1959), who demonstrates conclusively that liming of acid *Carex* peat from pH 5.0 to 5.4 decreases significantly the yield of oats. This detrimental effect of liming is somewhat surprising and contrary to the acknowledged beneficial effect of liming organogenic acid soils. Due to the lack of detailed macro- and micro-nutrient analyses of the experimental material, it was not previously possible to explain precisely the yield decrease caused by liming the acid *Carex* peat.

The aim of this study is to explain more fully the effect of liming and manuring combined with long-term fertilizing upon the nutrient status of peat soil and plant material in general. In particular, the detrimental effect of liming will be discussed in more detail.

Material and methods

The basic treatments in the trial were lime, farmyard manure and a combination of the two. The sums of 4 successive treatments are presented in Table 1. The annual rates (kg/ha) of application of fertilizers (PKN, PK, PN, KN, O) for each basic treatment are 300 kg of superphosphate, 150 kg of potassium salt containing 40 % of K_2O , and 100 kg of nitrate of lime. Representative soil and oat samples were taken in August 1963 from 120 experimental plots. The yields for the sampling year are presented in Table 2.

Soil pH was determined from soil water suspensions (1 : 2.5). Macro- and micronutrients together with other trace elements were extracted with acid ammonium acetate (0.5 N CH_3COOH , 0.5 N CH_3COONH_4 , pH 4.65). Methods of soil and plant analyses are described

Table 1. Basic treatments.
Taulukko 1. Peruskoejäsenet.

Treatment	Symbol	Tons/hectare	
		Lime	Manure
O	O	0	0
Lime	Ca	11	0
Lime + manure .	Ca + FYM	11	120
Manure	FYM	0	120

Table 2. Yields expressed as mean values of replicates.
Taulukko 2. Saotulokset kerranteiden keskiarvoina.

Treatment	n	Yield kg/ha		
		grain	straw	
PKN	O	6	1 990	3 610
	Ca	6	1 350	3 350
	Ca+FYM	6	1 760	3 710
	FYM	6	2 120	4 170
PK	O	6	1 100	2 640
	Ca	6	890	2 430
	Ca+FYM	6	1 060	2 540
	FYM	6	1 160	2 930
PN	O	6	1 770	2 890
	Ca	6	1 090	2 470
	Ca+FYM	6	1 520	2 900
	FYM	6	2 260	3 230
KN	O	6	830	2 270
	Ca	6	660	2 080
	Ca+FYM	6	990	2 930
	FYM	6	1 140	3 040
O	O	6	680	1 710
	Ca	6	510	1 450
	Ca+FYM	6	830	2 100
	FYM	6	850	2 040

in more detail in previous papers (VUORINEN and MÄKITIE 1955, LAKANEN 1961, 1962). Results of soil analyses are given as ppm of air-dry soil. The samples were extracted in a 1:10 volume ratio corresponding to a 1:20 weight ratio. Thus the bulk density of the soil was 0.5 gm/cm³. When divided by two, the ppm values are converted to mg/l of soil, which is the unit used in Finnish soil testing (KURKI et al. 1965). The split-plot type analyses of variance were carried out with the aid of a computer.

Results and discussion

The results of soil and plant analyses are presented as mean values of 6 replicates in Tables 3—6. Of the statistical significances from variance analyses, here is presented only a résumé of F-values in Table 7. As well as these F-values presented, a detailed comparison has been made between the analytical data given in Tables 3—6, and tests for difference have been worked out.

The effect of liming

The effect of liming is very pronounced. Owing to the high buffering capacity of peat, the pH rise is only about 0.5 pH unit (5.0—5.5). Soil exchangeable calcium, on the other hand, has risen by 50 %. These factors both independently and together have influenced yields, availability of soil nutrients, and the mineral composition of plant material. It is apparent from Table 2 that liming has lowered both the grain- and straw-yield of oats, despite fertilizing. ANTTINEN (1959) presented similar results on the basis of yields recorded over a period of several years. He reported an average grain-yield reduction of 14 % caused by liming, while in this study it is no less than 29 % on average during the year representing the final stage of the experiment.

The reason for this yield reduction caused by liming is quite evidently potassium and phosphorus deficiency. The annual field-dressing of K fertilizer was low, and it is well known that liming can reduce the amount of potassium available to plants in certain cases, eg. THOMPSON 1957, PEARSON 1958. In accordance with the interpretation of fertility studies being made in Finland, the potassium status of this experimental field is poor or rather poor (Table 3). This observation concerning the lack of potassium is confirmed by a comparison with the results of a study made earlier in Finland, and concerning the potassium content of plant material (SALONEN and TAINIO 1961). The potassium contents of grain and especially of straw are too low (Tables 4—5).

Liming acid soils is generally regarded as increasing directly the amounts of soil phosphorus available to plants. This is not always the case. It has been shown that liming an acid organogenic soil reduces the amount of readily soluble phosphorus around pH 5.5. At higher pH levels the amount of readily soluble phosphorus increases sharply (eg. PUUSTJÄRVI 1956, MURRMANN and PEECH 1969, LAKANEN et al. 1970). Together with manuring, liming also lowered amounts of potassium and phosphorus

Table 3. Soil analytical data expressed as mean values of replicates.
Taulukko 3. Maan-analyysien keskiarvot kerrannettain.

Treatment	n	pH	Conduc- tivity	Ppm acid NH ₄ -acetate extractable														
				Ca	Mg	Na	K	P	Fe	Mn	Sr	Zn	Pb	Ni	Cu	Co	V	Mo
PKN	6	5.04	3.28	3 265	483	187	89.7	9.99	496	30.1	36.7	2.64	0.668	0.412	0.438	0.174	0.097	0.0269
	6	5.53	3.55	4 961	1 015	203	68.1	8.60	238	18.9	44.0	1.79	0.628	0.305	0.544	0.121	0.098	0.0127
	6	5.69	4.66	5 512	1 022	230	75.1	15.41	184	16.6	50.5	1.95	0.733	0.325	0.609	0.124	0.117	0.0120
	6	4.92	4.53	3 927	695	209	109.3	17.62	401	46.0	46.6	2.94	0.820	0.454	0.588	0.406	0.341	0.0422
PK	6	5.01	3.47	3 264	526	192	91.7	11.98	470	36.3	39.4	2.77	0.770	0.432	0.593	0.191	0.106	0.0242
	6	5.47	3.93	4 980	1 112	214	76.9	10.44	251	19.5	47.9	1.93	0.691	0.332	0.520	0.130	0.118	0.0157
	6	5.65	4.52	5 335	1 112	217	83.6	16.18	226	20.6	50.8	1.92	0.798	0.348	0.739	0.140	0.148	0.0130
	6	4.90	4.25	3 743	629	191	127.8	21.21	380	46.7	46.6	2.99	0.893	0.452	0.728	0.385	0.337	0.0456
PN	6	5.02	3.24	3 603	669	125	65.4	11.57	413	28.7	40.7	2.77	0.711	0.414	0.477	0.181	0.098	0.0248
	6	5.53	3.29	5 293	1 032	99	52.3	9.89	258	18.4	47.4	1.97	0.758	0.344	0.684	0.142	0.100	0.0133
	6	5.69	3.99	5 562	1 062	128	54.4	15.21	214	16.2	50.5	2.05	0.760	0.328	0.623	0.117	0.134	0.0136
	6	4.96	3.73	3 958	570	115	85.3	20.20	405	41.0	47.6	2.66	0.763	0.429	0.719	0.297	0.374	0.0496
KN	6	5.12	2.94	3 187	675	186	114.4	3.12	549	33.1	28.6	2.85	0.654	0.412	0.535	0.196	0.129	0.0317
	6	5.60	3.21	4 918	1 176	180	92.7	3.40	285	20.0	30.5	1.77	0.649	0.311	0.480	0.133	0.115	0.0169
	6	5.71	4.30	5 040	1 265	246	79.3	5.02	228	22.5	30.7	1.86	0.706	0.310	0.477	0.138	0.169	0.0154
	6	5.05	3.43	3 355	707	199	126.3	8.82	445	42.9	29.7	2.99	0.798	0.505	0.632	0.329	0.473	0.0655
O	6	5.16	2.36	3 129	727	125	77.1	2.03	617	33.1	30.0	2.86	0.640	0.396	0.639	0.172	0.146	0.0435
	6	5.63	2.57	4 877	1 130	108	60.2	3.66	326	24.0	30.5	1.82	0.525	0.309	0.322	0.131	0.136	0.0212
	6	5.72	3.20	5 003	1 295	162	61.0	5.47	244	19.6	31.6	1.95	0.842	0.288	0.590	0.133	0.114	0.0167
	6	5.01	3.00	3 248	787	151	99.5	7.89	517	44.4	31.0	2.78	0.793	0.435	0.450	0.344	0.485	0.0661

Table 4. Contents of elements in the grain expressed as mean values of replicates.
 Taulukko 4. Jyvän alkuainepitoisuudet kerranteiden keskiarvoina.

