

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

PAIKALLISKOETOIMISTON TIEDOTE N:o 14

Jukka Kaseva ja Sylvi Soini:

- POHJOIS-SUOMEN NURMITUHOTUTKIMUKSEN KOETULOKSIA
VUOSINA 1976-1979

JOKIOINEN 1981

ISSN 0356-7621

Maatalouden tutkimuskeskus (MTTK)
PAIKALLISKOETOIMISTON TIEDOTE N:o 14

Jukka Kaseva ja Sylvi Soini
POHJOIS-SUOMEN NURMITUHOTUTKIMUKSEN KOETULOKSIA VUOSINA 1976-1979

	sivu
Johdanto	1
Koeaineisto ja menetelmät	2
Koetulokset	6
Sinkki-fosforikoe	6
Sadot	6
Kivennäisainepitoisuudet	9
Kalkki-sinkki-boorikoe	14
Sadot	14
Kivennäisainepitoisuudet	15
Nousevien sinkkimäärien koe	20
Sadot	20
Kivennäisainepitoisuudet	21
Kalkitus-hivenlannoituskoe	25
Sadot	25
Kivennäisainepitoisuudet	26
Tarkastelu	32
Kalkituksen ja koelannoituksen vaikutus maahan	32
Kalkituksen ja koelannoituksen vaikutus satoihin	33
Tiivistelmä	37
Kirjallisuutta	37

JOHDANTO

Hivenravinteet boori, kupari, mangaani, molybdeeni, rauta ja sinkki ovat kasveille välttämättömiä. Hivenravinteiden puutteen syntyminen ja esiintymiseen vaikuttavat kasveilla useat tekijät vuorovaikutuksineen. Tärkeimpiä näistä ovat maaperä- ja ilmastosuhteet sekä ihmisen maaperään kohdistamat toimenpiteet. Mahdollinen puutteen syntyminen voitaisiin usein ennaltaehkäistä tutkimalla maaperä ja selvittämällä kasvien ravinnetarve.

Tiedot hivenaineiden vaikutuksesta kasvien talvehtimiseen ovat vähäiset. NISSISEN (1970) kokeissa mangaani, kupari ja rikki edistivät lumihomeella saastutetun englantilaisen raiheinän säilymistä. Näiden, samoinkuin muidenkin hivenaineiden, vaikutus riippui suuresti kasvualustan pH:sta. Taka-Lapissa suoritetuissa kokeissa eivät hivenaineet (Cu, Mn, Zn ja Mo) lisänneet apilan viihtyvyyttä (POHJAKALLIO ja SALONEN 1956). Pohjois-Pohjanmaan turve- ja multamailla sitä vastoin boorilannoitus lisäsi apilasatoa huomattavasti parantuneen talvehtimisen ansiosta (KÖYLIJÄRVI 1959).

Fosforin on todettu useissa kokeissa parantavan talvenkestävyyttä lisäämällä vararavinnon ja vesiliukoisten proteiinien määrää (WANG ym. 1953). Fosforilla on havaittu olevan tärkeä merkitys talvituhosieniresistenssin muodostumisessa (EKSTRAND 1953). NISSISEN (1970) mukaan fosforilannoituksella yksin oli suotuisa vaikutus Fusarium nivale-resistenssiin.

Kalkitus on vaikuttanut kasvien talvituhosienien kestoon positiivisesti. Tämä johtuu osaltaan siitä, että kalkitussa maassa fosfori muuttuu liukenevaan muotoon (EKSTRAND 1953, NISSINEN 1970). Kasvien menestymisen kannalta on tärkeää, että lannoitus on monipuolinen, jotta ne kehittyvät vahvoiksi ennen talven tuloa. Myös karaistuminen voi estyä, jos jostakin tärkeästä ravinteesta on puutetta.

Tämä tutkimus käsittelee Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamia Pohjois-Suomen nurmituhot projektin puitteissa suoritettuja paikalliskokeita. Koesuunnitelmat (a, b, d) laati projektin nurmien lannoitustutkimuksia selvittävä työryhmä, johon kuuluivat: A. Jaakkola, H. Hakkola, E. Huokuna, H. Marjanen ja H. Tähtinen. Koesuunnitelmien toteutuksesta paikalliskokeina ja c koesuunnitelman laatimisesta vastasi maisteri Helvi Marjanen kuten myös maa- ja satonäytteiden tutkimisesta.

Koesuunnitelmien mukaisen lannoituksen vaikutuksia Pohjois-Suomen nurmien satoihin ja sadon kivennäisainepitoisuuksiin on pyritty selvittämään eri niitokerroilla, eri maalajiryhmissä ja kolmivuotisen koejakson aikana. Muutokset maan ravinnepitoisuuksiin sekä näiden vaikutus sadon kivennäisainekoostumukseen olivat myös tutkimuksen kohteena.

KOEAINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus käsittää neljä erillistä koesarjaa:

- a. Sinkki-fosforikoe
- b. Kalkki-sinkki-boorikoe
- c. Nousevien sinkkimäärien koe
- d. Kalkitus-hivenlannoituskoe

Koesuunnitelmat toteutettiin pääosin 3-vuotisinä paikalliskokeina Pohjois-Suomessa. Koeryhmä d:n kokeet sijaitsivat Lapin, Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Pohjois-Savon koeasemilla. Koekaavat ja käytetyt lannoitemäärät ilmenevät taulukosta 1. Kokeissa käytettiin yksiravinteisia lannoitteita, jotka sisältävät hivenaineita, mutta eivät kuitenkaan booria, kuparia ja sinkkiä (mahdollisesti epäpuhtauksina). Superfosfaatti sisältää 12 % rikkiä, sinkkisulfaatti 11 % ja kuparisulfaatti 13 % sekä hiukan rautaa. Rikillä saattaa olla oma merkityksensä koetuloksiin, jota ei kuitenkaan selvitetty.

Suunnitelmien mukainen koelannoitus tehtiin nurmen perustamisen yhteydessä keväällä. Lannoitteet levitettiin käsin pintaan ja mullattiin äestämällä. Seuraavina vuosina kaikki koejäsenet saivat saman lannoituksen.

Kokeet suoritettiin neljällä kerranteella ja ruutukoko oli 50 m². Koekasvina oli timotei ja koe pyrittiin aloittamaan nurmen perustamisen yhteydessä siten, että kaikki lannoitteet ensimmäistä satoa varten levitettiin ennen muokkausta.

Koeryhmien a ja b kokeet aloitettiin vuosina 1976 ja 1977, koeryhmä c:n vuosina 1977 ja 1978 ja koeasemien d ryhmän kokeet v. 1977.

Aineisto käsittää yhteensä 76 kokeen koetuloksia. Kokeiden lukumäärä ja niiden jakautuminen maalajiryhmiin ilmenee seuraavasta asetelmasta.

Taulukko 1. Koesarjoissa käytetyt koesuunnitelmat ja lannoitemäärät kg/ha.

Koe + koejäsen	Peruslannoitus				Koelannoitus				Uusintalannoitus				Odelmalle	
a. Sinkki- fosforikoe	Nos		K ₆₀	Blb	Psf	Zns	Blb	Cus	Nos	Psf	K ₆₀	Nös	K ₆₀	
1.	400		120	10					300	400	120	200	60	
2.	400		120	10	400				300	400	120	200	60	
3.	400		120	10		50			300	400	120	200	60	
4.	400		120	10	400	50			300	400	120	200	60	
b. Kalkki- sinkki- boorikoe	Nos	Psf	K ₆₀	Cus	Cad	Zns	Blb							
1.	400	400	120	50					400	400	120	200	60	
2.	400	400	120	50			10		400	400	120	200	60	
3.	400	400	120	50		50			400	400	120	200	60	
4.	400	400	120	50	4000				400	400	120	200	60	
5.	400	400	120	50	4000		10		400	400	120	200	60	
6.	400	400	120	50	4000	50			400	400	120	200	60	
c. Nousevien sinkkimäärien koe	Ykr	Cad	Blb	Cus		Zns		Ykr	Cad	Blb	Cus	Ytv		
1.	500	500	5	5				500	500	5	5	400		
2.	500	500	5	5		5		500	500	5	5	400		
3.	500	500	5	5		15		500	500	5	5	400		
4.	500	500	5	5		25		500	500	5	5	400		
d. Kalkitus- hivenlannoit- uskoe	Nos	Psf	K ₆₀		Cad	Zns	Blb	Cus	Nos	Psf	K ₆₀	Nos	K ₆₀	
1.	400	400	120						400	400	120	200	60	
2.	400	400	120				10		400	400	120	200	60	
3.	400	400	120			50	10		400	400	120	200	60	
4.	400	400	120				10	50	400	400	120	200	60	
5.	400	400	120			50	10	50	400	400	120	200	60	
1.	400	400	120		4000				400	400	120	200	60	
2.	400	400	120		4000		10		400	400	120	200	60	
3.	400	400	120		4000	50	10		400	400	120	200	60	
4.	400	400	120		4000		10	50	400	400	120	200	60	
5.	400	400	120		4000	50	10	50	400	400	120	200	60	

Psf = Superfosfaatti (P₂O₅ 20 %)

Nos = Oulunsalpietari (N 27,5 %)

K₆₀ = 60 % kalisuola

Zns = Sinkkisulfaatti (Zn 23 %)

Blb = Lannoiteboraatti (B 14 %)

Cus = Kuparisulfaatti (Cu 25 %)

Ytv = Tasaväkevä Y-lannos (15-15-15)

Ykr = Kalirikas Y-lannos (13-15-18)

Cad = Dolomiittikalkki

Koeryhmä	kokeita kpl	kivenn.maat	saraturve	rahkaturve
a.	18	7	6	5
b.	17	8	7	2
c.	37	10	24	3
d.	4	1	3	-

Kivennäismaiden ryhmään sisältyy lähes yksinomaan Pohjois-Suomen karkeita kivennäismaita.

Koekenttien sijainti koeryhmittäin ilmenee kuvasta 1.

Kokeista korjattiin ensimmäinen sato kuivaheinäasteella ja odelmasato syksyllä. Keväällä perustetuista kokeista saatiin ensimmäisenä koevuonna vain yksi sato. Niiton yhteydessä otettiin satonäyte koejäsenittäin.

Satonäytteistä MTTK:n isotooppilaboratoriossa määritettiin fosfori ja boori kolorimetrisesti sekä kalium, kalsium, magnesium, natrium, rauta, mangaani, kupari ja sinkki atomiabsorptiospektrofotometrisesti.

Maanäytteet otettiin keväällä koejäsenittäin ennen lannoitteiden levitystä.

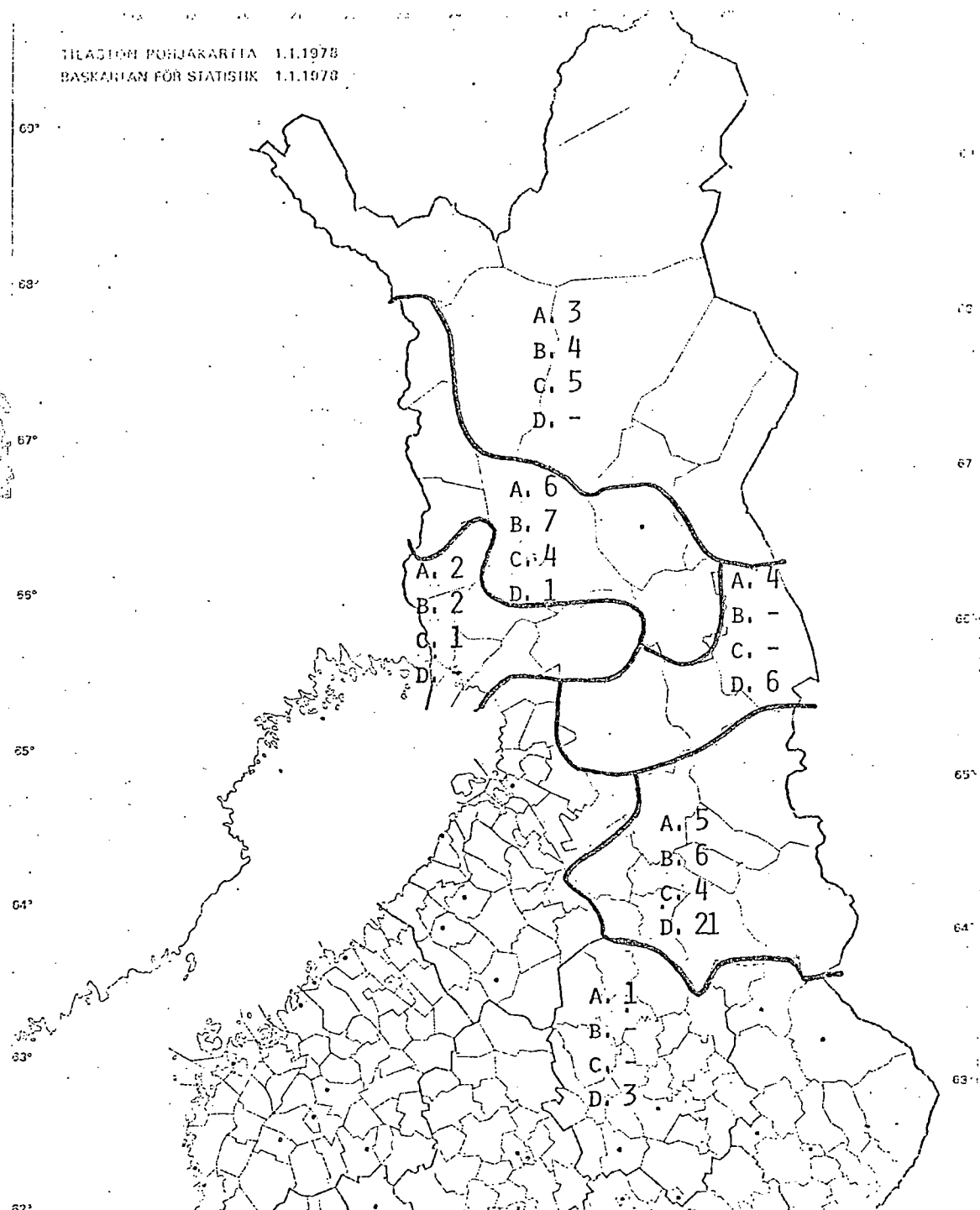
Maanäytteiden pääravinteet määritettiin MTTK:n maantutkimuslaitoksella ja hivenravinteet Viljavuuspalvelu Oy:ssä.

Koemaiden fosfori- ja magnesiumtilanne oli yleensä hyvä, muilta osin kentän viljavuustutkimus osoitti useimmiten vain välttäviä arvoja, taulukko 2.

Taulukko 2. Koemaiden pH:t ja ravinnepitoisuudet keskimäärin.