Treatment	n	Ash %	% in dry matter				ppm in dry matter							
			Ca	Mg	K	P	Fe	Mn	Sr	Zn	Cu	Ni	Mo	
PKN	O	6	3.83	0.154	0.119	0.589	0.322	44.2	157.0	10.50	32.5	4.52	0.562	< 0.200
	Ca	6	3.82	0.149	0.123	0.587	0.314	44.6	90.6	8.08	30.6	3.99	< 0.500	< 0.200
	Ca+FYM	6	3.66	0.161	0.122	0.604	0.329	42.8	75.7	7.40	31.1	4.51	< 0.500	< 0.220
	FYM	6	3.92	0.161	0.121	0.568	0.324	40.9	178.0	11.20	32.5	4.51	0.600	< 0.220
PK	O	6	4.23	0.153	0.139	0.594	0.355	48.6	181.0	10.30	32.5	4.93	0.643	< 0.200
	Ca	6	4.06	0.148	0.123	0.602	0.334	42.9	90.0	7.66	31.9	3.99	< 0.500	< 0.200
	Ca+FYM	6	4.17	0.155	0.128	0.598	0.344	46.7	95.7	9.22	37.3	5.14	< 0.500	0.243
	FYM	6	4.31	0.151	0.135	0.603	0.348	45.5	224.0	12.20	36.8	5.38	0.677	0.250
PN	O	6	3.85	0.152	0.108	0.526	0.342	44.6	140.0	8.65	28.3	3.54	0.544	< 0.200
	Ca	6	3.61	0.150	0.122	0.507	0.323	44.5	68.3	5.89	24.9	3.37	< 0.500	< 0.200
	Ca+FYM	6	3.60	0.162	0.124	0.503	0.328	39.7	64.3	5.96	26.8	3.23	< 0.500	< 0.200
	FYM	6	4.23	0.170	0.126	0.536	0.323	42.3	150.0	11.60	31.9	3.65	0.540	< 0.200
KN	O	6	4.14	0.125	0.105	0.640	0.260	51.4	159.0	5.67	42.3	6.78	0.782	< 0.200
	Ca	6	4.15	0.132	0.116	0.613	0.254	52.7	89.2	5.84	36.8	7.17	< 0.500	< 0.200
	Ca+FYM	6	4.14	0.147	0.124	0.592	0.291	46.8	77.2	5.12	33.9	6.04	< 0.500	< 0.220
	FYM	6	4.07	0.148	0.120	0.596	0.282	42.8	165.0	6.86	39.3	5.54	0.628	< 0.200
O	O	6	4.14	0.124	0.128	0.588	0.275	56.7	156.0	8.09	43.3	6.78	0.787	< 0.220
	Ca	6	4.16	0.149	0.130	0.590	0.275	51.0	76.2	6.16	35.8	6.78	< 0.500	0.270
	Ca+FYM	6	4.10	0.151	0.137	0.574	0.299	51.9	79.9	5.64	35.6	6.94	< 0.500	0.240
	FYM	6	4.42	0.141	0.133	0.556	0.321	43.5	151.0	6.22	35.3	4.88	0.643	< 0.200

Table 5. Contents of elements in the straw expressed as mean values of replicates.
 Taulukko 5. Oljen alkuainepitoisuudet kerranteiden keskiarvoina.

Treatment	n	Ash %	% in dry matter				ppm in dry matter					
			Ca	Mg	K	P	Fe	Mn	Sr	Cu	Mo	
PKN	O	6	5.05	0.289	0.115	0.913	0.060	33.0	296.0	42.40	1.93	< 0.200
	Ca	6	5.34	0.303	0.136	0.858	0.064	39.4	159.0	30.40	1.58	< 0.200
	Ca+FYM	6	5.65	0.329	0.123	1.084	0.081	21.8	89.1	14.20	1.63	< 0.200
	FYM	6	5.41	0.314	0.116	1.073	0.073	23.1	197.0	22.50	1.85	0.290
PK	O	6	6.31	0.291	0.132	1.257	0.112	27.2	316.0	72.10	2.06	< 0.200
	Ca	6	5.81	0.328	0.158	1.144	0.129	24.0	110.0	17.90	1.37	0.230
	Ca+FYM	6	5.63	0.321	0.133	1.278	0.144	24.3	103.0	17.30	2.76	0.346
	FYM	6	6.66	0.303	0.140	1.321	0.158	31.2	320.0	33.90	2.74	0.375
PN	O	6	5.57	0.420	0.158	0.304	0.067	45.1	290.0	34.10	1.68	< 0.200
	Ca	6	5.81	0.414	0.221	0.343	0.089	38.5	138.0	21.90	1.01	0.260
	Ca+FYM	6	5.89	0.421	0.236	0.351	0.086	36.3	110.0	22.90	1.68	0.343
	FYM	6	5.72	0.425	0.193	0.367	0.082	41.5	301.0	32.80	2.33	0.330
KN	O	6	5.46	0.215	0.124	1.434	0.038	34.6	237.0	23.90	3.91	< 0.200
	Ca	6	5.67	0.258	0.130	1.480	0.041	19.2	74.4	6.20	2.48	0.230
	Ca+FYM	6	5.74	0.274	0.146	1.172	0.036	26.6	97.3	9.07	2.69	0.279
	FYM	6	5.52	0.250	0.140	1.193	0.037	20.0	231.0	22.20	2.74	0.257
O	O	6	5.64	0.270	0.151	0.591	0.040	46.3	299.0	15.40	3.20	< 0.200
	Ca	6	5.48	0.297	0.167	0.545	0.036	29.6	73.3	6.95	2.85	< 0.222
	Ca+FYM	6	5.92	0.326	0.188	0.629	0.065	31.9	106.0	10.50	2.89	0.377
	FYM	6	5.66	0.280	0.142	0.642	0.080	22.2	210.0	10.00	2.89	< 0.222

available to plants, and lowered the contents of these nutrients in plant material (Tables 3—5). When these nutrients are minimum factors anyway, only a small reduction in their contents is sufficient to bring about a reduction in yield. Liming has shown a favourable influence upon the availability of magnesium. Owing to the use of dolomite, the magnesium content of soil and of oat straw has increased.

Liming has had a very pronounced effect upon the contents of micronutrients and other trace elements in both soil and plant material. Amounts of readily soluble iron, manganese, zinc and molybdenum have shown statistically significant decreases. The contents of other heavy metals (Pb, Ni, Cu, Co, V) have fallen. Only the content of strontium has increased. The only surprising feature about these results is the fall in amounts of readily soluble molybdenum and vanadium with increasing pH. This arises from the fact that these elements follow iron when acid ammonium acetate is used as extractant. Evidently this extractant is not suitable for the estimation of plant available molybdenum in acid organogenic soils although SILLANPÄÄ and LAKANEN (1969) demonstrated that this extraction technique gives an estimate of the plant available Mo-fraction in mineral soils.

The plant analytical data show similar trends to those for soil. Decreases in Fe, Mn, Zn and Cu are statistically significant. Owing to the high contents of micronutrients in *Carex* peat and the acid reaction of the experimental field, these micronutrient contents do not represent cases of deficiency. Liming seems to have increased the plant Mo content as expected, though the results are not statistically significant.

The effect of manuring

The effect of farmyard manure is even stronger than that of lime, but is positive. ANTINEN (1959) has shown that manuring peat soil brings about a marked increase in yield. This is apparent from the results of Table 2. Examination of the soil analytical data (Table 3) reveals that the

positive effect of manure upon soil nutrient status is unmistakable. Increases in contents of Ca, K, P, Mn, Co, V and Mo are statistically significant. The contents of other elements also appear to have increased. The content of readily soluble iron has, however, decreased as indicated also by the results of plant analyses.

It was established on the basis of the plant analytical data (Tables 4—5) that manuring raised significantly the contents of Ca, Mg and P, and lowered those of Fe and Cu. As is well known, farmyard manure contains all the plant nutrients. On the other hand, this type of well-decomposed organic matter contains a high proportion of reactive groups which can chelate several of the heavy metals firmly, rendering them unavailable to plants. Fe and Cu chelates are known to be stable (eg. SCHEFFER and ULRICH 1960). On the whole, the effect of manure on soil nutrient status is rather favourable.

The effect of the combination of lime and manure

When considering the combined effect of liming and manuring both upon yields and on soil and plant nutrient contents, it is seen to be a compromise between liming alone and manuring alone. Liming lowers the nutrient contents and manuring raises them. This is also apparent from the yield-figures. The lime plus manure treatment has produced a higher yield than the lime, but smaller than the manure treatment.

Several points emerge from the soil analytical data (Table 3). The increases in calcium, magnesium and phosphorus contents proved statistically significant while amounts of soluble potassium, iron, manganese and molybdenum have fallen. The decrease in these soluble amounts is due to the increased soil sorption capacity brought about by the pH rise. Statistically significant changes can be established from the plant analytical data. Calcium, magnesium and phosphorus have increased, but iron, manganese and zinc have decreased. When considering the changes in nutrient contents

generally, it is evident that in the lime and manure combinations, the effect of liming in lowering nutrient uptake overrides that of manure in increasing it.

The effect of fertilizing

On the basis of the soil analytical data, it was established that, as expected, artificial fertilizing (PKN, PK, PN, KN) has had a greater effect upon macronutrients than upon micronutrients. Calcium derived from the phosphate fertilizer has shown significant increases in the PKN, PK and PN treatments. The amount of exchangeable magnesium seems correspondingly to have fallen, though this fall is not statistically significant except in the PKN plots. Amounts of potassium and phosphorus have naturally increased in response to their respective treatments, but potassium has dropped significantly in the PN plots. The amount of readily soluble iron has fallen as a result of all the fertilizer treatments, but manganese only in the PN plots. The content of readily soluble molybdenum, together with that of iron, has shown a significant fall in the PKN, PK and PN plots.

The fertilizer treatment has had a very marked effect upon nutrient contents of the plant material. In particular, the phosphorus treatment brought about changes in the mineral composition. In the KN treatments the changes were smaller. Several changes are revealed by the chemical and statistical analyses of the plant material. Phosphate fertilizing increased amounts of calcium in both the culms and the grain. The calcium content of the culms, however, has fallen in the KN treatment. The Mg content of both culms and grain has fallen as a result of artificial fertilizing. Potassium fertilizing has of course increased the potassium content of the plant. A sharp fall in amounts of potassium, particularly in the culms, is noticeable in the PN plots. The effect of phosphorus fertilizing is more clearly revealed from the results of grain- than of culm-analyses. The PKN, PK and PN treatments have brought about statis-

tically significant increases in P contents of the grain but the effect of PKN on the culms is not significant.

Phosphorus fertilizing reduced the iron content of grain and culms in the PK plots. This reduction also occurs in the KN plots. PK fertilizing, on the other hand, gave exceptional results in raising the iron content of the culms. Manganese is the only micronutrient whose content seems to have increased in response to artificial fertilizing. This increase is significant for the culms in the PK and PN treatments and for the grain in the PK treatment. Zinc analyses were done only on grain samples, in which its content fell as a result of phosphorus fertilizing. However, it can be established from the results of copper analyses that phosphorus fertilizing has lowered the copper contents of both culms and grain.

To summarize, by studying the effects of the long-term use of artificial fertilizer upon the nutrient status of the plant, it can be demonstrated that artificial fertilizing has increased amounts of plant macronutrients (Ca, K, P) applied but has decreased magnesium contents. As regards micronutrients, the long-term effect of fertilizing is negative. Phosphate fertilizing brought about significant decreases in amounts of iron, zinc and copper in the grain. This may be due both to the binding effect of phosphates on these trace elements, and to the depletion of trace element reserves as a result of increased yields.

Calcium-strontium ratio in soil and plant

The Ca/Sr ratio in the soil-plant system has been successfully studied with the aid of the tracer technique, or by following the amounts and behaviour of radiostrontium (Sr 89, Sr 90) in fallout. Investigation of the ratio of Ca/inactive Sr is not to be underestimated, however, and offers several advantages. Firstly, it is thus possible to utilize old field trials. Secondly the strontium to be analyzed is taken up by the plants wholly from the soils. In fallout studies the content of radiostrontium is increased by

Table 6. The average Ca/Sr ratios and discrimination of Sr in the treatments.
Taulukko 6. Keskimääräiset Ca/Sr-suhteet ja Sr:n diskriminointinumero koejäsenissä.

Treatment	n	Ca/Sr			Discrimination ratio Sr/Ca plant Sr/Ca soil = OR	
		soil	grain	straw	grain	straw
O	30	94	164	79	0.57	1.19
Ca	30	125	216	192	0.58	0.65
Ca + FYM ..	30	123	232	226	0.53	0.54
FYM	30	91	160	135	0.57	0.67
PKN	24	99	168	113	0.59	0.88
PK	24	94	153	88	0.61	1.07
PN	24	99	197	151	0.50	0.66
KN	24	138	235	163	0.59	0.85
O	24	132	216	274	0.61	0.48
Mean	120	109	188	127	0.58	0.86

foliar absorption of the above-ground parts of the plants. The Ca/Sr ratios given in Table 6 are presented here in order to complete previous Finnish investigations on the amounts and behaviour of inactive strontium in soils and plants (LAKANEN and SILLANPÄÄ 1967, 1969).

The results of soil and plant analyses are summarized as mean values of basic treatments and annual fertilizations. Every basic treatment includes every annual fertilization and vice versa. The Ca/Sr ratios are calculated on a weight basis in this paper. From the data presented in Tables 3—7 several conclusions can be drawn. Firstly, the fraction of exchangeable strontium is considerably high. This is in

agreement with previous findings in Finland (LAKANEN and SILLANPÄÄ 1967). Secondly, lime plus manure has increased the amount of exchangeable Sr although to a lower degree than that of Ca. Thirdly, the lime and lime plus manure treatments have increased the Ca/Sr ratio in soil. Lastly, P fertilization keeps the level of Sr rather high in the soil and decreases significantly the Ca/Sr ratio.

The calcium content of the straw is about twice as high as that of the grain, and the straw contains approximately three times as much Sr as the grain. Therefore, the Ca/Sr ratio of the grain is, on average, higher than that of the straw. It seems that Sr is transported to the grain with more difficulty than to the straw. Lime and the combination of lime plus manure increased the Ca/Sr ratio in the straw and grain. Manuring alone had the same effect on the straw. Phosphorus fertilizers lowered the Ca/Sr ratio of the plant.

The discrimination of strontium is given as OR-values (Observed Ratio) in Table 6. The OR-values of the grain vary very little, (0.50—0.61) in spite of the various treatments and fertilizers. The corresponding OR-values of the straw are higher on average and are subject to wider variations. As a whole the OR-values obtained in this study are somewhat lower and more favourable than reported in general (RUSSELL 1966). The experiment was carried out

Table 7. F-values given by the analyses of variance. F_A = basic treatment, F_B = fertilising.
Taulukko 7. Varianssianalyysin antamat F -arvot. F_A = peruskäsittely, F_B = lannoitus.

Element	Soil		Straw		Grain	
	F_A	F_B	F_A	F_B	F_A	F_B
Ca	17.5***	12.2***	3.5*	34.4***	10.9***	15.4***
Mg	79.9***	4.9**	5.4*	83.5***	3.8*	16.8***
K	53.3***	136.0***	0.3	145.6***	1.3	85.4***
P	21.1***	208.1***	14.2***	69.3***	9.1**	48.8***
Fe	65.0***	6.5***	27.2***	18.9***	10.3***	11.9***
Mn	34.5***	1.9	21.4***	8.9***	24.8***	29.7***
Zn	3.4*	0.1	—	—	6.3**	32.9***
Sr	2.4	126.0***	21.2***	55.0***	21.5***	36.0***
Pb	1.1	0.5	—	—	—	—
Ni	2.8	1.0	—	—	—	—
Cu	0.8	0.9	3.6*	15.4***	2.3	92.5***
Co	5.0*	2.0	—	—	—	—
V	14.6***	2.3	—	—	—	—
Mo	17.7***	6.1**	—	—	—	—
Ca/Sr	34.3***	145.4***	69.8***	33.6***	28.8***	27.7***

on organic soil, and organic substances are known to reduce the uptake of Sr. It also seems possible that the addition of organic material promotes this effect, even in organogenic soils.

Summary

Soil and plant samples from a long-term field experiment on *Carex* peat in Northern Finland were analyzed for macro- and micronutrients. Liming (pH 5.0—5.5) decreased yields of oats due to reduced uptake of potassium and phosphorus. The detrimental effect of liming occurred also in the combination lime plus manure. The availability of micronutrients was reduced by liming, not to a deficiency level, however.

The effect of manuring (120 tons/ha) was very beneficial. A clear yield increase was obtained reflected by increased macro- and micronutrient uptake. The effect of long-term fertilization (PKN, PK, PN, KN) on nutrient status of soil and plant was very pronounced. The plant uptake of Ca, K and P was increased. Phosphorus fertilizers, however, reduced the amounts of Fe, Zn and Cu in oat grains.

It is apparent that the detrimental effect of liming is due to the rise of soil pH from 5.0 to 5.5 the latter value representing the minimum of readily soluble phosphorus in organogenic soils. Therefore, these results do not apply to mineral soils and should not be generalized as such.

REFERENCES

- ANTTINEN, O. 1959. Saraturvesuon kalkitus- ja lannoituskokeen tuloksia. Referat: Ergebnisse eines Kalkungs- und Düngungsversuchs auf Seggentorfmoor. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 172: 1—32.
- KURKI, M., LAKANEN, E., MÄKITIE, O., SILLANPÄÄ, M. & VUORINEN, J. 1965. Viljavuusanalyysien tulosten ilmoitustapa ja tulkinta. Summary: Interpretation of soil testing results. Ann. Agric. Fenn. 4: 145—153.
- LAKANEN, E. 1961. A method of determination of inorganic components of plants. Agrogeol. Publ. 77: 1—26.
- 1962. On the analysis of soluble trace elements. Ann. Agric. Fenn. 1: 109—117.
- & SILLANPÄÄ, M. 1967. Strontium in Finnish soils. Ibid. 6: 197—207.
- & — 1969. Soil factors affecting the calcium strontium ratio in plants. Ibid. 8: 273—280.
- , SILLANPÄÄ, M., KURKI, M. & HYVÄRINEN, S. 1970. Maan viljavuustekijäin keskinäiset vuorosuhteet maa-lajeittain. Summary: On the interrelations of pH, calcium, potassium and phosphorus in Finnish soil tests. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 42: 59—67.
- MURRMANN, R. P. & PEECH, M. 1969. Effect of pH on labile and soluble phosphate in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 205—210.
- PEARSON, R. W. 1958. Liming and fertilizer efficiency. Agron. J. 50: 356—362.
- PUUSTJÄRVI, V. 1956. On the factors resulting in uneven growth on reclaimed treeless fen soil. Acta Agric. Scand. 6: 45—46.
- RUSSELL, R. S. 1966. Radioactivity and human diet. 552 p. Pergamon Press.
- SALONEN, M. & TAINIO, A. 1961. Kalilannoitusta koskevia tutkimuksia. Summary: Investigations on potash fertilization. Results of field trials with different rates of potash. Carried out in the years 1932—59. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 185: 1—60.
- SCHAEFFER, F. & ULRICH, B. 1960. Humus und Humusdüngung. 266 p. Stuttgart.
- SILLANPÄÄ, M. & LAKANEN, E. 1969. Trace element contents of plants as a function of readily soluble soil trace elements. J. Sci. Agric. Soc. Finland 41: 60—67.
- THOMPSON, L. M. 1957. Soils and soil fertility. 339 p. New York.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Agrogeol. Publ. 63: 1—44.

SELOSTUS

Turvemaan kalkituksen ja pitkäaikaisen lannoituksen vaikutus maan ja kasvin ravinnetilaan

ESKO LAKANEN

Maatalouden tutkimuskeskus, Maantutkimuslaitos ja Isotooppilaboratorio
Tikkurila

Pohjois-Pohjanmaan koeasemalla suoritettiin vuosina 1926—68 saraturvesuon kalkitus- ja lannoituskoe. Tämän »Ruukin ison lannoituskokeen» tuloksia on ANTTINEN (1959) käsitellyt yksityiskohtaisesti. Tulokset osoittivat mm., että kalkitus (pH 5.0—5.4) alensi merkitsevästi kaurasatoja. Kun tällainen kalkituksen haitallinen vaikutus oli sekä yllättävää että vastoin omaksuttuja käsityksiä, päätettiin maa- ja kasvinäytteistä suorittaa yksityiskohtaiset pää- ja hivenravinneanalyysit, joiden tuloksia ja merkitystä tarkastellaan esillä olevassa tutkimuksessa.