Koeryhmä	pH	mg/l									
		Ca	K	P	Mg	B	Cu	Mn	S	Zn	Fe
a.	5,2	970	89	13,2	228	0,6	7,0	12,1	11,3	12,5	5,9
b.	5,2	1040	77	11,5	222	0,6	13,9	10,8	20,1	8,8	4,2
c.	5,2	1145	90	17,7	245	0,4	10,5	-	12,5	7,5	3,0
d.	5,3	1190	88	18,5	244	0,4	5,9	-	32,7	17,6	-

Koetulosten tilastokäsittelyt on suorittanut Maatalouden tutkimuskeskuksen laskentatoimisto. Koetulostaulukoissa merkitsevät erot on ilmoitettu kirjaimin ja saman ryhmän luvut, joissa ei ole yhteistä kirjainta, poikkeavat toisistaan todennäköisyydellä $P = 0,95$.



Kuva 1. Koekenttien alueellinen sijainti koeryhmittäin.

SÄÄOLOT

Suurin osa kokeista perustettiin v. 1976, jolloin alkukesän kuivuus ja koleus ei erityisemmin suosinut nurmen kasvua. Kasvukausi v. 1977 oli aluksi kylmä muuttuen heinäkorjuu-aikaan myös sateiseksi. Kesä v. 1978 oli aluksi kuiva, mutta myöhemmin sadetta saatiin normaalisti. Vuonna 1979 kasvuolot olivat lämpötilan ja kosteuden osalta edulliset.

Sääsuhteitten merkitys kasvien talvehtimiseen on huomattava. Eniten talvituhoja oli keväällä 1977 pitkään jatkuneen paksulumisen talven jälkeen. Koealueet olivat tällöin ensimmäisen vuoden nurmia, joilla talvehtiminen yleensäkin on keskimääräistä epävarmempaa. Vähiten talvituhoja oli keväällä 1979. Kokonaisuutena ottaen koealueilla nurmet talvehtivat keskinkertaista paremmin. Koetuloksista olisi ehkä saatu enemmän irti, jos sääsuhteet olisivat olleet huonommat.

KOETULOKSET

a. Sinkki-fosforikoe

Sadot

Koeryhmä a:n kokeista punnittiin ja analysoitiin vain pääsato. Odelma sai typpi- sekä kaliumlannoituksen ja sato niitettiin syksyllä. Sinkki- ja fosforikoe-lannoitteet levitettiin koetta perustettaessa. Seuraavina keväinä kaikki koejäsenet saivat typpi-kalium- ja myöskin fosforilannoituksen.

Tässä kokeessa saatiin saraturvemaalla suurimmat sadot (taulukot 3, 5 ja 6), keskimäärin satoero oli kivennäismailla 470 kg/ha ja rahkaturpeilla 1300 kg/ha. Parhaat sadot saatiin ensimmäisen vuoden nurmesta, toisen vuoden sato oli keskimäärin 80 % ja kolmannen vuoden 91 % ensimmäisen vuoden sadosta.

Satotulokset osoittavat (taulukko 3), että kaikkina koevuosina fosforilannoituksen saaneet koejäsenet antoivat keskimäärin kivennäismaalla 17 %:n ja rahkaturpeella 26 %:n sadonlisäykset. Saraturpeilla, joilla koemaiden fosforitilanne oli paras (taulukko 4), lannoitefosforin jättäminen pois ensimmäisenä koevuotena alensi satoja keskimäärin vain 2 %.

Koko aineistossa kokeen perustamisvuonna annetun fosforin jälkivaikutus näkyi lisäsatoina ja oli keskimäärin toisena vuotena 7 %:n ja kolmantena 5 %:n suuruisen.

Taulukko 3. Koeryhmä a:n satojen lisäykset/vähennykset kg/ha peruslannoitetuun a-koejäseneseen verrattuna maalajeittain ja satovuosittain.

	Kokeita	Koejäsen			
		a	b	c	d
Koelannoitus		NKB	NKB+P	NKB+Zn	NKB+P+Zn
Kivennäismaa	19	4970	+ 870	- 140	+ 660
Saraturve	18	5690	+ 140	- 70	+ 330
Rahkaturve	15	3890	+1040	+ 380	+ 980
I-vuosi	18	5330	+1360	- 310	+1030
II-vuosi	18	4350	+ 300	+ 410	+ 520
III-vuosi	16	5110	+ 230	- 10	+ 280

Fosforilannoituksen vaikutuksia seuraamalla oli tarkoituksena selvittää, voitaisiinko Pohjois-Suomessa vähentää fosforilannoitusta nurmen perustamisen yhteydessä. Tiheä nurmen uusimistarve ja toistuva PK-lannoitus ei ole kuitenkaan koalueilla kohottanut maan fosforilukuja niin (taulukko 4), että voitaisiin koalueilla suositella fosforilannoituksen vähentämistä maa-analyysien eikä myöskään tämän kokeen satotulosten perusteella. Lähinnä fosforilannoituksen vähentäminen on mahdollista hyväkuntoisilla saraturvemailla.

Sinkkisulfaattilannoituksen (50 kg/ha) vaikutus satomääriin jäi vähäiseksi. Sadonlisäystä saatiin ainostaan rahkaturpeella olleissa kokeissa toisen vuoden nurmella. Sinkkilannoitus kohotti koemaiden sinkkipitoisuuksia (taulukko 4), jotka kokeen alussa olivat Viljavuuspalvelun tekemien muiden määritysten luokkaa vastaavilla maalajeilla ja pH-tasoilla, mutta kuitenkin viljavuustutkimuksen tulkintakaavion mukaan vain viljavuusluokkaa huono. Sinkkiä on eniten Hämeen läänissä ja Varsinais-Suomessa. Pohjois-Suomessa, etenkin turvemaissa, sinkkipitoisuudet ovat alhaiset (KURKI 1979).

Kun fosfori ja sinkki annettiin samanaikaisesti, saatiin keskimäärin samansuuriset sadonlisäykset kuin fosforilla yksinään. Karkeilla kivennäismailla, joilla sinkkipitoisuus on luontaisesti korkea, sinkkilannoitus jopa alensi satoja. Sinkin kuten myös raudan ja alumiinin on todettu vaikuttavan fosforin liukenevuuteen. Mainittujen pitoisuuksien ollessa korkeat fosfori on yleensä voimakkaasti sitoutunut varsinkin, jos maa on samalla hapanta (KURKI 1979). Maa-analyysitaulukosta 4 voidaan havaita tämänsuuntaista Zn/P-suhteen muuttumista varsinkin satovuosittain tarkasteltuna.

Taulukko 4. Maanäytteiden ravinnepitoisuudet koejäsenittain, maalajeittain ja satovuositain koko aineistossa.

	n	pH		mg/l							g/l				
		Jl	pinta	Ca	K	P	Mg	n	B	Cu	Mn	S	Zn	Fe	
Koejäsen															
a. NKB	43	1,4	5,3	5,1	1010	101	14,7	242	28	0,6	6,7	12,3	9,8	10,7	6,1
b. NKB + P	43	1,2	5,2	5,0	950	78	12,0	233	28	0,6	6,9	11,9	11,2	11,0	6,1
c. NKB + Zn	43	1,2	5,2	5,0	950	82	12,7	221	28	0,6	7,1	12,2	10,4	14,1	6,1
d. NKB + P + Zn	43	1,3	5,2	5,0	940	80	13,7	224	28	0,6	7,0	11,9	13,4	15,0	6,0
Maalaji															
kivennäismaa	64	1,3	5,9	5,8	1060	137	11,6	238	36	0,4	7,4	16,6	9,3	24,2	16,1
saraturve	60	1,3	4,8	4,7	1000	66	15,3	191	40	0,8	8,3	12,7	13,0	7,1	1,4
rakkaturve	48	1,2	5,0	4,5	820	54	13,0	262	36	0,6	5,3	9,3	11,3	6,8	0,7
Nurmen ikä															
1. v.	64	1,5	5,4	5,3	1010	104	16,2	210	52	0,4	6,9	11,4	8,0	10,6	8,4
2. v.	56	1,1	5,1	5,0	910	83	10,8	238	44	0,9	7,2	13,9	14,7	15,9	3,4
3. v.	52	1,2	5,2	5,0	980	76	12,4	241	16	0,7	6,5	11,4	15,4	12,2	4,2
Pohjamaanäytteiden ravinnepitoisuudet maalajeittain ja satovuositain.															
Maalaji															
kivennäismaa	11	0,7		6,0	760	79	2,3	227							
saraturve	10	1,3		4,7	1010	43	9,4	212							
rakkaturve	8	1,2		4,7	720	43	10,0	174							
Nurmen ikä															
1. v.	15	1,0		5,2	790	51	6,3	181							
2. v.	13	1,1		5,1	860	62	7,9	228							
3. v.	1	0,5		6,1	1100	70	1,4	320							

Koekentillä ei esiintynyt silmävaraisesti havaittavia talvehtimiseroja koejäsenten välillä. Fosforilannoituksen on yleensä todettu parantaneen talvenkestävyyttä. Korkea fosforipitoisuus voi toisaalta johtaa molybdeenin, sinkin ja raudan puutosoireisiin.

Kivennäisainepitoisuudet

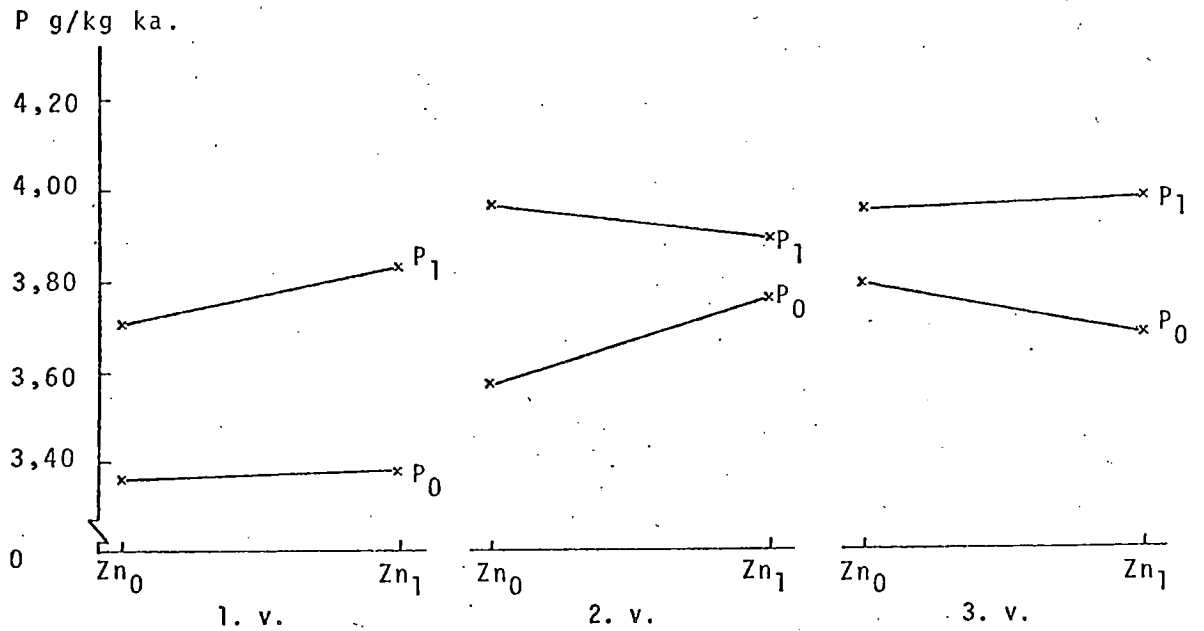
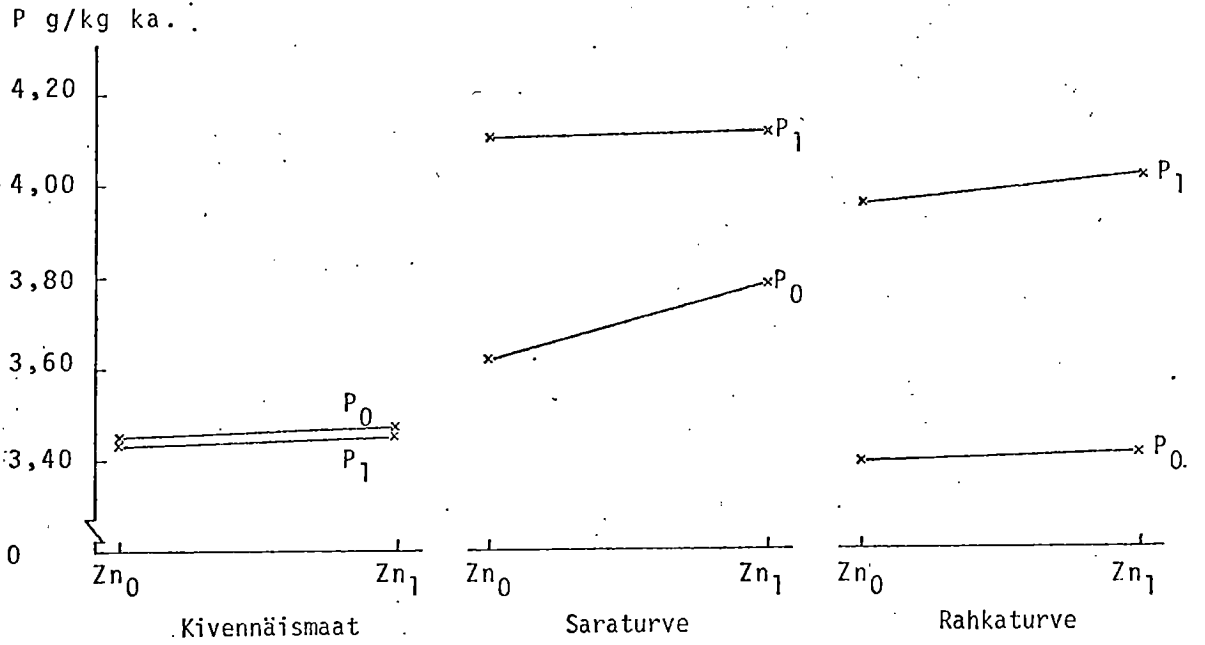
Koeryhmä a:n (sinkki-fosforikoe) satojen fosforipitoisuudet ilmenevät kuvasta 2 ja taulukoista 5 ja 6. Tarkastelu osoittaa sadon fosforipitoisuuden pysyneen eri koejäsenillä melko vakiona kivennäismailla, joilla fosforipitoisuudet niin maassa kuin kasvissakin olivat turvemaita alhaisemmat.

Eloperäisillä mailla fosforilannoitus kohotti timotein fosforipitoisuutta oleellisesti. Sadon fosforipitoisuuksien erot koejäsenten välillä eivät kuitenkaan muodostuneet tilastollisesti merkitseviksi kuten eivät myöskään maalajeittain ja satovuositain tarkasteltuna. Koealueiden ja vuosien väliset erot sadon fosforipitoisuuksissa olivat lähes samaa luokkaa ja fosforilannoituksen vaikutus jonkin verran suurempi.