Näytteenottovuoden (1963) kaurasadot esitetään taulukossa 2. Kalkituksen aiheuttama jyväsadon aleneminen oli peräti 29 %, kun se aikaisempien koevuosien mukaan oli ollut 14 %. Maa- ja kasvianalyysien (taulukot 3—5) tarkastelu sekä tulosten varianssianalyysi (taulukko 7) toivat esille seuraavaa:

Kalkituksen vaikutus

Syy sadon alenemiseen on aivan ilmeisesti kalin ja fosforin puute. Kenttäkokeen vuotuinen K-lannoitus on ollut alhainen ja tiedetään varsin hyvin, että kalkitus saattaa eräissä tapauksissa alentaa kasveille käyttökelpoisen kalin määrää tai vaikeuttaa kalin ottoa tai että molemmat ilmiöt esiintyvät samanaikaisesti. Viljavuusanalyysin mukaan maan kalitilanne on huono tai huononlainen. Kauran jyvän ja erityisesti korren kalipitoisuudet ovat liian alhaisia. Viime vuosina on eri tutkimuksissa toistuvasti todettu, että happamien eloperäisten maiden kalkituksesta aiheutuu aluksi helpoliukoisen fosforin määrän alenemista. Tämä liukoisuusminimi esiintyy pH 5.5:n paikkeilla ja se on ollut tässäkin kokeessa vaikeuttamassa kasvin fosforin saantia, mikä ilmenee myös analyysituloksista.

Kalkituksella on ollut erittäin selvä vaikutus maan ja kauran mikroravinteiden ja muidenkin hivenaineiden määrään. Maan helpoliukoisen raudan, mangaanin, sinkin ja molybdeenin määrät ovat alentuneet tilastollisesti merkitsevästi. Muidenkin raskasmetallien (Pb, Ni, Cu, Co, V) pitoisuudet ovat alentuneet. Kauran Fe, Mn, Zn ja Cu-pitoisuudet ovat vähentyneet tilastollisesti merkitsevästi. Saraturpeen runsaista mikroravinnepitoisuuksista ja alhaisesta pH:sta johtuen nämä ravinnepitoisuudet eivät edusta puutetapauksia.

Karjanlannan vaikutus

on vieläkin voimakkaampi kuin kalkituksen, mutta positiivinen. Maan Ca, K, P, Mn, Co, V ja Mo -pitoisuudet ovat lisääntyneet merkittävästi, kasvin Ca, Mg ja P -arvot ovat nousseet, mutta Fe ja Cu -pitoisuudet alentuneet.

Kalkki ja karjanlanta yhdessä

Kalkituksen ravinteiden ottoa alentava vaikutus on voimakkaampi kuin karjanlannan ravinteita lisäävä teho. Maa-analyyseista ilmenee seuraavaa: Kalsiumin, magnesiumin ja fosforin pitoisuudet ovat kasvaneet merkittävästi kun taasen kaliumin, raudan, mangaanin ja molybdeenin liukoiset määrät ovat alentuneet. Kasvissa ovat kalsium, magnesium ja fosfori lisääntyneet, mutta rauta, mangaani ja sinkki vähentyneet.

Väkilannoituksen vaikutus

Magnesiumia lukuun ottamatta on väkilannoitus lisännyt odotetusti maan pääravinnepitoisuuksia. Lannoituksella on ollut sangen selvä vaikutus kasvimateriaalin kivennäisainekoostumukseen. Fosfaattilannoitus on lisännyt sekä korren että jyvän kalsiumin määrää. Korren kalsiumin pitoisuus on kuitenkin pienentynyt KN -käsitelyllä. Sekä korren että jyvän Mg -pitoisuus on alentunut väkilannoituksen vaikutuksesta. Poikkeuksen muodostaa PN -lannoitus, joka on lisännyt pelkän korren Mg -pitoisuutta. PN -ruuduilla havaitaan voimakas kaliumin määrän aleneminen etenkin korressa.

Tiivistelmä

Pitkäaikaisen lannoituksen vaikutuksesta kasvin ravinnetilaan voidaan todeta, että väkilannoitus on lisännyt niiden makroravinteiden määrää (Ca, K, P), joita kasveille on lannoitteiden mukana annettu, mutta vähentänyt magnesiumin pitoisuutta. Mikroravinteiden kohdalla on lannoitteiden vaikutus ollut suunnaltaan negatiivinen. Fosfaattilannoitus on merkittävästi alentanut raudan, sinkin ja kuparin määrää jyvässä.

THE EFFECT OF RATE OF LEYS AND INTENSITY OF NITROGEN DRESSING IN DIFFERENT CROP ROTATIONS II

Results obtained in the years 1958—69 in a rotation trial established on clay soil at Tikkurila in 1952

MARTTI SALONEN

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

Received 3 August 1971

Results of the crop rotation trial started on a loamy clay soil at Tikkurila in 1952 have been reported in three previous articles (SALONEN 1963, SALONEN 1967 a and b). A third four-year rotation has now been completed, and the results are reported here.

Design of the rotation trial

The object of the trial has been to obtain data on the success of cereals in rotations comprising different rates of ley and on the importance of the rate at which nitrogen fertilizer is applied.

In the trial the years 1952—57 were a period of transition and preparation, and their yields are of little interest. Incidentally, the yields during these years were very much alike, irrespective of treatment. This indicates the uniformity of the trial field.

In 1958 the plots were split up for two levels of nitrogen dressing. Since then, the trial rotations and fertilizer rates have been maintained unchanged throughout the 12-year period 1958—69 with which this report is concerned.

The crops can be divided into two groups: a) test crops, which are the same in all rotations,

A without ley	Trial rotation			Nitrochalk kg/ha		difference N ₂ -N ₁
	B 25 % ley	C 50 % ley		level N ₁	level N ₂	
a) Test crops						
1 rye	rye	rye	autumn	50	100	50
			spring	100	200	100
2 spring wheat sown with ley	spring wheat sown with ley	spring wheat sown with ley		0	100	100
b) Treatment crops						
3 peas- oats	1st- year ley	1st- year ley		0	100	100
4 barley	barley	2nd- year ley		100	200	100
Total in 4 years				250	700	450

and b) treatment crops, which cause the differences between the rotations.

No farmyard manure was used in the trial. Annual rates of phosphorus and potash fertilizers were the same in all the treatments: superphosphate for rye and spring wheat at 400 kg/ha, and for other crops at 200 kg/ha; and a 60 % potash salt for all crops at 160 kg/ha.

Soil of the trial field

The soil of the trial field is loamy clay and is only mediocre, for, in spite of its good humus content, it has a tendency to pack and harden, and this impairs its physical qualities. As the soil characteristics have been discussed previously (SALONEN 1967 a, pp. 65—66), only the differences found will be discussed here.

After the harvest in autumn 1969, soil samples were taken from all the plots. The plant nutrient contents determined by the acid ammonium acetate method were roughly the same as in 1965 (SALONEN 1967 a, p. 65), except for a slight rise in the phosphate numbers, so there has apparently been no exhaustion of plant nutrients. There were only slight differences between the different treatments. Magnesium determinations were now made for the first time in this field. The average magnesium (Mg) content was 360 mg/l of soil, and the range was 315—400 mg/l. There were no real differences between the different treatments.

The humus content of the soil was determined as organic carbon content (ALLISON 1960). In an earlier paper (SALONEN 1967 a, p. 66) mention was already made of the difficulties of determining the soil humus (or organic carbon) content in fields where different crops have been grown in different plots. The different contents and nature of plant material in all stages of humification make comparisons difficult and the results uncertain. To avoid this, the soil samples were taken yearly and always after the same crop. The results in per cent of C from the different rotations are:

	Soil samples taken			
	after rye		after spring wheat	
	n	% C	n	% C
Rotation A, without ley	8	3.64±0.287 ¹⁾	6	3.62±0.223 ¹⁾
Rotation B, 25 % ley	8	4.04±0.120	6	4.13±0.204
Rotation C, 50 % ley	8	4.04±0.295	6	3.82±0.412

¹⁾ Standard deviation

The carbon content of the soil is significantly lower in rotation A than in the other rotations.

Cultural practices

The trial plots are rather large, 150 m², and are so arranged that the normal cultural practices are possible with the help of a tractor and the other usual implements. The number of replicates is two.

For each crop the variety used in the trial was the same as that grown on the farm of the Agricultural Research Centre (in recent years the rye Voima, the spring wheat Svenno, the barley Pomo, the oat Pendek and the pea Kalle).

The autumn of 1957 was very wet, and it was impossible to sow rye on the clay soil; consequently, oats were sown in spring 1958 in place of rye. In the autumn of 1968 the rye sprouted poorly owing to the severe drought, and the shoots were further weakened during the winter; so once again rye was replaced with oats in spring. In autumn 1968 one of the replicates of first-year ley in rotation C, which should have remained undisturbed until the following year, was ploughed up by mistake. An attempt was made to put this right by sowing Italian rye grass, but this failed owing to drought.

Weather conditions during the growing seasons 1958—69

The weather conditions for the period 1 May—30 September in the successive growing seasons were as follows:

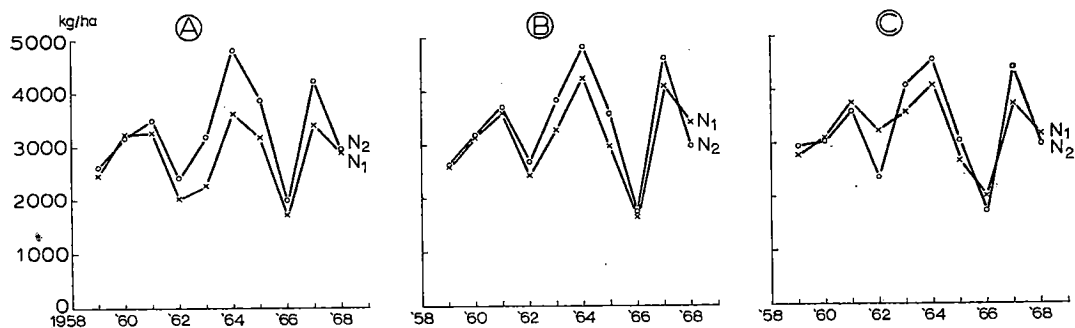


Fig. 1. Annual grain yields of rye at nitrogen fertilizer rates N_1 and N_2 in 1959—68, kg/ha (15 % moisture)

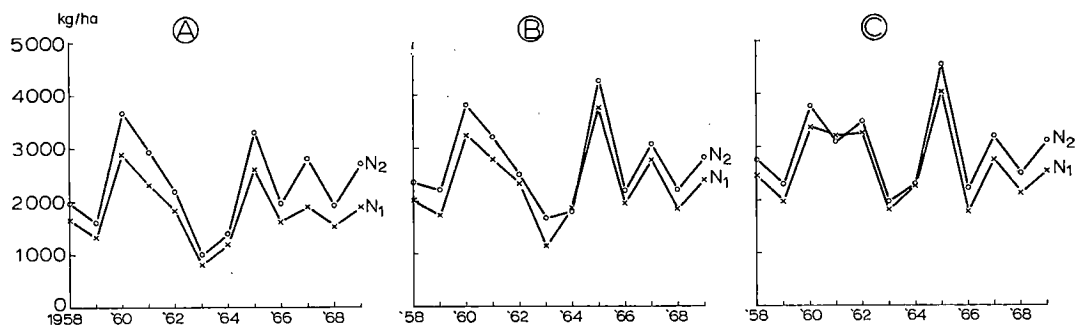


Fig. 2. Annual grain yields of spring wheat at nitrogen fertilizer rates N_1 and N_2 in 1958—69, kg/ha (15 % moisture)

Year	General weather conditions	Deviation from the 1921—50 average		
		Tem- perature °C	Day-degree summation of temperature above +5°	Precipitation mm
1958	fairly favourable ...	-0.7	-103	58
-59	warm, dry	0.7	112	-147
-60	very favourable	1.0	150	120
-61	favourable	0.3	50	-10
-62	cloudy, cold	-1.7	-252	115
-63	warm, dry	1.7	260	-45
-64	warm, dry	0.0	8	-121
-65	cloudy, cool	-0.4	-66	18
-66	dry	0.4	71	-89
-67	warm, dry	0.8	287	-24
-68	dry	0.3	91	-29
-69	dry	0.4	120	-63

Yield results 1958—69

The annual results are only presented graphically (Figs. 1—5), and the averages for the whole period of 12 years in kg/ha are shown in Table 1 and those for 4-year rotations in ry/ha in Table 2 (ry = Scandinavian fodder unit = 1 kg of rye, wheat, barley or peas, 1.2 kg of oats, all at 15 % moisture content; 1.87 kg dry matter of clover or 2.04 kg dry matter of timothy).

Table 3 shows the significances of the differences between the 12-year averages. Comparing the 12-year averages with the corresponding 8-year values (SALONEN 1967 a, p. 70), one can see that the significances have generally increased, owing, of course, to the greater number of years.

Discussion

Yields. Tables 1 and 2 show that the yields of the cereals have been fairly good, but those of the leys poor. These two features are characteristic of loamy clay soils in southern Finland.

The trends in the yield levels during the trial years. Table 2 gives the yields of different crops as averages of 4-year rotations, and Figures 1—5 show the annual yields. The general impression is that the yields have declined. In rye the trends calculated from annual results suggest a slight rise, but for spring wheat the yields are unaltered. If, instead, the calculation is based on the average yields of all crops (in ry/ha), the trends are clearly downward except in rotation

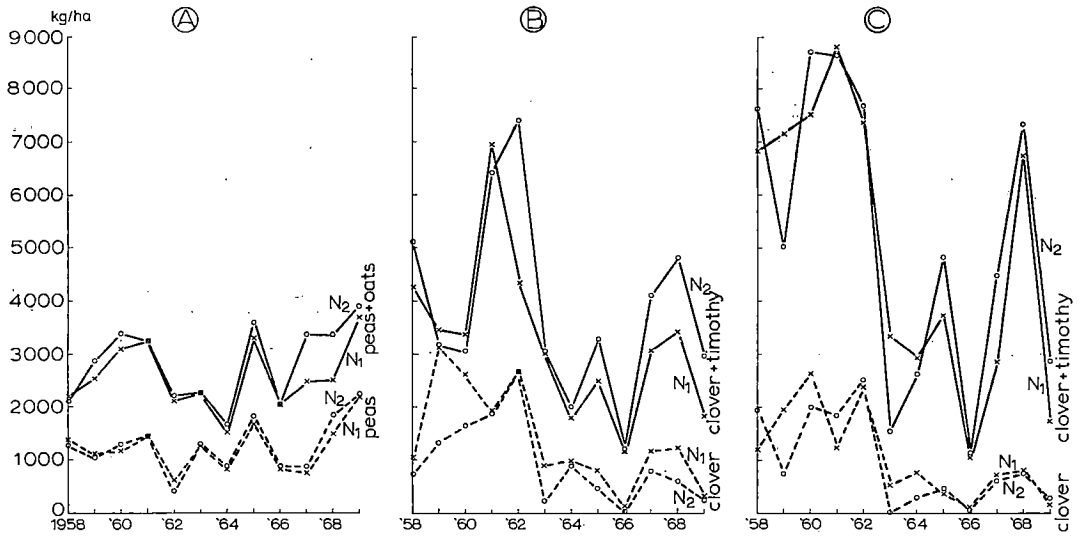


Fig. 3. Annual grain yields of peas-oats (15 % moisture) in rotation A, and 1st year ley, clover and clover + timothy (dry matter) in rotations B and C, kg/ha

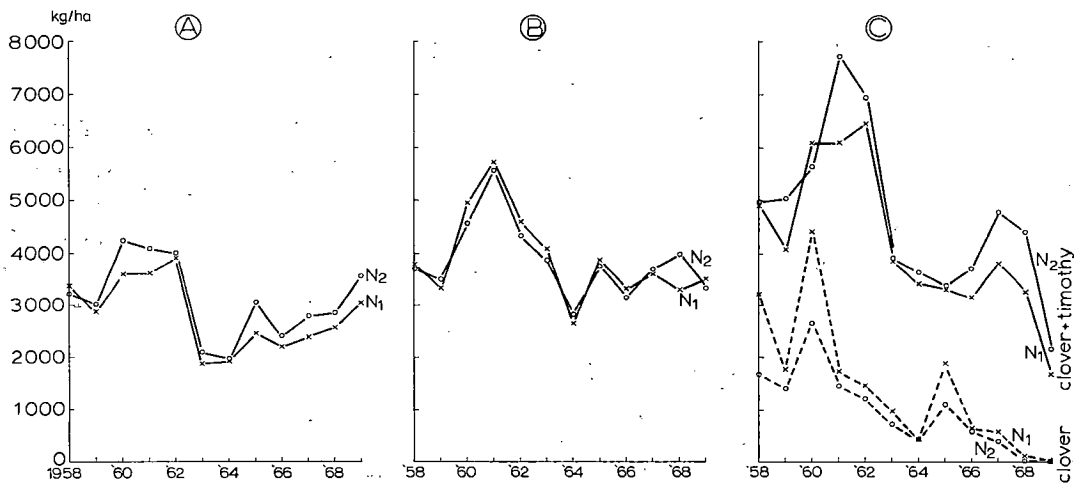


Fig. 4. Annual grain yields of barley (15 % moisture) in rotations A and B, and 2nd year ley, clover and clover + timothy (dry matter) in rotation C, kg/ha

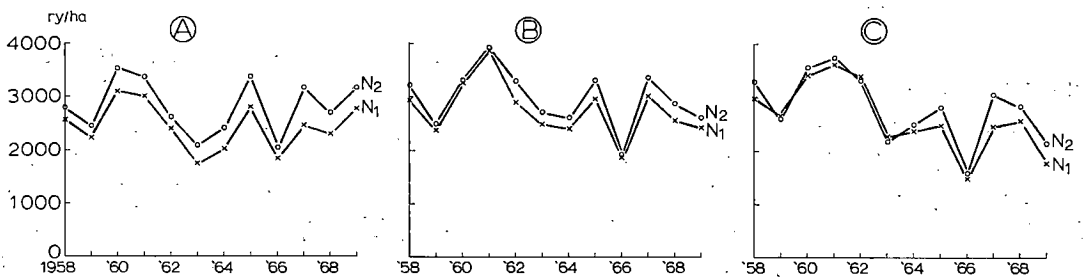


Fig. 5. Annual average yields of all crops, ry/ha (1958 and —69 oats instead of rye)

Table 1. Average yields and standard deviations for the entire experimental period

	A without ley		B 25 % ley		C 50 % ley	
	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
Test crops						
1 Rye (1959—68), 15 % moisture, kg/ha	2 808±648	3 274±853	3 134± 780	3 380± 940	3 206± 619	3 276± 899
2 Spring wheat 15 % moisture, kg/ha	1 803±590	2 303±799	2 322± 722	2 680± 792	2 630± 705	2 938± 757
Treatment crops						
3 Peas-oats, 15% moisture, kg/ha						
peas	1 249±485	1 285±515				
oats	1 337±400	1 553±519				
total	2 586±588	2 838±677				
1st year ley, dry matter, kg/ha						
clover			1 420± 959	964± 776	1 082± 830	978± 866
timothy			1 842±1 279	2 931±1 346	1 870±1 401	2 288±1 199
aftermath			—	—	2 063±1 412	1 948±1 488
total			3 262±1.505	3 895±1 790	5 015±2 710	5 214±2 800
4 Barley, 15 % moisture, kg/ha	2 815±693	3 112±751	3 893± 846	3 862± 722		
2nd year ley, dry matter, kg/ha						
clover					1 456±1 312	1 000± 764
timothy					2 696±1 176	3 621±1 400
total					4 152±1 490	4 621±1 640
All crops, average, ry/ha	2 456±440	2 826±508	2 764± 522	2 978± 530	2 625± 646	2 809± 637

A, nitrogen level N₂. The only statistically significant downward trend, however, is for rotation C, nitrogen level N₁.