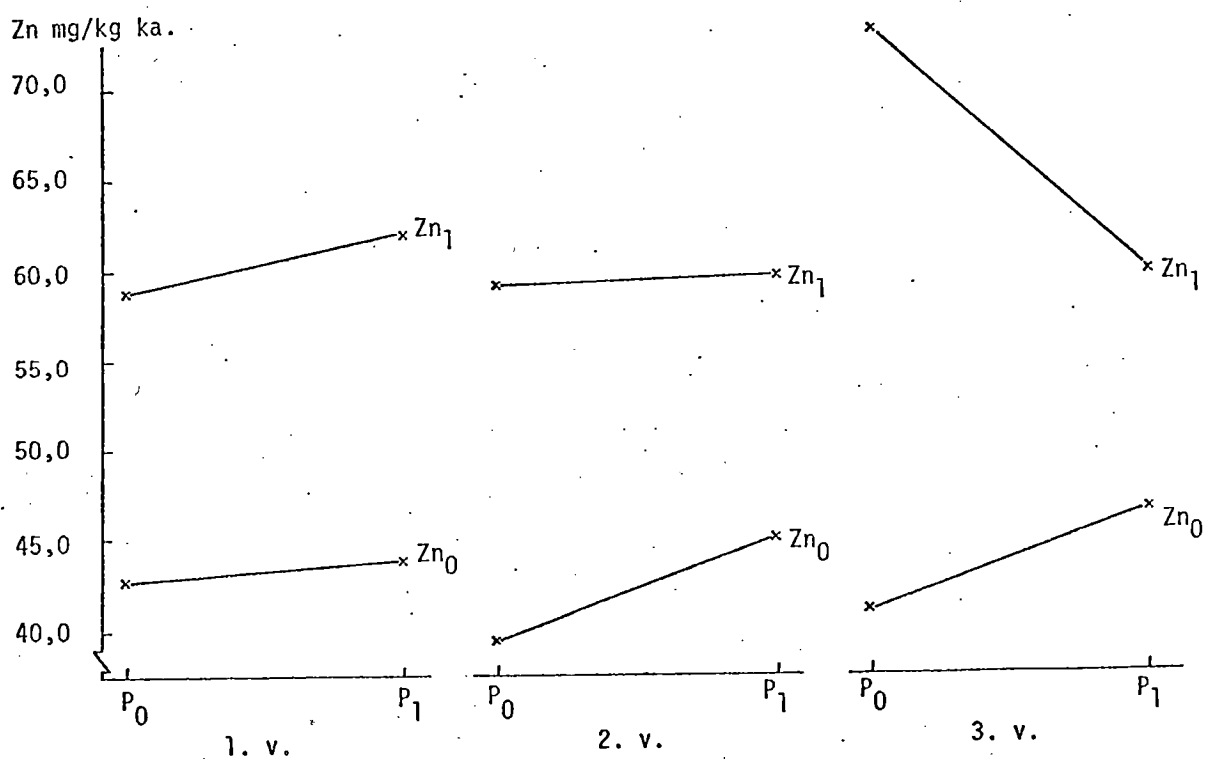
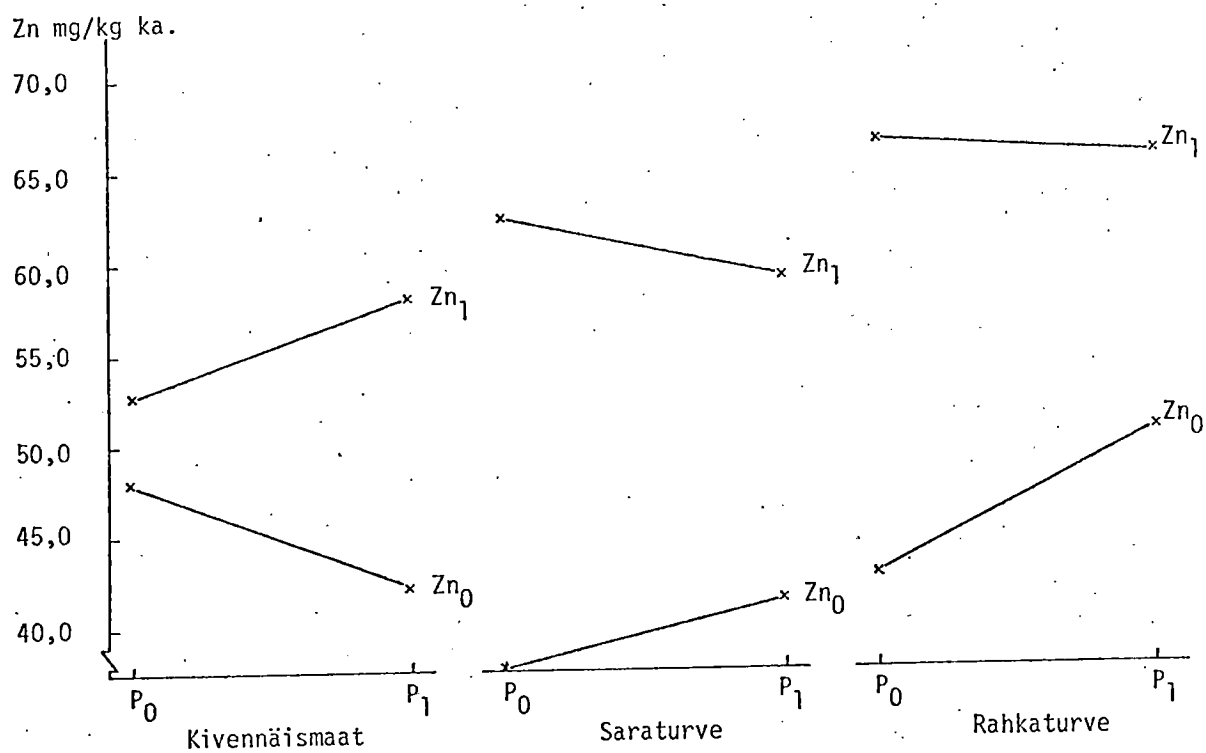
Sinkkisulfaattilannoituksella ei ollut selvää vaikutusta sadon fosforipitoisuuteen maalajeittain ja vuosittain tarkasteltuna (kuva 2). Joka vuosi fosforia saaneiden koejäsenten (P_1) fosforipitoisuudet olivat korkeat ja kohosivat nurmen iän mukaan, vaikka maa-analyysi näytti toisena ja kolmantena koevuotena alhaisempia liukoisen fosforin arvoja kuin kokeen perustamisvuonna.

Maan fosforipitoisuus ei korreloinut merkitsevästi koko aineistossa sadon makroravinteiden kanssa. Rahkaturpeella, jolla fosfori vaikutti parhaiten, maan fosforipitoisuuden noustessa sadon kalsiumin pitoisuus pieneni ($r = -0,46^{**}$) ja kaliumin ($r = -0,50^{***}$).

Lannoituksen, maalajin ja vuosien vaikutus sadon sinkkipitoisuuteen ilmenee kuvasta 3 ja taulukoista 5 ja 6. Sinkkisulfaattilannoitus (50 kg/ha) kokeen perustamisvuonna kohotti voimakkaasti sadon sinkkipitoisuutta kaikilla maalajeilla, joskin erot muodostuivat merkitseviksi vain turvemaiden ryhmissä. Sadon sinkkipitoisuuden vaihtelut maalajeittain ja vuosittain olivat hyvin samaa luokkaa. Sinkkilannoituksen vaikutus näyttäisi olevan pitkäaikainen, sillä vielä kolmantenakin koevuonna satojen sinkkipitoisuudet olivat korkeammat kuin edellisinä vuosina ja erot lannoittamattomaan koejäseneseen verrattuna yhtä suuret kuin toisenakin vuotena. Fosforilannoituksella ei näyttäisi olevan tässä kokeessa selvää vaikutusta kasvien sinkinottoon.



Kuva 2. Fosfori- ja sinkkilannoitusten vaikutus satojen fosforipitoisuuteen maala-
jeittain ja satovuositain. Lannoitus kg/ha: Zn₁ = 50 Zns, P₁ = 400 Psf, 0 = ei
lannoitusta.



Kuva 3. Sinkki- ja fosforilannoituksen vaikutus satojen sinkkipitoisuuteen maala-jeittain ja satovuosittain. Lannoitus kg/ha: P₁ = 400 P_{sf}, Zn₁ = 50 Zns, 0 = ei lannoitusta.

Taulukko 5. Satomäärät ja satonäytteiden kivennäisainepitoisuudet koejäsenittäin, maalaajeittain ja sato-
vuosittain koko aineistossa. Saman kirjaimen sisältävällä yläindeksillä merkityt luvut eivät
poikkea tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

	Sato kg/ha	Näytteitä kpl	g/kg				mg/kg							
			Ca	K	P	Mg	Mn	Fe	Na	Zn	Cu	B		
Koejäsen														
a. NKB	4920 ^a	34	4,21 ^a	23,3 ^a	3,49 ^a	2,55 ^a	104 ^a	81 ^a	142 ^a	41,2 ^a	14,0 ^a	12,2 ^a		
b. " + P	5580 ^a	34	4,04 ^a	23,1 ^a	3,84 ^a	2,41 ^a	90 ^a	73 ^a	110 ^a	44,5 ^b	15,1 ^a	12,7 ^a		
c. " + Zn	4950 ^a	34	3,89 ^a	24,3 ^a	3,56 ^a	2,40 ^a	89 ^a	74 ^a	102 ^a	60,6 ^b	14,3 ^a	14,7 ^a		
d. " + P + Zn	5550 ^a	34	4,33 ^a	23,4 ^a	3,87 ^a	2,60 ^a	95 ^a	91 ^a	129 ^a	60,8 ^b	14,4 ^a	14,3 ^a		
Maalaji														
kivennäismaa	5320 ^{ab}	44	4,78 ^b	30,7 ^b	3,45 ^a	2,45 ^a	89 ^a	105 ^b	153 ^a	49,7 ^a	18,9 ^c	12,7 ^{ab}		
saraturve	5790 ^b	48	4,06 ^a	19,8 ^a	3,90 ^a	2,60 ^a	96 ^a	69 ^a	115 ^a	50,0 ^a	11,1 ^b	15,7 ^b		
rahkaturve	4490 ^a	44	3,52 ^a	20,5 ^a	3,70 ^a	2,41 ^a	99 ^a	66 ^a	95 ^a	55,6 ^a	13,6 ^b	11,9 ^a		
Nurmen ikä														
1. v.	5850 ^b	68	4,11 ^a	25,7 ^b	3,57 ^a	2,61 ^a	96 ^{ab}	76 ^a	141 ^a	51,8 ^a	13,6 ^a	16,2 ^b		
2. v.	4660 ^a	52	4,14 ^a	20,9 ^{ab}	3,79 ^a	2,42 ^a	83 ^b	78 ^a	93 ^a	50,8 ^a	15,9 ^a	11,1 ^a		
3. v.	5340 ^a	16	4,10 ^a	23,0 ^a	3,85 ^a	2,22 ^a	127 ^a	99 ^a	126 ^a	54,7 ^a	13,4 ^a	9,5 ^a		

Taulukko 6. Sadot ja satonäytteiden kivennäisainepitoisuuksien keskiarvot maalajiryhmissä koejäsenittäin.
Merkitseviä eroja oli vain sinkkipitoisuuksissa.

Maalaji-ryhmä	Koejäsen	Sato kg/ha	g/kg							mg/kg			
			Ca	K	P	Mg	Mn	Fe	Na	Zn	Cu	B	
Kivennäis- maat (11 kpl)	a. NKB	4970	5,33	29,9	3,45	2,77	100	110	229	45,8 ^a	17,1	12,9	
	b. " + P	5840	4,46	30,0	3,43	2,33	74	79	130	42,2 ^a	21,1	11,5	
	c. " + Zn	4830	4,40	31,6	3,47	2,21	75	82	101	52,9 ^a	18,5	11,9	
	d. " + P + Zn	5630	4,93	31,1	3,45	2,49	107	149	151	58,1 ^a	18,8	14,4	
Sara- turpeet (12 kpl)	a. NKB	5690	3,90	20,2	3,62	2,43	101	66	104	37,9 ^a	11,4	13,5	
	b. " + P	5830	4,08	19,6	4,10	2,46	97	69	100	41,2 ^{ab}	10,9	14,4	
	c. " + Zn	5620	3,97	20,5	3,78	2,66	95	73	121	62,3 ^{bc}	11,2	18,9	
	d. " + P + Zn	6020	4,27	18,9	4,11	2,86	90	68	136	59,0	10,9	16,0	
Rahka- turpeet (11 kpl)	a. NKB	3890	3,42	20,2	3,39	2,45	113	67	96	40,3 ^a	13,7	10,1	
	b. " + P	4930	3,58	20,0	3,95	2,45	100	72	100	50,5 ^{ab}	13,5	12,1	
	c. " + Zn	4270	3,30	21,2	3,42	2,32	97	67	83	66,4 ^b	13,4	13,0	
	d. " + P + Zn	4870	3,79	20,6	4,03	2,43	87	58	100	65,4 ^b	13,9	12,3	

Viljavuuspalvelu Oy:n määritysten mukaan sinkin liukoiset määrät olivat kivennäismailla selvästi korkeammat kuin turveilla. Koelannoituksen vaikutus näkyy maa-analyyseissä selvästi vielä kolmantenakin vuotena (taulukko 4).

Maan ja kasvin sinkkipitoisuuksien välillä oli positiivinen vuorosuhde, joskaan ei tässä aineistossa merkitsevä. Koko aineistossa maan sinkkipitoisuuden noustessa sadon kuparipitoisuus kohosi ($r = 0,74^{xxx}$) ja sadon rautapitoisuus ($r = 0,30^{xx}$). Maan kuparipitoisuuden ja sadon sinkki- sekä rautapitoisuuksien vuorosuhteet olivat negatiiviset ($r = -0,41^{xxx}$ ja $r = -0,24^x$).

Sara- ja rahkaturvemaiden sadot sisälsivät kivennäisaineita lähes yhtä suuria määriä. Kivennäis- ja eloperäisten maiden ero oli selvä ja kivennäisainepitoisuudet yleensä suuremmat kivennäismailla. Koeaineistoa vuosittain tarkastellen selvinä muutoksina havaitaan jo edellä mainittu sadon fosforipitoisuuden nousu sekä magnesium- ja boorimäärien väheneminen.

Fosfaattilannoitus on lisännyt turvemaiden sadon kalsiumin määriä (taulukko 4). Mg-pitoisuuteen vaikutus on ollut samansuuntainen, mutta kaliumin määriä fosfaattilannoitus on alentanut. Mikroravinteiden kohdalla fosfaattilannoituksen vaikutus on jäänyt vähäiseksi.

Sinkkisulfaattilannoitus kohotti sadon sinkkipitoisuutta huomattavasti, boorilla oli vähäisempi vaikutus sadon booripitoisuuteen.

b. Kalkki-sinkki-boorikoe

Sadot

Koeryhmässä b kokeita oli 17 kpl, joista 8 kpl sijaitsi karkeilla kivennäismailla ja 9 turvemaiden alueella. Kokeet järjestettiin paikalliskokeina v. 1976-78 ja valtaosalta Lapin läänin maatalouskeskuksen alueella. Tämän koeryhmän kokeista punnittiin ja analysoitiin pääsato sekä odelmasato 12 kokeesta. Koelannoitus annettiin nurmea perustettaessa. Seuraavina vuosina lannoitus oli sama kaikilla koejäsenillä.