The weather conditions during the growing seasons of 1960 and 1961 were especially favourable, but the latter part of the 12-year trial period was very dry. These reasons, however, are hardly enough to explain the fall in yield level. Figures 3 and 4 show that, apart from the great fluctuations, there has also been a distinctly unfavourable trend in the yields of leys. The proportion of clover in ley yields is shown separately, and it is easy to see the catastrophic decline that, beginning in 1963, has led to the total failure of clover by the end of the period in question. The downward trends of the clover yields in 2nd year leys are significant at both fertilizer levels in rotation C. A fall in the proportion of clover

in ley yield has invariably been associated with nitrogen dressing, but the decline has been the same even without nitrogen fertilization. Rotations B and C evidently contained too much clover. This is suggested by the fact that the unfavourable trend was most rapid in rotation C, in which the proportion of leys was highest.

Obviously, the poor success of the leys and the failure of the clover were the main causes of the decline in the average crop yields.

The contributions of the various crops to the average yields of the different rotations can be calculated if use is made of the ry (fodder unit see p. 205). The proportions of the different crops are given as percentages in Table 4 separately for each 4-year rotation and for the entire experimental period of 12 years.

Table 2. Average yields of different crops during 4-year periods ry/ha

	A without ley		B 25 % ley		C 50 % ley	
	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
1 Rye, grain, rotations A, B and C						
1959—61 3 year	2 987	3 093	3 107	3 173	3 207	3 200
1962—65 4 »	2 780	3 570	3 220	3 735	3 390	3 510
1966—68 3 »	2 667	3 060	3 047	3 113	2 960	3 040
1959—68 10 year	2 808	3 274	3 134	3 380	3 206	3 276
2 Spring wheat, grain, rotations A, B and C						
1958—61	2 060	2 555	2 450	2 900	2 750	2 985
1962—65	1 610	1 990	2 275	2 565	2 840	3 070
1966—69	1 740	2 365	2 240	2 575	2 300	2 760
1958—69	1 803	2 303	2 322	2 680	2 630	2 938
3 Peas-oats, grain, peas + oats, rotation A; 1st year ley, 1. cut, clover + timothy, rotation B; 1st year ley, 1. cut, clover + timothy and 2. cut aftermath, rotation C						
1958—61	2 516	2 637	2 293	2 238	3 922	3 877
1962—65	2 100	2 218	1 482	1 975	2 239	2 140
1966—69	2 473	2 882	1 192	1 629	1 590	2 005
1958—69	2 363	2 580	1 655	1 947	2 584	2 674
4 Barley, grain, rotations A and B; 2nd year ley, 1. cut, clover + timothy, rotation C						
1958—61	3 365	3 650	4 445	4 335	2 713	2 938
1962—65	2 535	2 785	3 805	3 700	2 084	2 111
1966—69	2 545	2 900	3 430	3 550	1 481	1 865
1958—69	2 815	3 112	3 893	3 862	2 093	2 305
Average all crops (1958 and 1959 oats instead of rye)						
1958—61	2 748	3 045	3 123	3 232	3 160	3 304
1962—65	2 256	2 641	2 696	2 994	2 638	2 708
1966—69	2 360	2 791	2 472	2 706	2 076	2 416
1959—69	2 456	2 826	2 764	2 978	2 625	2 809

Table 3. Significances according to F-test of differences of yield results, 1958—69

	Rotations	Years	Rotations × years	Nitrogen levels	Interactions		
					Rotations × nitrogen levels	Years × nitrogen levels	Rotations × years × nitrogen levels
Test crops							
1 Rye	*	***	ns	***	***	***	***
2 Spring wheat	***	***	ns	***	*	*	ns
Treatment crops							
3 Peas-oats (peas + oats)	—	***	—	***	—	ns	—
1st year ley (clover + timothy)	***	***	ns	***	ns	***	*
4 Barley	***	***	***	**	***	ns	ns
2nd year ley (clover + timothy)	—	***	—	*	—	ns	—
Average of all crops	***	***	***	***	***	***	ns

Table 4. The contributions of the various crops, as percentages, to the average ry-yield of the rotation and whole 12 years period

	A		B		C	
	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
1 Rye						
Years 1958—61 (58 oats)	28	27	26	27	26	26
» 1962—65	31	34	30	31	32	26
» 1966—69 (69 oats)	28	27	29	29	30	30
Whole period 1958—69	29	29	29	29	30	30
2 Spring wheat						
Years 1958—61	19	21	20	22	22	23
» 1962—65	18	19	21	21	27	23
» 1966—69	19	21	21	23	25	26
Whole period 1958—69	18	20	21	23	25	26
3 a Peas-oats						
Years 1958—61 peas	11	11				
oats	11 22	11 22				
» 1962—65 peas	12	11				
oats	11 23	10 21				
» 1966—69 peas	15	13				
oats	11 26	13 26				
Whole period 1958—69 peas	13	11				
oats	11 24	12 23				
3 b 1st year ley						
Years 1958—61 clover			9	6	7	7
timothy			9	11	10	10
aftermath			— 18	— 17	14 31	12 29
» 1962—65 clover			7	5	5	7
timothy			7	12	8	10
aftermath			— 14	— 17	8 21	12 29
» 1966—69 clover			7	4	6	4
timothy			8	12	9	10
aftermath			— 15	— 16	10 25	9 23
Whole period 1958—69 clover			7	4	6	4
timothy			8	12	9	10
aftermath			— 15	— 16	10 25	9 23
4 a Barley						
Years 1958—61	31	30	36	34		
» 1962—65	28	26	35	31		
» 1966—69	27	26	35	32		
Whole period 1958—69	29	28	35	32		
4 b 2nd year ley						
Years 1958—61 clover					12	7
timothy					9 21	15 22
» 1962—65 clover					6	7
timothy					14 20	15 22
» 1966—69 clover					7	5
timothy					13 20	16 21
Whole period 1958—69 clover					7	5
timothy					13 20	16 21

Table 5. Standard deviations of yields of different crops as percentages of the mean value or coefficient of variation

	A		B		C	
	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
1 Rye (10 yields)	23	26	25	28	19	27
2 Spring wheat	33	35	31	30	27	26
3 Peas-oats: peas	39	40				
oats	30	33				
sum	25	26				
1st year ley: clover			68	80	77	89
timothy			69	46	75	52
aftermath			—	—	68	75
sum			46	46	53	54
4 Barley	25	24	22	19		
2nd year ley: clover					90	76
timothy					44	39
sum					36	36
Average of all crops	18	18	19	18	25	23

Among the test crops the proportion of rye (oats instead of rye in 1958 and 1969) was clearly above the theoretical value of 25 % the whole time, and showed a tendency to rise. The proportion of spring wheat was below 25 % but revealed a tendency to rise in some cases. Thus in rotation C the proportion of spring wheat has reached 25 % in recent years or even exceeded it, but it must be borne in mind that at the same time the yields of the leys have steadily declined.

Concerning the treatment crops it can be seen that the proportion of peas and oats (rotation A) especially of the former has constantly increased, which is probably partly due to the improved cultivation technique (control of animal pests) and partly to the favourable weather conditions for peas in recent years. The proportion of barley (rotations A and B) has been much above 25 % but has shown a tendency to decline. The proportion of ley crops (rotations B and C) has declined throughout, while the contributions of other crops have increased. If the aftermath (rotation B) is excluded, the yields of 1st-year leys were very small in the early years of the trial and declined still further over the years. Only if the aftermath is included (rotation C) is the yield of the 1st-year ley comparable with that of the other crops, and the 2nd-year ley resembles the 1st-year ley.

Annual fluctuations of yields. According to the diagrams in Figures 1—5, the annual fluctuations were large. The standard deviations of the average yields have been calculated as percentages, variation coefficients, for the exact expression of the fluctuations (Table 5).

When the variation coefficients calculated from the results of the first 8 years (SALONEN 1967 a, p. 73) are compared with those of the 12 years, there are seen to be some changes in the figures. The variation coefficients for rye have increased but those for spring wheat have decreased. This means that the fluctuation in the added annual yields has been greater with respect to rye and smaller with respect to spring wheat than in the earlier years. This can be seen in Figures 1 and 2. The differences between the different rotations remained roughly the same. The fluctuations were highest in rotation A, diminishing in rotation B and especially in rotation C. In peas and oats and in barley the variation coefficients remained about the same, while for leys they rose. In comparison with the data presented in the earlier paper (SALONEN 1967 a, p. 73), the variation coefficients are slightly smaller in rotation A but greater elsewhere, especially in rotation C. These latter features are largely due to the failure of the leys and can certainly not be considered to apply generally in cases in which the success of leys is normal.

Table 6. The effect of an increased rate of nitrogen dressing

	Dif- ference N_2-N_1	Yield increase N_2-N_1 ry			Yield increase ry/kg N		
		A	B	C	A	B	C
Years 1958—61							
1 Rye (58 oats)	37.5	305	150	170	8.1	4.0	4.5
2 Spring wheat	25.0	495	450	235	19.8	18.0	13.4
3 Peas-oats: peas	25.0	1			4.8		
oats		120	121				
1st year ley: clover	25.0		-421	- 59	11.4	- 2.2	- 1.8
timothy ..			345	100			
aftermath .			— 56	— 86— 45			
4 Barley	25.0	285	—110				
2nd year ley: clover	25.0			-533	10.5	3.9	5.1
timothy ..				757 224			
Average of all crops	28.2	297	109	144	10.5	3.9	5.1
Years 1962—65							
1 Rye	37.5	790	515	120	21.0	13.7	3.2
2 Spring wheat	25.0	380	290	230	15.2	11.6	9.2
3 Peas-oats: peas	25.0	10			4.7		
oats		108	118				
1st year ley: clover	25.0		-145	-101	10.0	19.7	- 4.0
timothy ..			638	84			
aftermath .			— 493	— 83—100			
4 Barley	25.0	250	—105				
2nd year ley: clover	25.0			-149	13.7	10.6	2.5
timothy ..				176 27			
Average of all crops	28.2	385	298	70	13.7	10.6	2.5
Years 1966—69							
1 Rye (69 oats)	38.6	332	46	102	8.6	1.2	2.6
2 Spring wheat	25.8	625	335	460	24.0	13.0	17.8
3 Peas-oats: peas	25.8	97			15.8		
oats		312	409				
1st year ley: clover	25.8		-160	- 5	13.8	17.3	16.1
timothy ..			597	431			
aftermath .			— 437	— 11 415			
4 Barley	25.8	355	120				
2nd year ley: clover	25.8			- 42	14.9	8.1	11.7
aftermath .				426 384			
Average of all crops	29.0	431	234	340	14.9	8.1	11.7
Whole experimental period 1958—69							
1 Rye (58 and 69 oats) ..	37.8	476	237	131	12.6	6.3	3.5
2 Spring wheat	25.2	500	358	308	19.8	14.2	12.2
3 Peas-oats: peas	25.2	36			8.6		
oats		181	217				
1st year ley: clover	25.2		-242	- 55	11.8	11.6	3.6
timothy ..			533	205			
aftermath .			— 291	— 60 90			
4 Barley	25.2	297	— 31				
2nd year ley: clover	25.2			-242	13.0	7.5	6.5
timothy ..				453 211			
Average of all crops	28.4	370	214	184	13.0	7.5	6.5

Raising the nitrogen fertilization level from N_1 to N_2 did not reduce the annual fluctuations of the yields.

The effect of nitrogen dressing on different crops in different rotations. The only crops grown without nitrogen fertilizer in this trial were spring wheat, peas and oats and the 1st-year ley at the level N_1 . It is possible to calculate the effect of nitrogen fertilization on these. In other cases it is only possible to calculate the effect of an increase in nitrogen dosage, *i.e.* the difference $N_2 - N_1$ (p. 203). Figures 1—5 give some idea of the effects of various rates of nitrogen dressing during successive years and of its omission. Table 6 shows the effects in ry for each 4-year rotation and for the total period of 12 years. The first column gives the difference between the two rates of nitrogen. During the third rotation (1966—69) the nitrogen content of the nitrochalk employed was raised from 25 to 26 % but the amounts of nitrochalk per hectare were not changed.

The nitrogen dressing had the most favourable and least variable effect on rotation A, which was without ley, and the more ley a rotation contained the smaller and more variable was the benefit derived from nitrogen. During the experimental period the effect of nitrogen increased, this being most noticeable in rotation A. The unfavourable trend in the growth of the leys, and especially in the growth of clover, certainly promoted the effect of nitrogen in rotations B and C. Thus in rotation B even barley showed some response to a higher rate of nitrogen dressing.

Spring wheat responded better to nitrogen than did the other crops, even in rotation C. One of the reasons for the good response of spring wheat to the nitrogen dressing may be that in these crop rotations wheat was the crop most distant from the ley. With added nitrogen fertilizer rye produced good results in rotation A but less good results in the other rotations, which contained ley.

The yield increases per kg of nitrogen were on average good in rotation A and fair in the other rotations.

Nitrogen dressing as a counterbalance to the drawbacks of cultivation without ley

One of the chief objects of the present study was to obtain information about the relation between the type of crop rotation, especially the proportion of leys in it, and the rate of nitrogen dressing on clay soil. The aim was to show whether by increasing the rate of nitrogen dressing it is possible to offset the drawbacks of rotations without leys.

Relevant information can be obtained, for instance, by comparing the results of the leyless rotation A receiving nitrogen at rate N_2 with those of the ley-containing rotations receiving nitrogen at rate N_1 . The comparison increases in reliability with the number of annual results on which it is based. The direction of the trends during the experimental years can shed additional light upon the question.

From the data obtained in the present trial it is possible to make various comparisons, the most important and clearest certainly being between rotation A (without ley), nitrogen level N_2 , and rotation C (maximum ley), nitrogen level N_1 , which can be expressed as $AN_2 - CN_1$. A comparison of the annual results of the test crops rye, spring wheat and the average yields of all the crops can be seen in Figures 6—8. Table 7 shows these comparisons as average yields of the 4-year rotations.

However large the annual fluctuations may be, it seems quite clear that, in a leyless rotation receiving abundant nitrogen, rye thrives as well as or even better than it does in a rotation with ley but with only a low rate of nitrogen fertilizer.

Spring wheat seems to differ from rye, in that a higher rate of nitrogen dressing, at least during the first two 4-year rotations, did not offset the drawbacks of leyless cultivation. During the third 4-year rotation the situation seems to have rectified itself, but the improvement may have been temporary. The negative difference $AN_2 - CN_1$ was especially great during the rotation of 1962—65, this being due to the take-all (*Ophiobolus*) disease that was rampant in the years 1962—64. Rotation A was badly hit, rotation B

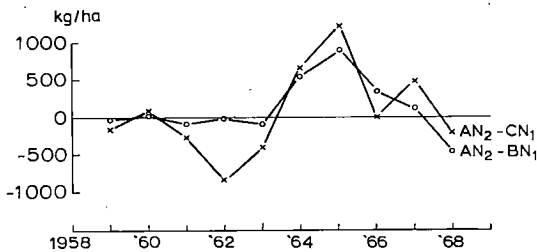


Fig. 6. Comparison of grain yields of rye obtained in ley-less rotation A at nitrogen level N_2 with the yields in the ley-containing rotations B and C at nitrogen level N_1 , kg/ha

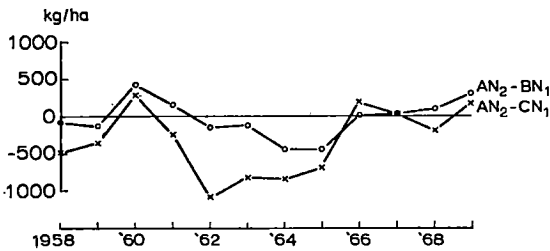


Fig. 7. Comparison of grain yields of spring wheat obtained in rotation A at nitrogen level N_2 with the yields in rotations B and C at nitrogen level N_1 , kg/ha

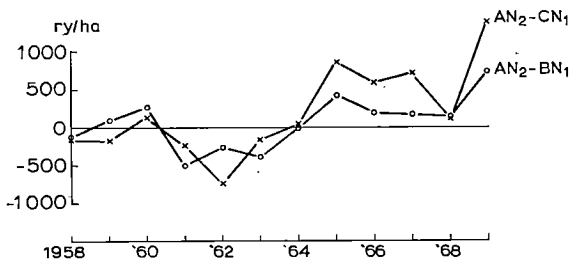


Fig. 8. Comparison of average yields of all crops in rotation A at nitrogen level N_2 with the yields in rotations B and C in nitrogen level N_1 , ry/ha

was less affected, and rotation C escaped with far less damage. The level of nitrogen fertilization caused no observable difference. Later, the disease disappeared, even though no steps were taken to control it.

Table 7. Comparisons between the yields obtained in the three rotations (A, B, C) at the two nitrogen levels (N_1 , N_2)

	Differences		
	AN_2-BN_1	AN_2-CN_1	BN_2-CN_1
Rye (kg)			
years 1959—61 ..	— 14	—114	— 34
» 1962—65 ..	350	180	345
» 1966—68 ..	13	100	153
» 1959—68 ..	140	68	174
Spring wheat (kg)			
years 1958—61 ..	105	—195	150
» 1962—65 ..	—285	—850	—275
» 1966—69 ..	125	65	275
» 1958—69 ..	— 19	—327	50
Average of all crops (ry)			
years 1958—61 ..	— 78	—115	72
» 1962—65 ..	— 55	3	356
» 1966—69 ..	319	715	630
» 1958—69 ..	62	201	353

Comparison of the average yields of all the crops strongly suggests that a leyless cultivation method with a high rate of nitrogen dressing can give yields at least as good as a ley-containing rotation with scanty nitrogen fertilizer.

Abstract of results

The results of the trial, although not as clear-cut and distinct as could be wished, can be taken to show that on clay soils, in the conditions of southern Finland, omission of ley from a rotation is not bound to lead to failure, provided that sufficient nitrogen is applied. The only crop at risk seems to be spring wheat, on account of its susceptibility to plant diseases.

REFERENCES

- ALLISON, L. E. 1960. Wet combustion apparatus and procedure for organic and inorganic carbon in soil. *Soil Sci Soc. Amer. Proc.* 24: 36—40.
- SALONEN, M. 1963. Nurmen määrän merkitys ja typpilannoituksen vaikutus erilaisissa viljelykierroissa. Summary: The effect of rate of leys and nitrogen fertilization in different rotations. *Maatal. ja Koetoim.* 17: 60—72.
- 1967 a. The effect of rate of leys and intensity of nitrogen dressing in different crop rotations. *Ann. Agric. Fenn.* 6: 63—76.
- 1967 b. Nurmen määrän merkitys ja typpilannoituksen vaikutus erilaisissa viljelykierroissa II. Summary: The effect of leys and nitrogen fertilization in different rotations II. *Maatal. ja Koetoim.* 21: 26—33.