Kolmivuotisessa kokeessa saatiin toisen vuoden nurmesta parhaat sadot. Ensimmäisen ja kolmannen vuoden sadot olivat n. 15 % pienempiä kuin toisen vuoden nurmilla. Odelmasato oli keskimäärin puolet ensimmäisen niiton sadosta.

Koeryhmän satotulokset osoittavat (taulukot 7, 9 ja 10), että boorin ja sinkin vaikutus on jäänyt vähäiseksi. Boorilannoitus nosti heinäsatoja I ja II vuoden kokeissa keskimäärin 3 %, mutta vaikutusta ei ollut enää kolmantena vuotena. Sinkkisulfaatin (50 kg/ha) vaikutus vaihteli keskimäärin 1-3 % vuosittain.

Taulukko 7. Koeryhmä b:n satojen lisäykset/vähennykset kg/ha a-koejäsenen verrattuna.

	Kokeita kpl	Koejäsen					
		a	b	c	d	e	f
Koelannoitus		NPKCu	NPKCuCad	NPKCuB	NPKCuCadB	NPKCuZn	NPKCuCadZn
Pääsato							
I-vuosi	16	4570	+270	+150	+160	+ 60	+430
II-vuosi	14	5210	+470	+170	+420	+160	+740
III-vuosi	12	4660	-430	-110	+200	+ 90	+130
Odelma keskimäärin	16	2450	+230	+200	+180	+270	+160

Odelmasadoissa ei ollut merkittävää vaihtelua. Kalkitus yhdistettynä boori- tai sinkkilannoitukseen ei antanut suurempia satoja kuin mitä kalkilla tai hivenlannoitteilla saatiin erikseen käytettynä. Kalkin ja boorin levitys samanaikaisesti näyttäisi jopa heikentävän lannoitteilla erikseen käytettynä saatuja satoja.

Koelalueiden maa-analyysit osoittavat (taulukko 8) keskimääräisten kivennäisainepitoisuuksien olevan boorin osalta välttävä ja sinkin huono. Koelannoitus näkyy kohonneina pitoisuuksina maa-analyyseissä. Dolomiittikalkista johtuen myös magnesiumpitoisuus on noussut selvästi. Kalkitus ja tästä johtuva pH-muutos näyttäisi parantavan boorin, rikin ja sinkin liukenevuutta maassa. Sinkkisulfaatti sisältää rikkiä 11 %, mutta tämän vaikutus ei ole tullut esiin maa-analyyseissä.

Maan matalahkoista mikrokivennäisainepitoisuuksista huolimatta koelannoitteet eivät antaneet keskimäärin mainittavia sadonlisäyksiä. Toisaalta kokeita ei pyrittykään sijoittamaan edeltäkäsintutkituille puutosalueille.

Kivennäisainepitoisuudet

Satonäytteistä määritettiin kivennäisainepitoisuudet MTTK:n isotooppilaboratoriossa. Tarkoituksena oli saada selville käytetyn lannoituksen, koevuoden, maalajin ja niittokerran vaikutus sadon kivennäisainekoostumukseen. Tulokset ilmenevät taulukoista 9 ja 10.

Taulukko 8. Maanäytteiden ravinnepitoisuudet koejäsenittäin, maalajeittain ja satovuosittain.

	Näytteitä	Maan											g/l		
		pH	Ca	K	P	Mg	B	Cu	Mn	S	Zn	Fe			
Koejäsen															
1. NPK Cu	23		910	67	16,5	191	0,5	11,6	12,7	18,4	5,4	3,3			
2. " Cad	9		1060	67	8,5	229	0,6	10,8	9,4	21,3	5,5	4,5			
3. " B	9		900	78	12,7	213	0,7	15,6	10,8	17,8	5,6	4,2			
4. " Cad B	9		1350	86	9,5	270	0,9	14,9	9,1	22,7	9,4	4,1			
5. " Zn	9		980	92	13,3	203	0,5	16,5	11,0	15,4	16,1	4,0			
6. " Cad Zn	9		1230	79	11,2	275	0,6	12,9	9,3	23,6	14,0	6,0			
Koejäsenet yhteensä															
1. Kalkitsematon	41	5,1	920	75	15,0	198	0,5	13,6	12,3	17,6	7,8	3,7			
2. Kalkittu	27	5,3	1210	77	9,7	258	0,7	12,9	9,3	22,5	9,6	4,9			
Maalaji															
1. Kivennäismaat	16	5,4	780	116	6,3	141	0,6	12,0	7,7	12,7	9,4	5,3			
2. Eloperäiset maat	52	5,0	1120	65	13,1	247	0,6	14,4	11,3	22,6	8,7	3,9			
Nurmen ikä															
1. v.	13		990	61	8,5	235	0,6	10,1	12,6	18,7	4,6	2,6			
2. v.	29		1060	69	10,4	236	0,7	17,1	12,3	20,8	11,4	5,5			
3. v.	26		900	98	11,0	200	0,6	11,3	8,7	19,4	6,8	2,9			

Taulukko 9. Sadot ja satonäytteiden kivennäisainepitoisuudet keskimäärin.

	Lkm kpl	Sato kg/ha	g/kg						mg/kg			
			Ca	K	P	Mg	Mn	Fe	Na	Zn	Cu	B
Koejäsen, I sato												
1. NPK Cu	38	4810	4,00	23,5	3,63	2,20	113	86	124	46,2 ^{abc}	14,7	13,8 ^a
2. " Cad	38	4950	4,17	22,6	3,62	2,29	102	109	120	40,5 ^a	14,8	14,0 ^a
3. " B	38	4980	4,11	22,7	3,72	2,34	115	77	134	46,7 ^{abc}	15,3	23,0 ^b
4. " Cad B	38	5080	4,25	22,4	3,46	2,26	105	121	131	42,2 ^{ab}	14,0	19,6 ^{ab}
5. " Zn	38	4930	4,20	22,9	3,65	2,20	108	109	122	69,0 ^d	15,0	14,2 ^a
6. " Cad Zn	38	5290	4,39	21,6	3,42	2,31	111	74	123	54,8 ^c	14,1	12,7 ^a
Käsittely, I sato												
1. Kalkitsematon	117	4890	4,15	23,3	3,62	2,32	119	88	128	53,6 ^b	14,8	16,9
2. Kalkittu	117	5110	4,32	22,6	3,44	2,33	106	98	124	46,4 ^a	14,4	15,5
Nurmen ikä, I sato												
1. v.	84	4740 ^a	4,20	23,9	3,19 ^a	2,43 ^b	132 ^b	86	174 ^b	51,6	17,4 ^c	12,4 ^a
2. v.	84	5540 ^b	4,33	22,0	3,67 ^b	2,41 ^b	102 ^a	116	125 ^b	49,2	14,3 ^b	20,4 ^b
3. v.	60	4590 ^a	4,16	22,6	3,82 ^b	2,09 ^a	100 ^a	77	64 ^a	48,6	11,3 ^a	16,3 ^{ab}
I + II sato												
Maalajiryhmä												
1. Kivennäismaat	108	7740 ^b	4,62	25,1 ^b	3,32 ^a	2,12 ^a	106	96	157	52,4	15,2 ^b	16,6
2. Eloperäiset maat	204	4460 ^a	4,42	20,9 ^a	3,89 ^b	2,61 ^b	118	97	128	50,4	13,7 ^a	15,8

Taulukko 10. Satomäärät ja satonäytteiden kivennäisainepitoisuudet koejäsenittain ja koevuosittain.

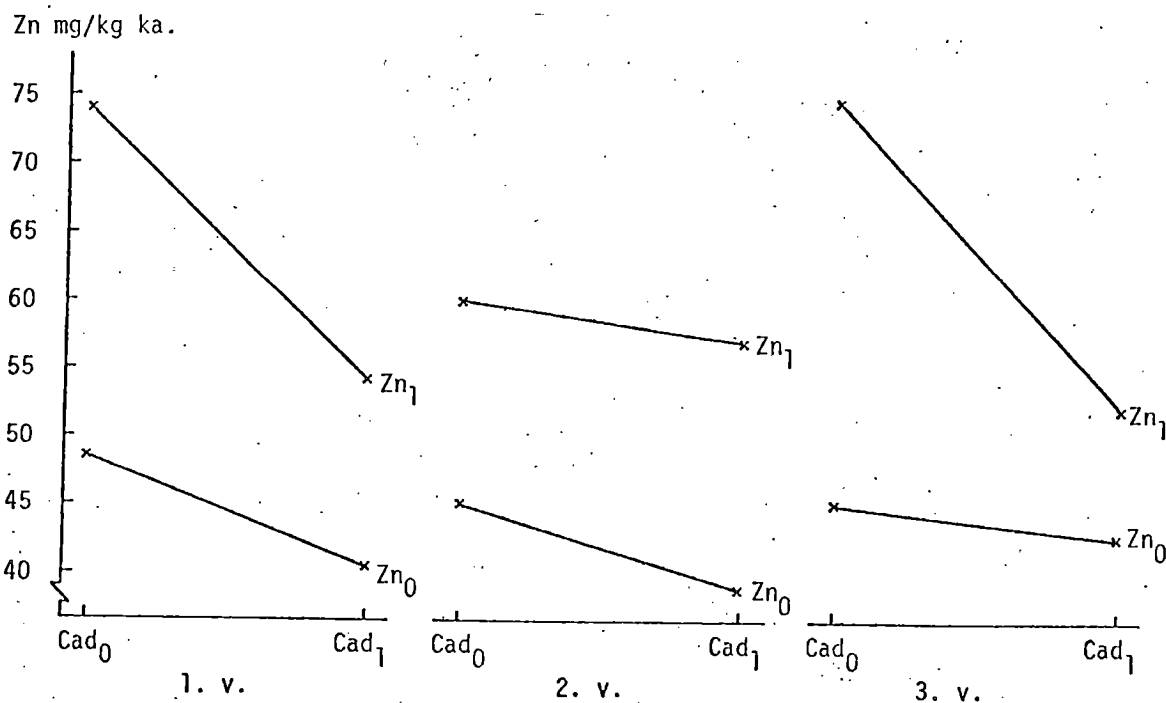
	Havaintoja kpl	Sato kg/ha	g/kg				mg/kg					
			Ca	K	P	Mg	Mn	Fe	Na	Zn	Cu	B
I koevuosi, I sato												
Koejäsen												
1. NPK Cu	14	4570	3,75	23,3	3,27	2,15	116	71	183	48,6 ^a	18,3	7,7 ^a
2. " Cad	14	4840	3,97	23,4	3,16	2,19	118	81	152	40,4 ^a	17,2	8,6 ^a
3. " B	14	4720	3,84	24,1	3,53	2,32	131	85	164	47,1 ^a	20,0	21,6 ^b
4. " Cad B	14	4730	4,16	22,3	3,16	2,32	116	123	169	41,8 ^b	16,1	17,7 ^b
5. " Zn	14	4630	3,75	22,2	3,21	2,13	118	90	173	74,1 ^{ab}	18,5	8,6 ^a
6. " Cad Zn	14	5000	3,98	21,5	3,11	2,22	118	71	156	54,3 ^{ab}	17,8	7,3 ^a
II koevuosi, I sato												
Koejäsen												
1. NPK Cu	14	5210	3,91	23,5	3,64	2,26	101	99	98	44,9 ^{ab}	13,8	17,3
2. " Cad	14	5680	4,14	21,7	3,89	2,42	85	154	135	39,1 ^a	15,4	18,0
3. " B	14	5380	4,53	21,6	3,79	2,63	112	71	155	49,7 ^{ab}	14,5	28,1
4. " Cad B	14	5630	4,25	22,4	3,51	2,30	97	149	111	44,4 ^{ab}	14,1	23,3
5. " Zn	14	5370	4,54	21,7	3,72	2,40	107	145	114	59,9 ^b	14,7	19,4
6. " Cad Zn	14	5950	4,58	21,2	3,48	2,48	111	75	137	57,3 ^b	13,3	16,4
III koevuosi, I sato												
Koejäsen												
1. NPK Cu	10	4610	4,49	23,9	4,11	2,17	125	86	76	44,9 ^a	10,9	17,3
2. " Cad	10	4100	4,45	22,6	3,89	2,26	102	87	55	42,8 ^a	10,5	16,1
3. " B	10	4490	3,92	22,3	3,91	1,98	96	74	64	42,0 ^a	9,8	17,7
4. " Cad B	10	4810	4,38	22,4	3,81	2,15	99	81	106	39,6 ^a	10,7	17,0
5. " Zn	10	4730	4,34	25,4	4,17	2,02	97	86	61	74,7 ^b	10,7	14,6
6. " Cad Zn	10	4770	4,70	22,5	3,78	2,19	101	76	60	51,9 ^{ab}	10,0	15,2
OdeIma keskimäärin												
Koejäsen												
1. NPK Cu	16	2450	5,22	21,1	4,22	2,77	132	105	182	49,4	11,9	14,7
2. " Cad	16	2680	5,59	20,8	4,08	2,82	113	120	203	43,8	10,6	14,6
3. " B	16	2650	5,54	20,7	4,26	2,71	124	127	193	49,4	11,5	17,4
4. " Cad B	16	2630	5,74	20,3	4,28	2,94	111	104	184	42,4	10,7	17,3
5. " Zn	16	2720	5,46	21,4	4,24	2,75	111	112	182	93,1	11,6	15,4
6. " Cad Zn	16	2610	5,41	21,2	4,19	2,65	111	98	189	55,0	10,2	14,7

Koeryhmän tulosten tarkastelu osoittaa boori- ja sinkkilannoituksen kohottaneen tilastollisesti merkitsevästi ko. kivennäisainepitoisuutta kasvissa. Sinkin osalta vaikutus on ollut lähes samansuuruinen koko 3 vuoden koejakson ajan. Koesuunnitelman mukaan kaikki koejäsenet saivat boorilannoituksen toisena koevuotena ja tämä näkyy selvästi kohonneina pitoisuuksina sadossa. Boorilannoituksen jälkivaikutus ilmeni erittäin selvänä toisen vuoden sadossa ja oli kolmantenakin vuotena n. 2 mg/kg ka. suuruinen.

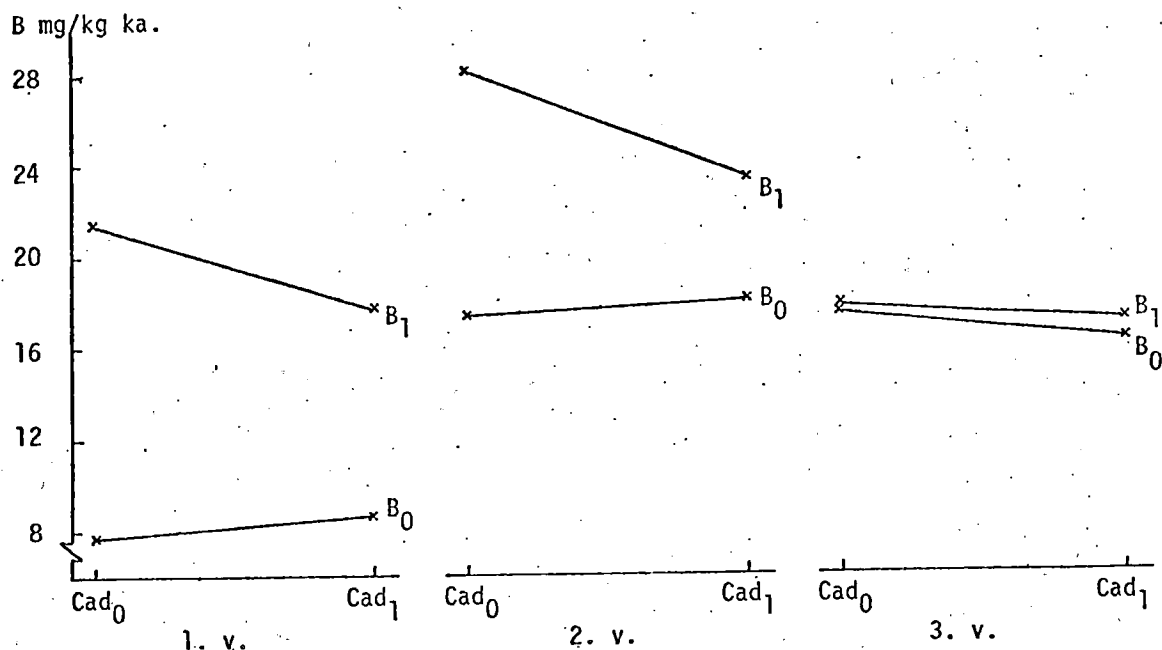
Dolomiittikalkki kohotti kesäsadon kalsiumpitoisuutta, mutta ei magnesiumipitoisuutta, vaikka maa-analyysissä magnesiuminkin nousi huomattavasti kalkituksen johdosta. Sensijaan kalkitus näyttäisi alentavan merkitsevästi sadon sinkkipitoisuutta (kuva 4) ja samansuuntainen on vaikutus myös booripitoisuuteen (kuva 5). Tulos on ollut samanlainen kaikkina koevuosina.

Koevuosittain tarkastellen satoanalyysitulokset osoittavat fosforipitoisuuden nousevan suunnan. Vuotuinen fosforilannoitus (P 80 kg/ha) on ollut ilmeisesti tarpeettoman suuri. Odelmasato sai vain NK-lannoituksen.

Vuosittain aleneva suunta on sadon magnesium- ja kuparipitoisuudessa, joskin näiden pitoisuudet olivat normien mukaan riittävät vielä kolmantena satovuonnakin.



Kuva 4. Satojen sinkkipitoisuus koejäsenittäin ja vuosittain. Koelannoitus kg/ha: Cad₁ = 4000, Zn₁ = 50 Zns, 0 = ei ko. lannoitusta.



Kuva 5. Satojen booripitoisuus koejäsenittäin ja vuosittain (Huom. 2. v. kaikki koejäsenet saivat boorilannoituksen.) Lannoitus kg/ha: Cad₁ = 4000, B₁ = 10 B1b, B₀ = ei lannoitusta.

Toisen niiton sadossa boori ja sinkkipitoisuudet ja niiden vaihtelu noudatteli pääsadon tuloksia. Ca-, P- ja Mg-pitoisuudet olivat odelmalla ensimmäistä satoa korkeammat ja dolomiittikalkki kohotti odelman magnesiumin pitoisuutta selvemmin kuin I-niitossa. Sadon magnesiumipitoisuuden kohotessa kaliumipitoisuus on alentunut. Odelmasadon Mg-pitoisuus oli korkeampi ja K-pitoisuus alempi kuin kesäsadossa.

Tuloksista laskettiin sadon sisältämien kivennäisaineiden ja satomäärien välisiä vuorosuhteita. Turvemailla ei satomäärän noustessa mikään sadon kivennäisaine kohonnut merkitsevästi, sensijaan negatiivisia olivat suhteet sato/K ($r = -0,202^{**}$), sato/Mg ($r = -0,159^*$), sato/Mn ($r = -0,314^{**}$) ja sato/Na ($r = -0,267^{**}$). Kivennäismaat poikkesivat ominaisuuksiltaan turvemaista. Merkitsevistä korrelaatioista vain sato/K ($r = -0,325^{***}$) vastasi turvemaan tulosta, muut selvät vuorosuhteet kivennäismailla olivat sadon ja Ca-pitoisuuden ($r = 0,346^{***}$) sekä sadon ja Mg-pitoisuuden ($r = 0,330^{***}$) välillä.

c. Nousevien sinkkimäärien koe

Sadot

Sinkkisulfaattilannoituksen vaikutus satomääriin ilmenee taulukoista 11 ja 13. Kivennäismailla sinkkilannoitus lisäsi satoja keskimäärin 4 % ensimmäisellä niitto-

kerralla ja turvemailla vähän enemmän eli 6 %. Kivennäismailla näyttäisi 15 kg/ha sinkkisulfaattia antavan I niitossa parhaan tuloksen. Sensijaan eloperäisillä mailla sato on kohonnut tasaisesti lannoituksen lisääntyessä 25 kg/ha asti. Syys-sadoista oli tuloksia vain kolmasosasta kokeita. Sadonlisäykset olivat samaa luokkaa kuin I niitossa, mutta kivennäismailla suuremmat (6 %) kuin turvemailla (3 %).

Taulukko 11. Koeryhmä c:n satojen lisäykset kg/ha a-koejäsenen verrattuna koejakson aikana keskimäärin.

	Lukumäärä	Koejäsen			
		a	b	c	d
Koelannoitus		0	Zn	3Zn	5Zn
I sato					
Karkeat kivennäismaat	18	5230	+130	+340	+190
Eloperäiset maat	41	5180	+190	+290	+460
II sato					
Karkeat kivennäismaat	6	6450	+300	+250	+760
Eloperäiset maat	18	3660	+130	+90	+120

Koelannoituksen vaikutusta maan hivenravinnepitoisuuksiin ei voitu seurata kustannussyistä puuttuvien analyysien takia. Yleisesti ottaen koealueiden hivenainepitoisuudet olivat huonot (taulukko 12). Tutkittavana olleen sinkin kohdalla kivennäismaiden kokeet sijaitsivat pitoisuuksiltaan juuri huonon rajan yläpuolella, mutta eloperäisten maiden sinkkitilanne oli varsin huono.

Sinkkisulfaatti sisältää rikkiä 11 % ja lisätutkimuksilla olisi mahdollisuus tämän koesarjan puitteissa selvittää myös mahdollista rikin vaikutusta.

Kivennäisainepitoisuudet

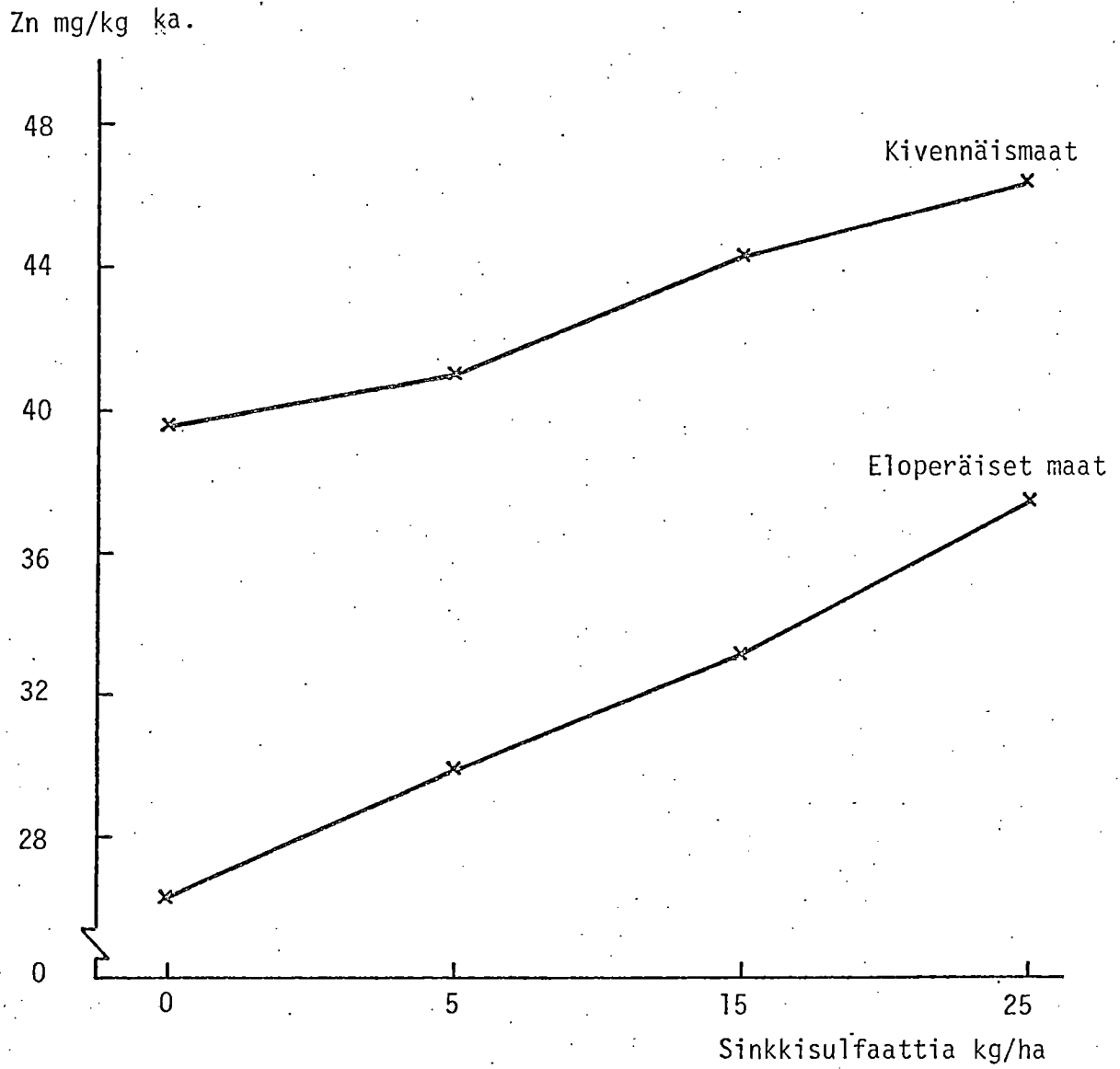
Nousevat sinkkisulfaattimäärät kohottivat sadon sinkkipitoisuutta merkitsevästi ja lannoitustasolle 25 kg/ha asti varsin suoraviivaisesti (taulukko 13 ja kuva 6). Kivennäismaiden sadot olivat sinkkipitoisempia kuin eloperäisten maiden ja suurimmalla lannoitustasolla kivennäismaiden timotein sinkkipitoisuus kohosi lähelle tavoitetta, joka nautojen rehussa on 50 mg/kg ka. Turvemailla sadon sinkkipitoisuus nousi jyrkemmin kuin kivennäismailla, mutta luontaisesti alhaisemmasta pitoisuudesta johtuen suurinkaan sinkkilannoitusmäärä ei ollut riittävä sadon laadun kannalta. Sinkkilannoitus ei muuttanut merkitsevästi muiden hivenaineiden pitoisuuksia sadossa, joskin eloperäisten maiden ryhmässä sadon kuparipitoisuus näyttäisi alenevan. Sinkki ja kupari ovatkin toistensa antagonisteja eli vastavaikuttajia ja korkea pitoisuus maassa saattaa aiheuttaa toisen puutoksen kasvissa.

Taulukko 12. Maanäytteiden ravinnepitoisuudet koejäsenittään, vuosittain ja maalajiryhmittäin.

		Näytteitä												
		kpl	pH	Ca	K	P	Mg	mg/l			g/l			
								n	B	Cu	S	Zn	Fe	
Koejäsen														
1.	0	55	5,3	1140	96	16,7	244	29	0,4	10,5	12,5	7,5	3,0	
2.	Zn	27	5,2	1200	88	18,5	252							
3.	3Zn	27	5,1	1120	79	17,3	240							
4.	5Zn	27	5,1	1130	89	19,4	244							
Nurmen ikä														
1.	v.	66	5,2	1210	88	16,5	255							
2.	v.	55	5,2	1150	99	19,7	243							
3.	v.	15	4,8	850	63	16,0	209							
Maalaji														
1.	Karkeat kivennäismaat	33	5,6	950	140	19,4	169	8	0,3	7,8	11,1	15,1	5,4	
2.	Eloperäiset maat	103	5,1	1210	74	17,2	269	21	0,5	11,5	13,0	4,7	2,0	

Taulukko 13. Pääsadot ja satonäytteiden kivennäisainepitoisuudet.

	Luku- määrä	Sato kg/ha	g/kg				mg/kg					
			Ca	K	P	Mg	Mn	Fe	Na	Zn	Cu	B
Koejäsen keskimäärin												
1. 0	55	5260	3,92	24,6	3,79	2,11	94	92	123	31,2 ^a	9,6	21,3
2. Zn	55	5470	3,76	24,2	3,69	2,01	91	90	103	32,8 ^a	8,9	21,0
3. 3Zn	55	5640	3,91	24,5	3,81	2,09	91	82	119	37,0 ^{ab}	9,2	20,7
4. 5Zn	55	5720	4,01	24,9	3,87	2,12	92	87	126	39,6 ^b	8,7	21,8
Vuosi												
1. v.	120	5650	4,15 ^b	24,3	3,71	2,21 ^b	99 ^b	100 ^b	142 ^b	37,0 ^b	11,3 ^b	16,8 ^a
2. v.	77	5560	3,71 ^{ab}	24,7	3,92	1,94 ^a	88 ^{ab}	71 ^a	101 ^{ab}	32,6 ^a	6,3 ^a	27,9 ^{ab}
3. v.	24	4780	3,27 ^a	25,2	3,79	1,90 ^a	74 ^a	83 ^{ab}	48	34,3 ^{ab}	7,4 ^a	21,8 ^{ab}
Kivennäismaat												
Koejäsen												
1. 0	18	5230	4,07	28,6	3,74	1,98	98	96	181	39,6 ^a	9,0	19,5
2. Zn	18	5360	4,08	29,0	3,75	1,88	103	91	169	41,0 ^a	8,9	20,5
3. 3Zn	18	5570	4,16	29,7	3,91	2,01	102	88	173	44,3 ^a	9,3	19,6
4. 5Zn	18	5420	4,12	29,2	3,92	1,96	100	94	176	46,4 ^a	9,0	20,5
Eloperäiset maat												
Koejäsen												
1. 0	41	5180	3,67	22,6	3,82	2,11	91	86	87	26,4 ^a	9,1	22,0
2. Zn	41	5370	3,50	22,4	3,70	2,02	84	87	70	29,9 ^{ab}	8,4	21,9
3. 3Zn	41	5470	3,63	22,2	3,75	2,08	85	78	87	33,1 ^{bc}	8,5	21,8
4. 5Zn	41	5640	3,80	23,0	3,89	2,13	87	83	97	37,4 ^c	8,1	22,5



Kuva 6. Sinkkisuльфaattilannoituksen vaikutus sadon sinkkipitoisuuteen.