SELOSTUS

Nurmen määrän ja typpilannoitustason vaikutus erilaisissa viljelykierroissa II

Vuosina 1958—69 saadut tulokset 1952 alkuun pannusta viljelykiertokokeesta savimaalla Tikkurilassa

MARTTI SALONEN

Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, Tikkurila

Vuonna 1952 alkuun pantua viljelykiertokoetta savimaalla Tikkurilassa on vuosina 1958—69 hoidettu alkuperäisen suunnitelman mukaan. Kun kokeeseen vuodesta 1970 alkaen on tehty olennaisia muutoksia (palkokasvit on jätetty pois, typpilannoitusta on lisätty), on katsottu tarpeelliseksi selostaa koko 12 vuoden ajan tulokset yhtenäisesti siitä huolimatta, että aikana 1958—65 saadut tulokset on selostettu jo aikaisemmin. Tärkeimpinä tuloksina voidaan mainita lyhyesti seuraavaa:

Keskimäärin on satotaso kokeessa ollut lähellä vastaavanlaisen maan satotasoa Etelä-Suomessa.

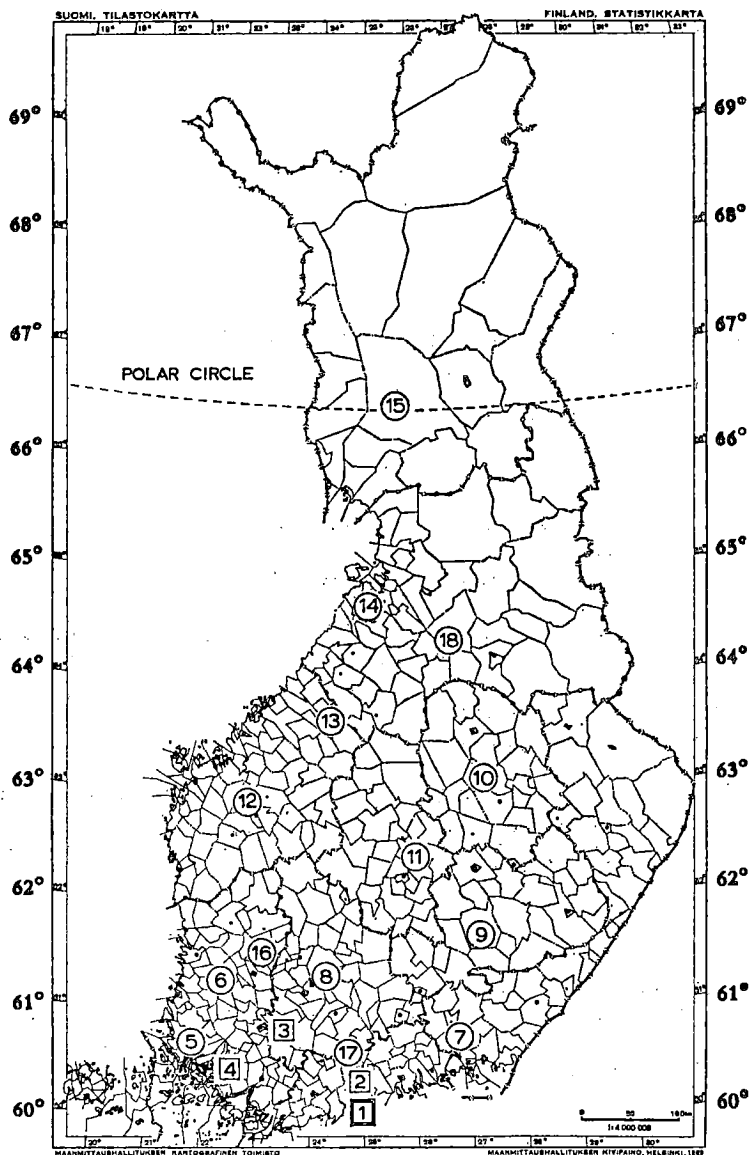
Vaikka vuotuisvaihtelu vaikeuttaakin tarkastelua on todennäköistä, että testikasvien (kaikille koekierroille yhteiset kasvit, joiden kohdalla voidaan parhaiten tehdä vertailuja), rukiin ja keväthevän, satotasot ovat pysyneet suunnilleen muuttumattomina koko 12 vuoden ajan (kuvat 1 ja 2, taulukot 1 ja 2). Sen sijaan kaikkien kokeessa mukana olleiden kasvien keskisadoissa (ry/ha, kuva 5) on aleneminen nurmea sisältävissä kierroissa B ja C jokseenkin selvä. Siihen on varmastikin vaikuttanut koejakson loppupuolen vähäsateisuus (ks. s. 205), mutta kuvista 3 ja 4 nähdään myös, miten nurmien sadot ja varsinkin apilan osuudet niissä ovat vuosien kuluessa jyrkästi laskeneet. Nurmea sisältävissä kierroissa on ilmeisesti yritetty viljellä apilaa liian usein.

Eri viljelykasvien luontainen satotaso (ry/ha) voi olla erilainen, minkä johdosta niiden osuus koko viljelykierron antamasta kokonaissadosta voi olla muu kuin osuus viljelyalasta. Näitä osuuksia eri ajoilta esitetään taulukossa 4. Erityisesti on aihetta kiinnittää huomiota siihen, että keväthevnäsadon osuus on yleensä jäänyt alle pinta-alan mukaisen 25 %:n, mutta päässyt lähimmäksi sitä eniten nurmea sisältäneessä C-kierrossa.

Koe voi antaa tietoja eri viljelytapojen vaikutuksista satojen vuotuisvaihteluun. Sitä on tässä mitattu vaihtelukertoimella, taul. 5. Testikasveista vain keväthevnässä tulee viljelytavan vaikutus näkyviin vaihtelukertoimien suuruudessa. Nähdään, että keväthevnä on antanut tasaisimmat sadot nurmea sisältävissä kierroissa. Muista mukana olleista kasveista vaihtelukertoimet ovat nurmen kohdalla erittäin korkeat. Tämä johtaa siihen, että kaikkien kasvien keskisadoissa vaihtelukertoimet ovat olleet korkeimmat eniten nurmea sisältävässä kierrossa. Typpilannoituksen lisääminen ei ole vähentänyt satojen vuotuisvaihtelua.

Kaikissa kierroissa on typen vaikutus lisääntynyt tarkasteltavan ajan kuluessa (taul. 6). Selvästi paras se on ollut nurmettomassa A-kierrossa. Yksityisistä kasveista on keväthevnä antanut typpilannoituksesta korkeimmat tulokset.

Kokeen päätarkoituksena on ollut tietojen saaminen typpilannoituksen lisäämisen vaikutuksesta yksipuolisessa, nurmettomassa viljelyssä verrattuna eri määriä nurmea käsittäviin viljelytapoihin. Asiaan saadaan valaisua esim. vertaamalla toisiinsa nurmettomassa kierrossa runsaalla typpilannoituksella saatuja tuloksia (merk. AN₂) ja nurmea sisältävissä kierroissa vähällä typpilannoituksella saatuja tuloksia (merk. BN₁ ja CN₁). Näitä vuosittaisia eroja on esitetty kuvissa 6—8 ja eri jaksoilta taulukossa 7. Tärkein ja selvin on ero AN₂—CN₁. Nähdään, että rukiin kohdalla on nurmettomassa viljelyssä päästy runsaalla typpilannoituksella hyviin tuloksiin, mutta ei keväthevän kohdalla.



DEPARTMENTS, EXPERIMENT STATIONS AND BUREAUX 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; Isotope Laboratory, Office for Plant Protectants (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. (VATIA) — 12. South Ostrobothnia Agr. Exp. Sta. (PELMA) — 13. Central Ostrobothnia Agr. Exp. Sta. (LAITALA) — 14. North Ostrobothnia Agr. Exp. Sta. (RUUKKI) — 15. Arctic Circle Agr. Exp. Sta. (ROVANIEMI) — 16. Pasture Exp. Sta. (MOUHIJÄRVI) — 17. Pig Husbandry Exp. Sta. (HYVINKÄÄ) — 18. Frost Research Sta. (PELSONSUO)

SISÄLLYS — CONTENTS

MÄNTYLÄHTI, V. & MARJANEN, HELVI. Tuorerehunurmen lannoitus	153
Summary: Fertilization of leys for silage	172
HEINÄMIES, H. & SEPPÄNEN, E. Morphological, physiological and pathogenic properties of potato scab in Finland	174
Selostus: Perunarupea aiheuttavien sädesienien ominaisuuksista	180
MÄRKKULA, M. & LAUREMA, S. The phytotoxemia caused by <i>Trioza apicalis</i> Först. (Hom., Triozidae) on carrot	181
Selostus: Porkkanakemпин aiheuttamasta vioituksesta porkkanassa	184
PUTTONEN, RAUHA. Spriding of soft rot (<i>Erwinia carotovora</i> (Jones) Holl.) in hyacinth bulbs	184
Selostus: Valkobakterioosin leviäminen hyasintin sipulissa	187
SÄKÖ, J. & HIIRSALMI, H. 'Brödtorp'-mustaherukkatyyppjä	188
Summary: Types of 'Brödtorp' black currant	193
LAKANEN, E. The effects of liming and long-term fertilizing upon the nutrient status of peat soil and mineral composition of plant material	194
Selostus: Turvemaan kalkituksen ja pitkäaikaisen lannoituksen vaikutus maan ja kasvin ravinnetilään	202
SALONEN, M. The effect of rate of leys and intensity of nitrogen dressing in different crop rotations. II. Results obtained in years 1958—69 in a rotation trial established at Tikkurila on clay soil in 1952	203
Selostus: Nurmen määrän merkitys ja typpilannoituksen intensiteetin vaikutus erilaisissa viljelykiertoissa II. Vuosina 1958—69 saadut tulokset 1952 alkuun pannusta viljelykierto- kokeesta savimaalla Tikkurilassa	214