Satojen kivennäisainepitoisuudet ovat vuosittain vaihdelleet merkittävästi muiden paitsi kaliumin ja fosforin osalta. Sinkkilannoitetun sadon sinkkipitoisuus oli korkein ensimmäisenä vuotena ja kolmantenakin korkeampi kuin lannoittamattomalla koejäsenellä. Sadon sinkkipitoisuuden vuosivaihtelu oli yleensä vähäinen, joten tässä kokeessa sinkkilannoituksella näyttäisi olevan vaikutusta vielä kolmantenakin kesänä.

Kivennäismaiden sadon kalsiumin ja kaliumin pitoisuudet olivat korkeammat kuin turvemaiden, sensijaan fosfori- ja magnesiumpitoisuuksissa ei ollut eroja. Hivenaineissa merkittävimmät erot olivat sinkki- ja natriumpitoisuuksissa, ja nekin olivat kivennäismailla korkeimmat.

d. Kalkitus-hivenlannoituskoe

Sadot

Eri koejäsenten sadot niittokerroittain ilmenevät taulukosta 14. Keskimääräiset sadot ja merkitsevät satoerot näkyvät myös taulukosta 16.

Taulukko 14. Koeryhmä d:n satojen lisäykset/vähennykset kg/ha a-koejäseneen verrattuna eri koeasemilla koejakson aikana keskimäärin.

Koejärjestys	Koejäsen				
	a	b	c	d	e
Koelannoitus	NPK	NPK B	NPK B Zn	NPK B Cu	NPK B Zn Cu
Lapin koeasema					
I sato	3030	-150	+ 50	+ 40	+ 60
II sato	1320	- 40	+ 70	+ 70	+100
Yhteensä	4350	-190	+120	+110	+160
Kainuun koeasema					
I sato	5670	+200	- 50	-130	-300
II sato	2390	- 50	- 60	+ 0	+ 60
Yhteensä	8060	+150	-110	-130	-240
Pohjois-Pohjanmaan koeasema					
I sato	4340	+220	+150	- 40	+190
II sato	2820	+540	-250	+ 80	- 80
Yhteensä	7160	+760	-100	+ 40	+110
Pohjois-Savon koeasema					
I sato	5330	+100	- 80	+ 60	- 40
II sato	3060	+210	+130	+290	+ 40
Yhteensä	8390	+310	+ 50	+350	+ 0

Tulokset osoittavat, että ko. hivenlannoituksilla ei ollut suurtakaan vaikutusta satomääriin kummallakaan niittokerralla eivätkä erot olleet tilastollisesti merkitse-

viä. Sadonlisäyksistä suurin saatiin boorilannoituksella, keskimäärin 4 %. Boori lisäsi satoja eniten Pohjois-Pohjanmaan koeaseman kokeessa. Kuparilla voidaan havaita vähäinen positiivinen vaikutus Lapin ja Pohjois-Savon koeaseman kokeissa, sensijaan sinkillä ei ole ollut satoja lisäävää vaikutusta. Kalkituskaan ei näytä kohottavan satoja keskimäärin kaikissa kokeissa. Kainuun koeaseman kokeessa kalkitus antoi merkitseviä sadonlisäyksiä ensimmäisenä ja kolmantena vuotena. Kalkituserot näkyivät myös selvästi kasvustossa. Lapin koeaseman kokeessa kalkitus kohotti satoja kahtena viimeisenä koevuotena.

Maan kalkkitilanne oli Kainuun ja Lapin koeasemien kokeissa välttävää luokkaa. Maa-analyysien mukaan koealueet kuuluivat yleensä boorin, kuparin ja sinkin osalta välttävään viljavuusluokkaan, Pohjois-Savon koeasemalla sinkkiarvot olivat hyviä. Lannoitus on kyllä nostanut näitten aineitten maa-analyysilukuja (taulukko 15), mutta kokeissa ei ole kuitenkaan havaittavissa vaikutusta nurmen satoon.

Talvehtiminen

Yleisesti ottaen ensimmäisen vuoden koenurmet kokivat v. 1977 suurimmat (17 %) talvehtimisvauriot. Toisena koevuonna talvituhot olivat vähäiset ja kolmantena vuonna keskimäärin 10 %. Koelannoituksella eli boorilla, kuparilla ja sinkillä, ei näyttänyt olevan vaikutusta timotein talvehtimiseen. Taulukossa 16 havaitaan kalkituksen edullinen vaikutus nurmen talvehtimisen kannalta. Erot johtuvat suurelta osin Kainuun koeaseman ensimmäisen vuoden kokeen tuloksista, joissa kalkituksen vaikutus oli selvä talvehtimisessä ja satotuloksissakin. Lapin koeasemalla kahtena viimeisenä koevuotena kalkituksella saadut sadonlisäykset eivät johtuneet koejäsenten talvehtimiserosta.

Kivennäisainepitoisuudet

Kalkitus-hivenlannoituskokeita oli vain neljällä koepaikalla, 3 koetta saraturpeella ja 1 koe hienolla hiedalla. Pohjois-Savon koeaseman hietamaan kokeen satonäytteiden magnesium-, fosfori-, mangaani- ja natriumpitoisuudet olivat selvästi alemmat kuin muilla koepaikoilla (taulukko 16). Hietamaan kokeessa sadon kaliumin ja raudan pitoisuudet olivat korkeammat kuin turvemilla.

Boori- ja sinkkilannoitus olivat tilastollisesti merkitsevästi kohottaneet sadon kivennäisainepitoisuuksia. Kuparin kohdalla pitoisuuden kohoaminen on vähäisempi. Vastaavat kivennäisainepitoisuuksien muutokset on havaittavissa maa-analyysitaulukossa 15. Rikki-pitoiset koelannoitteet ovat myös kohottaneet maan rikkiarvoja. Boorilannoituksen ohella annettu sinkki- tai kuparilisä eivät muuttaneet sadon booripitoisuutta luotettavasti. Vaikutuksen suunta näyttäisi kuitenkin olevan booripitoisuutta alentava.

Taulukko 15. Maan kivennäisainneiden pitoisuudet (mg/l maata) keskimäärin ensimmäisen koevuoden syksyllä.

	Maan pH	Ca	K	P	Mg	B	Cu	Zn	S
Koejäsen									
1. NPK		1260	88	18	268	0,4	5,9	18	30
2. " B		1230	91	18	258	0,6	5,7	17	30
3. " Zn		1220	83	18	248	0,6	6,5	22	31
4. " Cu		1240	86	18	246	0,6	8,8	15	32
5. " Zn Cu		1240	82	17	256	0,6	9,2	21	40
Koejäsenet yhteensä									
1. Kalkitsematon	5,2	1190	88	18	223	0,6	7,6	20	33
2. Kalkittu	5,4	1290	83	19	282	0,6	6,9	18	33
Koejäsen + kalkitus									
1. -		1190	91	19	244	0,4	6,2	18	33
1. Ca		+ 130	- 6	- 1	+ 49	+0,1	-0,6	- 1	- 6
2. -		1240	96	18	213	0,6	5,5	17	28
2. Ca		+ 90	-11	± 0	+ 91	± 0	+0,3	± 0	+ 5
3. -		1180	85	18	225	0,6	6,9	23	30
3. Ca		+ 80	- 4	+ 1	+ 46	± 0	-0,9	- 2	+ 2
4. -		1190	90	18	218	0,6	9,7	17	30
4. Ca		+ 100	- 9	+ 1	+ 55	± 0	-1,8	- 3	+ 4
5. -		1220	80	17	215	0,6	9,6	22	44
5. Ca		+ 50	+ 3	+ 1	+ 75	± 0	-0,8	- 2	- 7

Taulukko 16. Satomäärät, talvituho-%:t ja satonäytteiden kivennäisainepitoisuudet keskiarvoina. Saman kirjaimen sisältävällä yläindeksillä merkityt luvut eivät poikkea tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

	Sato kg/ha	Talvituho- %	g/kg						mg/kg									
			Ca	K	P	Mg	Mn	Fe	Na	Zn	Cu	B						
Koejäsen																		
1. NPK	3590 ^a	12 ^a	4,39 ^a	23,5 ^a	3,84 ^a	2,37 ^a	70,9 ^{ab}	81,2 ^a	107 ^a	43,5 ^{ab}	10,5 ^a	9,7 ^b						
2. " B	3720 ^a	11 ^a	4,33 ^a	23,3 ^a	3,76 ^a	2,39 ^a	72,6 ^b	80,1 ^a	109 ^a	40,3 ^{ab}	10,7 ^a	12,8 ^b						
3. " Zn	3580 ^a	10 ^a	4,25 ^a	23,4 ^a	3,75 ^a	2,30 ^a	67,2 ^{ab}	82,1 ^a	96 ^a	48,0 ^a	10,8 ^a	12,1 ^b						
4. " Cu	3640 ^a	11 ^a	4,23 ^a	23,2 ^a	3,69 ^a	2,37 ^a	69,3 ^{ab}	75,1 ^a	106 ^a	40,1 ^b	11,7 ^a	12,5 ^b						
5. " Zn Cu	3590 ^a	10 ^a	4,21 ^a	23,2 ^a	3,77 ^a	2,34 ^a	66,9 ^a	77,1 ^a	113 ^a	50,4 ^b	11,6 ^a	12,3 ^b						
Käsittely																		
1. Kalkitsematon	3630 ^a	13 ^b	4,21 ^a	23,3 ^a	3,79 ^a	2,23 ^a	73,8 ^b	80,9 ^a	110 ^a	45,9 ^a	11,6 ^b	12,2 ^a						
2. Kalkittu	3620 ^a	9 ^a	4,37 ^b	23,3 ^a	3,73 ^a	2,48 ^b	65,0 ^a	77,4 ^a	102 ^a	43,0 ^a	10,4 ^a	11,5 ^a						
Niittokerta																		
1. niitto	4600 ^b	-	4,07 ^a	20,1 ^a	3,30 ^a	2,31 ^a	66,3 ^a	77,2 ^a	110 ^a	45,5 ^a	11,1 ^a	12,4 ^b						
2. niitto	2550 ^a	-	4,62 ^b	28,1 ^b	4,45 ^b	2,42 ^b	74,0 ^b	82,0 ^a	101 ^a	42,9 ^a	10,9 ^a	11,1 ^a						
Nurmen ikä																		
1. v.	3600 ^a	17 ^b	3,40 ^a	23,8 ^a	3,87 ^b	2,20 ^a	66,9 ^a	89,6 ^b	115 ^b	47,5 ^b	14,2 ^b	12,0 ^a						
2. v.	4210 ^b	2 ^a	4,12 ^a	22,7 ^a	3,70 ^a	2,26 ^b	68,8 ^a	66,8 ^b	85 ^a	46,3 ^b	14,0 ^b	12,5 ^a						
3. v.	3050 ^a	10 ^{ab}	4,75 ^b	23,5 ^a	3,73 ^a	2,58 ^b	72,1 ^a	82,5 ^b	120 ^b	40,0 ^a	5,4 ^a	11,2 ^a						
Koepaikka																		
1. Lapin koeasema	2360 ^a	3 ^a	4,11 ^a	20,0 ^b	3,70 ^c	2,95 ^c	83,6 ^d	64,4 ^a	154 ^c	48,7 ^b	10,7 ^{ab}	9,3 ^a						
2. Kainuun koeasema	4000 ^{bc}	8 ^a	3,91 ^{ab}	15,1 ^a	3,52 ^b	2,72 ^{bc}	61,0 ^c	69,2 ^{ab}	130 ^b	43,9 ^{ab}	9,9 ^a	8,9 ^a						
3. Pohjois-Pohjanmaan koeas.	3660 ^b	27 ^b	4,38 ^{bc}	23,8 ^d	4,29 ^a	2,76 ^b	79,2 ^a	80,5 ^b	106 ^b	40,2 ^{ab}	12,3 ^b	14,5 ^b						
4. Pohjois-Savon koeasema	4260 ^c	5 ^a	4,54 ^c	29,7 ^d	3,40 ^a	1,27 ^a	51,9 ^a	94,6 ^c	54 ^a	45,4 ^a	10,5 ^a	13,0 ^b						

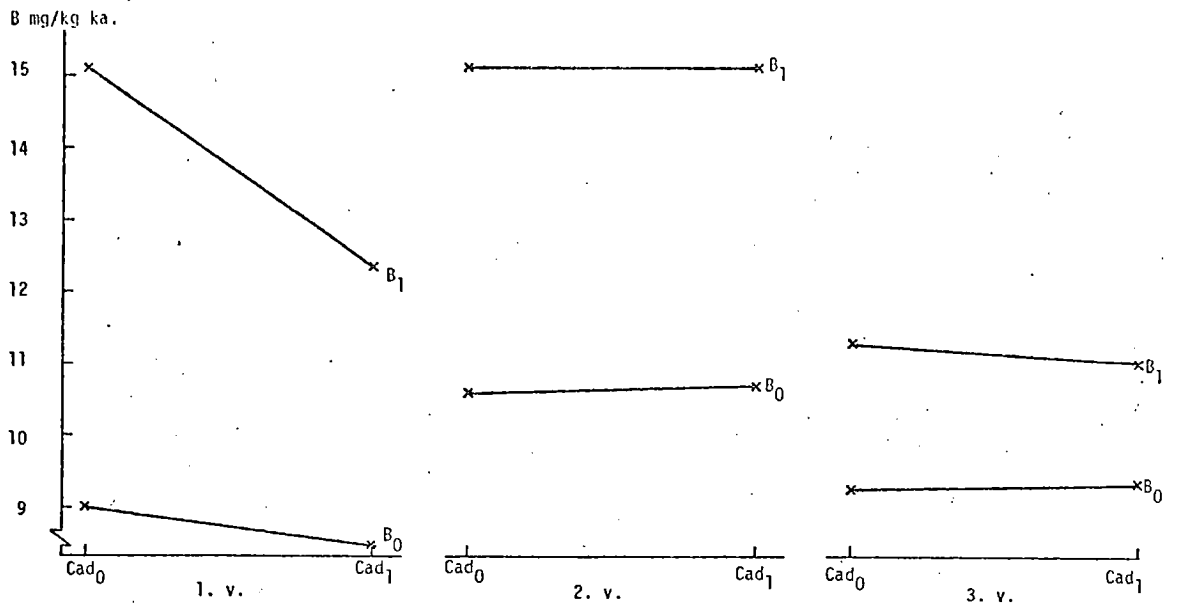
Sinkki- sekä kuparilannoituksen saaneen koejäsenen sadot eivät poikenneet pitoisuuksiltaan yksinomaan sinkkiä tai kuparia saaneista sadoista.

Kalkituksella on ollut selvä vaikutus maan ja heinän ravinteiden määriin. Maan kuparin ja sinkin liukoiset määrät ovat alentuneet. Dolomiittikalkki on lisännyt maan kalkki- ja magnesiumarvoja. Pitoisuuksien muutokset ovat myös sadossa merkitsevät. Timotein Mn-, Fe-, Na-, Zn-, Cu- ja B-pitoisuudet ovat vähentyneet, joskin vain Mn ja Cu osalta tilastollisesti merkitsevästi. Samansuuntaisen raskasmetallien pitoisuuksien alenemisen maassa ja kasvissa on todennut kokeissaan mm. LAKANEN 1971. Kalkituksen ja kokeen hivenlannoitteiden vaikutukset sadon kivennäisainepitoisuuksiin ilmenevät kuvista 7, 8 ja 9.

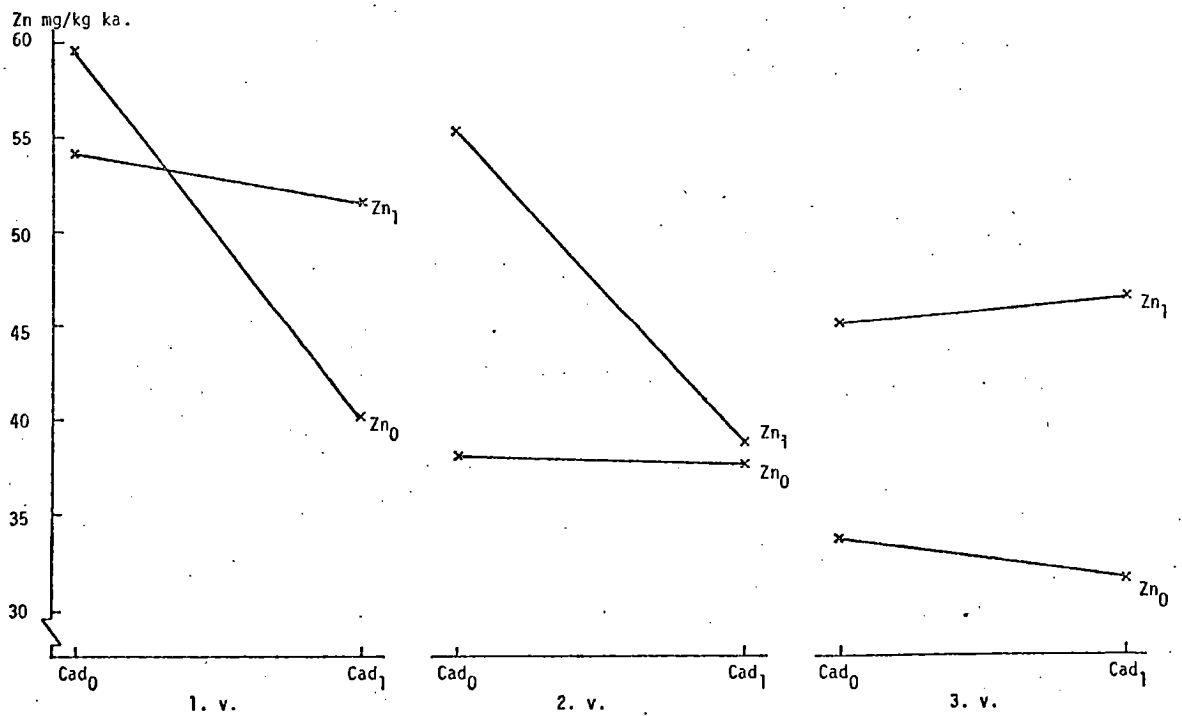
Huomattava kivennäisainepitoisuuksien ero oli eri satojen välillä. Toisen niiton sadossa Ca-, K-, P-, Mg- ja Mn-pitoisuudet olivat korkeammat kuin ensimmäisellä niittokerralla, sensijaan booripitoisuus aleni merkitsevästi.

Ensimmäisenä satovuonna annettu sinkki ja kupari vaikuttivat selvästi kahtena vuotena, mutta ei enää kolmantena kesänä. Boorilannoituksen vaikutus ei ollut kovin suuri, mutta pysytteli samanlaisena koko koejakson ajan.

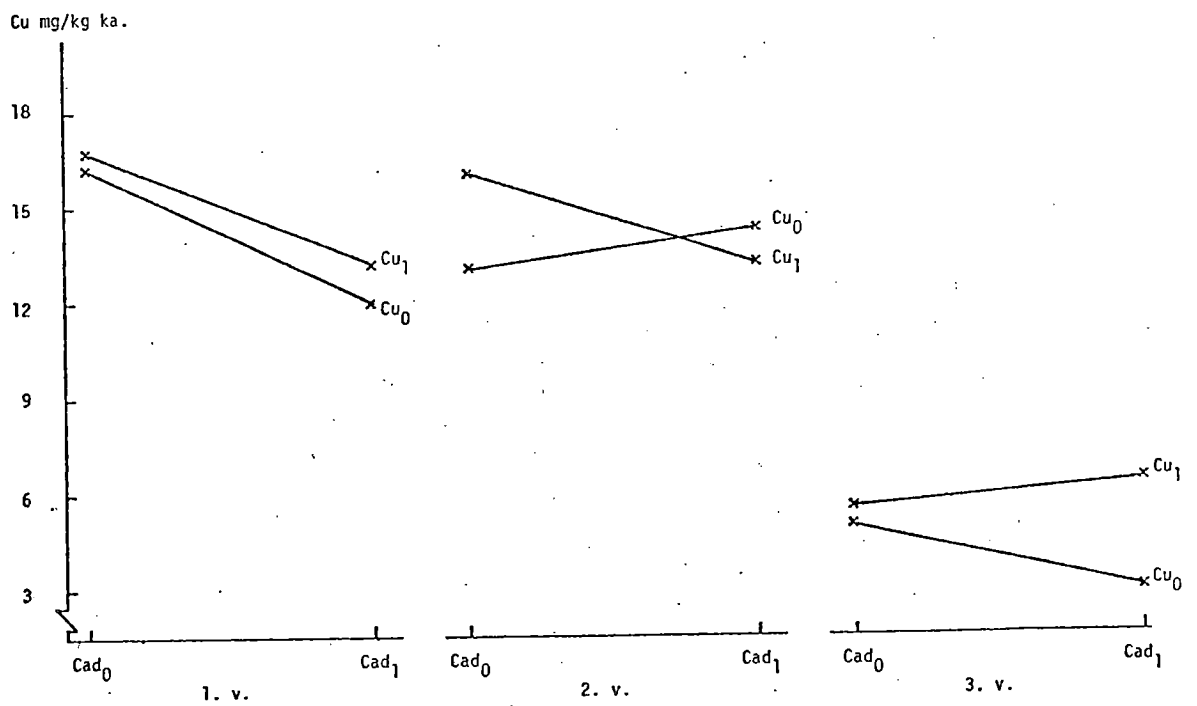
Koeaineistosta laskettiin maan ja kasvien kivennäisainepitoisuuksien vuorosuhteita ensimmäisen vuoden tuloksista. Maan booripitoisuuden noustessa sadon booripitoisuus kohosi (x) ja sinkillä myös merkitsevästi (xx). Maan ja kasvin kuparipitoisuudet eivät korreloineet luotettavasti. Maan kuparipitoisuuden ja sadon K-, Zn- ja B-pitoisuuksien välillä vallitsi positiivinen vuorosuhde, mutta negatiivinen kuparin ja kasvin magnesiumpitoisuuden välillä. Maan sinkkipitoisuus korreloi positiivisesti sadon kali- ja booripitoisuuden kanssa (xxx), mutta negatiivisesti sadon magnesiumpitoisuuden kanssa. Maan booripitoisuus korreloi kasvin kivennäisainepitoisuuksien kanssa kuten sinkki, joskaan ei yhtä voimakkaasti (x). Maan rikkipitoisuuden ja kasvin K-, Zn- ja B-pitoisuuksien korrelaatiot olivat negatiivisia (x).



Kuva 7. Kalkituksen ja boorilannoituksen vaikutus sadon booripitoisuuteen. Lannoitus kg/ha: $Cad_1 = 4000$, $B_1 = 10$ B_0 , $0 =$ ei lannoitusta.



Kuva 8. Kalkituksen ja sinkkilannoituksen vaikutus sadon sinkkipitoisuuteen. Lannoitus kg/ha: $Cad_1 = 4000$, $Zn_1 = 50$ Zn_0 , $0 =$ ei lannoitusta.



Kuva 9. Kalkituksen ja kuparilannoituksen vaikutus sadon kuparipitoisuuteen. Lannoitus kg/ha: Cad₁ = 4000, Cu₁ = 50 Cus, 0 = ei lannoitusta.

TARKASTELU

Aineiston jako ja tulosten tarkastelu on suoritettu koejäsenittäin, maalajeittain ja koevuosittain keskiarvoina. Alueelliseen tai muutoin tarkempaan jaotteluun mentäessä olisivat eri luokkiin kuuluvat havaintomäärät pienentyneet, mutta koejäsen-ten välisiä eroja olisi ilmeisesti havaittu enemmän.

Yleensä hyvin pienet hivenravinnemäärät riittävät kasvin tarpeisiin, toisaalta liian alhainen määrä estää kasvien normaalin kehittymisen. Useiden hivenravinteiden kohdalla kasvin kasvun kannalta optimipitoisuus on lähellä haitallisen jopa myrkyllisen pitoisuuden rajaa. Hyvään kasvuun ja sadon rehuarvoon pyrittäessä lannoitusvaatimuksissa ei ole kovin suurta ristiriitaa, mutta runsaan sadon tuottamiseksi tarvitaan esim. kaliumia enemmän. Voimaperäisessä nurmiviljelyssä on yleensä fosforia kertynyt maahan liikaakin, mutta kali ja usein myös kupari vähenevät. KAHARI ja PAASIKALLIO (1978) toteavat eri puolilta Suomea otetuissa heinänyytteissä jonkinasteista puutosta esiintyneen vain magnesiumin ja kaliumin kohdalla. Korkeimmat kivennäisainepitoisuudet saatiin yleensä eloperäisiltä mailta peräisin olevasta timoteiheinästä ja alhaisimmat savi- ja hiesumailla, poikkeuksen muodostivat kalium- ja kuparipitoisuudet.

Kalkituksen ja koelannoituksen vaikutus maahan

Kalkituksen (4 t/ha Dol) vaikutus koemaiden pH-luvun nousuun on ollut keskimäärin 0,2 yksikköä. Maan vaihtuvan kalsiumin pitoisuus kohosi kahden koesarjan keskiarvona 18 %. Fosforin ja kalin liukoisuuteen kalkituksen vaikutus oli keskimäärin vähäinen.

Käytetty dolomiittikalkki kohotti muutenkin korkeita maan magnesiumlukuja keskimäärin 28 %.

Kalkituksen vaikutus liukoisiin hivenainemääriin ei ollut kaikissa kokeissa kovin johdonmukainen johtuen ilmeisesti maalajien ja koepaikkojen hivenainepitoisuuksien huomattavista eroista. Molemmissa kalkituskokeissa kalkitus pienensi kuparin määriä, boorin ja rikin liukoisuus pysyi entisellään tai nousi, sinkin määrä pieneni ja toisessa koesarjassa suureni, ja raudan liukoisuus kohosi.

LAKASEN (1971) aineistossa maan helppoliukoisen Fe-, Mn-, Zn- ja Mo-määrät alenivat merkittävästi kalkituskokeessa. Muidenkin raskasmetallien (Pb, Ni, Cu, Co) pitoisuudet alenivat.

Koesarjassa d kalkitus vähensi liukoisen kalin määrää ja koesarjassa b helppoliukoisen fosforin määrää huomattavasti. LAKASEN (1971) tutkimuksen mukaan kalkitus saattaa alentaa kasveille käyttökelpoisen kalin määrää tai vaikeuttaa kalin ottoa ja happamien eloperäisten maiden kalkituksesta aiheutuu aluksi helppoliukoisen fosforin määrän alenemista. Tämä fosforin liukoisuusminimi esiintyy pH 5,5 paikkeilla.

ERVIÖ (1975) toteaa tutkimuksessaan, että kalkituksen vaikutus uuttuviin hivenainemääriin on ollut varsin erilainen eri maalajiryhmissä.

Hivenainelannoituksen vaikutus näkyi selvästi maan hivenainepitoisuuksien lisääntymisenä. Suhteellisesti suurin nousu (84 %) oli sinkin määrässä ja käytetty sinkkisulfaattimäärä (50 kg/ha) olikin kerta-annoksena tarpeettoman suuri. Boori- ja kuparipitoisuuksien määrät kohosivat koelannoituksella keskimäärin 40-50 %. Maa-analyysien tulkintakaavion mukaan käytetyt hivenlannoitemäärät kohottivat ko. hivenainepitoisuuden maassa seuraavaan viljavuusluokkaan eli yleensä huonosta välttävään tai välttävästä tyydyttävään.

Hivenlannoitteiden vaikutus näkyi maassa vielä kolmantena kesänä sinkin osalta selvästi ja boorin sekä kuparin pitoisuuksissakin havaittavasti.

Kalkituksen ja koelannoituksen vaikutus satoihin

Kalkitus ei läheskään kaikissa kokeissa lisännyt timoteisatoja, vaikka maan kalki- ja pH-luvut olivat yleisesti alhaiset, tosin timotei on varsin vaatimaton pH:n suhteen. Koeryhmä b:n kokeissa kalkitus kohotti satoja kahtena vuotena keskimäärin 5-6 %. Kolmantena kesänä kalkin jälkivaikutusta ei ollut havaittavissa. Pohjois-Savon ja Pohjois-Pohjanmaan koeasemien kokeissa kalkilla ei ollut mitään vaikutusta satomääriin. Lapin ja varsinkin Kainuun koeaseman kokeessa kalkitus lisäsi satoja merkitsevästi kahtena kesänä.

Kalkin ja käytettyjen hivenlannoitteiden (B, Zn) yhteisvaikutus satoon ei ollut suuri ja boorin suhteen eräissä tapauksissa jopa negatiivinen.

TAINIO (1955) totesi tutkimuksessaan, että kalkitus voi alentaa satoa ja boorin antaminen kalkituksen ohella on tarpeellinen, jos boorin puute maassa on huomattavan suuri.

Hivenlannoitteilla ei koesarjojen keskisatoja tarkastellen saatu tilastollisesti merkitseviä eroja. Edullisin vaikutus oli boorilla ja sadonlisäykset 3-4 % ensimmäi-

sinä koevuosina, mutta kolmantena jo vähäisempi. Sinkkisulfaattilannoitetut koejäsenet antoivat koko kolmivuotisen koejakson ajan 1-3 % suurempia satoja kuin veranne. Kuparilannoitteen vähäinen positiivinen vaikutus ilmeni Pohjois-Savon ja Lapin koeasemien kokeissa.

Silmävaraisesti havaittavia talvehtimiseroja hivenlannoitteet eivät aiheuttaneet. Kalkituksen edullinen vaikutus Kainuun koeaseman ensimmäisen vuoden nurmella on ainoa huomionarvoinen seikka kokeitten talvehtimishavainnoista.

Timotein kalsiumpitoisuudet olivat yleisesti selvästi korkeammat kuin ERVIÖN (1975) 0,2 % ja KAHARIN ja PAASIKALLION (1978) 2,56 g/kg (taulukko 17). Karkeilla kivennäismailla kalsiumpitoisuus vaihteli yleisesti 4,5-5,0 g/kg välillä ja oli merkitsevästi korkeampi kuin eloperäisten maiden satojen vastaavat pitoisuudet. Rahkaturpeella sadon kalsiumpitoisuus vaihteli keskimäärin 3,30-3,80 g/kg välillä ja oli n. 0,5 g/kg alempi kuin saraturpeella. Kalkitus nosti sadon kalsiumpitoisuutta merkitsevästi molemmilla niittokerroilla ja oli kolmivuotisessa kokeessa keskimäärin n. 0,2 g/kg. Myös hivenlannoitus (B, Zn) kohotti sadon Ca-pitoisuutta, joskaan ei keskimäärin merkitsevästi. Niittokertojen väliset erot olivat varsin selvät ja kalsiumpitoisuudet korkeimmat syyssadossa.

Ko. hivenlannoituksella tai kalkituksella ei ollut vaikutusta sadon K-pitoisuuteen. Sensijaan maalajien väliset erot olivat selvät. Karkeilla kivennäismailla pitoisuus oli n. 30 g/kg ja eloperäisillä mailla hiukan yli 20 g/kg. Kaliumpitoisuudet olivat kasvien kasvuvaatimuksiin nähden sopivat, mutta eläinten ravitsemuksen kannalta tarpeettoman korkeat (taulukko 17)

Satojen fosforipitoisuus oli yleisesti ottaen melko korkea ja lähellä optimia kasvun kannalta. Fosforilannoitus kohotti fosforipitoisuutta eloperäisillä mailla, joilla se luontaisestikin oli korkein, mutta ei kivennäismailla. Sensijaan kalkki ja käytetyt hivenaineet vaikuttivat päinvastoin eli alensivat sadon fosforipitoisuutta.

Paikalliskokeissa vuosittain käytetty fosforilannoitus (P 80 kg/ha) saattoi olla tarpeettoman suuri. Tällä lannoitustasolla satojen fosforipitoisuudet kohosivat vuosittain selvästi. Liian korkea fosforipitoisuus saattaa aiheuttaa esim. sinkin puutoksen (MORTVENDT 1979, PENG ym. 1980).

Satojen magnesiumpitoisuudet vaihtelivat yleisesti välillä 2-2,5 g/kg, joka on riittävä määrä kotieläinten rehussa. Dolomiittikalkki kohotti sadon magnesiumpitoisuutta selvästi. Ensimmäisessä sadossa magnesiumpitoisuus oli pienempi kuin toisessa ja eloperäisillä mailla suurempi kuin kivennäismailla.

Taulukko 17. Suositeltavia kivennäisainepitoisuuksia sadon kuiva-aineessa eläinten ja sadon kannalta sekä keskimääräiset pitoisuudet eräässä aineistossa.

	Laidunruohon ki- ¹⁾ venn.ainepitoi- suudet eläinten kannalta	Yhteispohjois- ²⁾ maiset normit naudoille	Laidunruohon ki- ³⁾ venn.ainepitoi- suudet sadon kannalta	Timotein kes- ⁴⁾ kimääräiset kivennäisainepi- toisuudet
K	7 g/kg		21 g/kg	23,6 g/kg
P	4,5 "		3,5 "	2,89 "
Ca	6 -7 "		-	2,56 "
Mg	2 -2,5 "		1- 1,5 "	1,26 "
Na	1,5-2,5 "		ei tod. tarpeell.	47 mg/kg
Cu	10 "	10 mg/kg	5-(15) mg/kg	4,15 "
Mn	100	40 "	(40-200 ")	67,4 "
Fe		n. 100 "		44,4 "
Zn		50 "		32,0 "
Co		0,1 "		0,062 "
Se		0,1 "		-
Mo		0,1-0,5 "		0,49 "

1) Nurmiviljelyn opas 1981

2) KOSSILA 1976

3) Nurmiviljelyn opas 1981

4) KAHARI ja PAASIKALLIO 1978

Hivenlannoitteilla Zn, Cu ja B ei ollut merkitsevää vaikutusta muiden tutkittujen (Mn, Fe, Na) hivenaineiden pitoisuuksiin sadossa. Vuosivaihtelu oli useissa tapauksissa näidenkin osalta merkitsevä.

Satojen sinkkipitoisuudet vaihtelivat maalajiryhmittäin huomattavasti. Kivennäismailla pitoisuus oli a-, b- ja d-koesarjoissa n. 40-45 mg/kg ja eloperäisillä mailla n. 5 mg/kg pienempi. Nousevien sinkkimäärien kokeessa (c) maan sinkkipitoisuudet olivat muita kokeita pienemmät ja sadossa tämä näkyi 5-10 mg/kg alhaisempina pitoisuuksina. Pohjois-Suomen karkeilla kivennäismailla, sinkkipitoisuus 15 mg/l maata, riitti 25 kg/ha sinkkisulfaattia kohottamaan sadon sinkkipitoisuuden lähes 50 mg/kg tasolle. Eloperäisillä mailla pitoisuus kohosi 26:sta 38:aan mg/kg:ssa, maan sinkkipitoisuuden ollessa n. 5 mg/l eli varsin alhainen. Koesarjoissa a, b ja d käytetty sinkkisulfaattimäärä oli 50 kg/ha ja koealueiden sinkkipitoisuus vaihteli rajoissa 5-20 mg/l maata. Pitoisuutta 15 mg/l pidetään huonon raja-arvona. Saatujen koe-tulosten mukaan 25 kg/ha sinkkisulfaattia on sadon laadun kannalta riittävä määrä kivennäismailla ja eloperäisilläkin mailla ns. puutosalueita lukuunottamatta. Kal-kitus on alentanut sadon sinkkipitoisuutta selvästi. Korkea sinkkipitoisuus on haitannut kasvin kuparin ottoa. Lannoitusuusitus 5-15 kg/ha sinkkisulfaattia on pienempi kuin mitä näiden kokeiden tulokset osoittavat. Sinkin ja kuparin vasta-

vaikutteisuudesta johtuen ja ellei samanaikaisesti huolehdita kasvin muiden hivenaineiden ja kalkin saannista on lannoitussuositus hyvinkin sopiva. Sinkkisulfaattilla on useampivuotinen vaikutus ja näissä kolmivuotisissa kokeissa ei ilmennyt lannoituksen uusimistarvetta vielä kokeen päättyessä.

Kupari on tärkeä hivenravinne sadon määrää ja laatua ajatellen. Rehun kuparipitoisuus 10 mg/kg on riittävä niin ruokinnan kuin kasvinkin kannalta. Kuparilannoitus oli koejäsenenä vain kokeessa d, ja muissa kokeissa se kuului peruslannoitukseen. Niinpä satojen kuparipitoisuudet olivat yleisesti riittäviä. Kuparisulfaattilannoitus 50 kg/ha nosti sadon kuparipitoisuutta 1 mg/kg eli 10,7:stä 11,7:ään. Kalkituksen vaikutus oli kuparipitoisuutta alentava ja koesarjassa d suuruudeltaan 0,7 mg/kg. Kuparilannoituksen vaikutus kesti 2 vuotta, ja uusintalannoitus olisi tarpeellinen tämän kokeen mukaan 3-4 vuoden kuluttua. Sadon kuparipitoisuus oli eloperäisillä mailla pienempi kuin kivennäismailla ja II-niitossa alempi kuin I-niittokerralla.

Koemaiden booritilanne oli viljavuusluokituksen mukaan yleisesti välttävän ja huonon rajalla. Kokeille annettu lannoiteboraatti (10 kg/ha) kohotti maan boorilukuja, mutta arvot jäivät keskimäärin välttävään luokkaan. Maahan lisätyn boorin vaikutus näkyi selvästi sadon booripitoisuudessa, joka kaikissa kokeissa ylitti selvästi ERVIÖn (1975) 4,2 mg/kg ja KÄHÄRIn ja PAASIKALLION (1978) 4,88 mg/kg tutkimuksien keskimääräiset timotein booripitoisuudet. Kalkituksella oli sadon booripitoisuutta alentava vaikutus, varsinkin silloin kun booria oli samanaikaisesti lisätty. Boorilannoitus näkyi sadon booripitoisuudessa selvästi kaksi vuotta ja kolmantenakin vuotena vielä havaittavasti.

Pohjois-Suomen pitkä päivä ja runsas valo muodostavat poikkeavat kasvuolot. Koeaineistossa sadot ovatkin ottaneet booria ja kuparia selvästi enemmän kuin koko maassa keskimäärin. Monissa tutkimuksissa on todettu, että boorin tarve kasvaa valoisuuden lisääntyessä. Useat tutkijat ovat todenneet sinkin puutteen esiintyvän kylmissä ja märissä oloissa (MORTVENDT 1979, CHANDEL ja SAXENA 1980). Myös fosfori voi haitata sinkin ottoa (MORTVENDT 1979, WILKINSON ja MAYS 1979, PENG 1980).

Timotei sietää happamuutta melko hyvin, mutta on näiden koetulosten mukaan hyötynyt kalkituksesta Pohjois-Suomen turve- ja hiekkamailla. Kalkituksella oli selvä alentava vaikutus maan ja nurmisadon mikroravinteiden (B, Cu, Zn) määriin. Sadon määriä ajatellen tärkeimmät hivenaineet ovat boori ja kupari sekä rehun laadun kannalta myös sinkki. Hivenlannoituksella nurmen perustamisen yhteydessä voidaan kasvin hivenainetarve turvata useaksi vuodeksi ja samalla parannetaan rehun laatua. Viljavuusanalyysissä todetut hivenainepuutteet tulisi kaikki korjata samanaikaisesti ja kalkituksen hivenaineiden saantia vaikeuttava vaikutus olisi eliminoitava monipuolisella hivenlannoituksella.

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa esitetään tuloksia vuosina 1976-1979 Paikalliskoetoimiston ja Maatalouskeskusten yhteistyönä sekä neljän koeseaman Pohjois-Suomen nurmituhot-projektin puitteissa suorittamista kokeista. Pohjois-Suomen timoteinurmille perustettiin kaikkiaan 76 neljän eri koesuunnitelman mukaista kolmi-vuotiseksi suunniteltua koetta. Koejäseninä olivat koesarjasta riippuen B-, Cu- ja Zn-hivenlannoitteet ja kalkitus tai fosforilannoitus hivenlannoituksen kanssa.

Hivenlannoitteilla ei saatu keskimäärin merkitseviä sadonlisäyksiä, joskin eri maalajeilla ja yksittäisissä kokeissa vaikutus saattoi vaihdella huomattavasti. Boorilannoituksella saatiin 3-4 % sadonlisäyksiä ja kuparilla ja sinkillä sadonlisäykset olivat vähäisiä.

Hivenlannoituksella voidaan parantaa rehun laatua ja turvata kasvien hivenainetarve useaksi vuodeksi. Boori- ja kuparilannoituksen vaikutus oli tosin kolmantena kesänä jo selvästi vähentynyt, mutta sinkin vaikutus pysyi kolmivuotisessa kokeessa lähes muuttumattomana.

Kalkitus alensi selvästi sadon mikroravinteiden (B, Cu, Zn) määriä ja vaikutus oli suurempi ko. hivenlannoituksen yhteydessä.

KIRJALLISUUTTA

- CHANDEL, A. S. & SAXENA, M. C. 1980. Mechanism of uptake and translocation of zinc by pea plants (*Pisum sativum* L.). *Plant and Soil* 56: 343-353.
- EKSTRAND, H. 1953. Höstsädens och vallgräsens övervintring. Statens växtskyddanstalt meddelande 67.
- ERVIÖ, R. 1975. Hivenlannoituksen ja kalkituksen vaikutus maan timotein ravinnepitoisuuksiin. *Kehittyvä Maatalous* 23: 16-24.
- KOSSILA, V. 1976. Nautojen uudet yhteispohjoismaiset kivennäis- ja hivenainenormit. MTTK tutkimuspäivien moniste. 42 p.
- KURKI, M. 1979. Suomen peltojen viljavuuden kehityksestä. Viljavuuspalvelu Oy. 41 p. Helsinki.
- KÄHÄRI, J. & PAASIKALLIO, A. 1978. Kivennäisainetutkimus 3. Timoteiheinin kivennäisainepitoisuudet Suomessa. *Kehittyvä Maatalous* 40: 20-34.
- KÖYLIJARVI, J. 1959. Nurmen lannoituksesta ja apilan menestymisestä Pohjois-Suomen multa- ja turvemilla. *Maatal. ja Koetoim.* 13: 139-148.

- LAKANEN, E. 1971. The effect of liming and long-term fertilizing upon the nutrient status of peat soil and mineral composition of plant material. Selostus: Turvemaan kalkituksen ja pitkäaikaisen lannoituksen vaikutus maan ja kasvin ravinnetilaan. Ann. Agric. Fenn. 10: 194-202.
- MORTVENDT, J. J. 1979. Crop Response to Zinc Sources - Applied Alone or with Suspensions. Repr. Fertilizer SOLUTIONS Magazine, May-June 1979. Tennessee Valley Authority. National Fertilizer Development Center X 443.
- NISSINEN, O. 1970. Effects of minerals on the resistance of English ryegrass to *Fusarium nivale*. Peat & Plant News 2: 3-11.
- PENG, L. X. L., LI, D. X., YU, C. Z., LIU, Y. H. & HUANG, K. 1980. (Investigation on the Zn deficiency and the relationship between phosphorus and zinc in "Low-tu"). Acta Pedologica Sinica 17, 1: 62-68. Soils & Fertilizers 43, 11: 8928.
- POHJAKALLIO, O. & SALONEN, A. 1956. Orientoitumisvaiheen tulokset Muddusniemen koetilän nurmikasvitutkimuksissa. Maatal.tiet. Aikak. 28: 1-17.
- TAINIO, A. 1955. Niittonurmien kupari- ja boorilannoituksen tarpeesta. Maatal. ja koetoim. IX: 58-66.
- WANG, L. C., ATTOE, O. J. & TRUOG, E. 1953. Effect of lime and fertility levels on the chemical composition and winter survival of alfalfa. Agron. J. 45: 381-384.
- WILKINSON, S. R. & MAYS, D. A. 1979. Mineral nutrition. Nat. Fert. Development Center, Tennessee Valley Authority X 458: 41-73.

