MTTK MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 8/90

LEILA URVAS
Kasvintuotannon tutkimuslaitos

Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena

Sinkkisulfaatti ja -kelaatit sinkkilannoitteina

JOKIOINEN 1990
ISSN 0359-7652

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 8/90

LEILA URVAS

	sivut
Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena	1-11
Sinkkisulfaatti ja -kelaatit sinkkilannoitteina	12-18

Kasvintuotannon tutkimuslaitos
Maantutkimuksen tutkimusala
31600 JOKIOINEN
(916) 881 11

ISSN 0359-7652

SINKKISULFAATTI TIMOTEIN LANNOITTEENA

TIIVISTELMÄ

Sinkkilannoitus ei lisännyt timotein satoa, mutta paransi sen sinkkipitoisuutta. Jo 20 kilogramman sinkkisulfaattimäärällä hehtaaria kohti nousi timotein sinkkipitoisuus turvemaalla yli 50 mg/kg kuiva-ainetta ja savimaallakin yli 30 mg/kg. Annettaessa 160 kg sinkkisulfaattia hehtaarille nousi timotein sinkkipitoisuus savimaallakin 48:aan mg/kg ja karkealla hiedalla ja turpeella kasvaneen yli 80 mg/kg.

Astiakokeissa ilman sinkkilannoitusta kasvatettu timotei otti yhden kasvukauden aikana maasta sinkkiä 0,4-0,8 kg/ha, mikä näkyi maa-analyyseissä sinkkipitoisuuden alenemisena. Sinkkilannoitus nosti maan sinkkipitoisuutta selvästi.

Sinkki on tärkeä hivenravinne sekä kasveille että eläimille. Kasvit tarvitsevat sinkkiä sokeriaineenvaihdunnassaan, mikä vaikuttaa niiden talvehtimiseen (MARJANEN ym. 1979). Sinkki edistää myös kasvien tuleentumista (HALVORSON & BERGMANN 1983). Jodin, koboltin, kuparin ja mangaanin ohella sinkki vaikuttaa kotieläinten hedelmällisyyteen (KALELA 1980). Nautakarjan rehun sinkkipitoisuudeksi suositellaankin 50 mg sinkkiä rehun kuiva-ainekilogrammaa kohti (SALO ym. 1982).

Eri puolilta Suomea kerättyjen timoteinäytteiden keskimääräinen sinkkipitoisuus oli 1960-luvulla 30,8 ppm, vaihtelun ollessa 5,0-87,2 ppm (LAKANEN 1968). Vuonna 1974 kerätyssä 1800 timoteinäytettä käsittävässä aineistossa sinkkipitoisuus vaihteli 15-119 mg/kg keskiarvon ollessa 32 mg/kg (KÄHÄRI & NISSINEN 1978).

Timoteipeltojen sinkkipitoisuus oli samaan aikaan 5 mg/l vaihtelun ollessa 0,4-89 mg/l maata. Maalajeista rahkaturve sisälsi vähiten sinkkiä (keskiarvo 1,6 mg/l) ja moreenimaat eniten (keskiarvo 8,5 mg/l, SIPPOLA & TARES 1978). Kasvien kasvun kannalta maan sinkkipitoisuudeksi suositeltiin MTTK:n tutkimusten perusteella 1-6 mg/l (SILLANPÄÄ ym. 1975). Lannoituksella pystytään nostamaan sekä maan että siinä kasvavan timotein sinkkipitoisuutta (KASEVA & SOINI 1981, URVAS 1985).

Suomessa on 1970-luvulta lähtien tehty kenttäkokeita oikean sinkkilannoitusmäärän löytämiseksi. Rehukasveja viljeltäessä suositellaan maille, joiden sinkkipitoisuus on 1,5-2,0 mg/l (viljavuusluokka välttävä) 5 kg sinkkiä hehtaarille, viljavuusluokan huononlainen (1-1,5 mg/l sinkki) maille 10 ja viljavuusluokan huono (alle 1 mg/l) maille 15 kg sinkkiä/ha. Nämä luvut vastaavat 22, 43 ja 65 kg/ha sinkkisulfaattia ja 167, 333 ja 500 kg/ha nykyään käytössä olevaa sinkkilannosta (3 % Zn). 1970-luvulla toteutetun, koko maan käsittävän näytteenoton perusteella noin 30 prosentilla pelloistamme sinkkipitoisuus oli alle 2 mg/l eli tämä ala oli rehuntuotantoa ajatellen sinkkilannoituksen tarpeessa.

Sinkin puutos lisää kasvien fosforipitoisuutta (WEBB & LONERAGAN 1988). Toisaalta korkealla fosforilannoituksella pystytään aiheuttamaan sinkin puutosta kasveissa (HALVARSON & BERGMAN 1983). Puutossymptomit eivät kuitenkaan aina ole helposti havaittavissa ja silmävarainen määritys voi olla epätarkka. Kasvien fosfori/sinkki-(P/Zn-) -suhteesta voidaan päätellä, ovatko kyseiset ravinteet kasvien kannalta oikeassa suhteessa maaassa (TRIER & BERGMANN 1974). Esimerkiksi maissilla P/Zn-suhteen normaaliarvot ovat 50-200. Laskemalla SALOn ym. (1982) rehutaulukoista timotein P/Zn-suhteeksi saadaan 83-117.

Myös maan korkea kuparipitoisuus tai runsas kuparilannoitus voi heikentää kasvien sinkin saantia ja alentaa niiden sinkkipitoisuutta (MARJANEN ym. 1979, ROBINSON 1983). Kun Pohjois-Suomessa 1970-luvulla ryhdyttiin torjumaan turvepeltojen kuparin puutetta runsaalla lannoituksella aiheutettiin

tahattomasti kasveille sinkinpuutosta. Tasapuolisen lannoituksen saamiseksi tulisi tämän vuoksi tarkkailla kasvien Cu/Zn-suhdetta. Timoteilla suhde vaihtelee 0,2-0,3 (URVAS 1985). Unkarilaisen tutkimuksen mukaan se on timoteilla 0,27 ja Gramineae-heimon kasveilla 0,20 (TÖLGYESI 1965).

Sinkkilannoituksen vaikutuksen tutkimiseksi sinkinpuutosmailla perustettiin astiakoe. Lannoitustasoiksi valittiin aikaisemman kokemuksen mukaan normaali (20 kg/ha sinkkisulfaattia) ja ylisuuri lannoitusmäärä (160 kg/ha sinkkisulfaattia). Samassa kokeessa olivat mukana myös kaksi eri sinkkikelaattia, mutta niiden tulokset on käsitelty erikseen.

Koejärjestelyt

Koemaita oli viisi, kolme turvetta, hietasavi ja karkea hieta. Maiden viljavuusluvut ennen koetta ovat taulukossa 1. Peruslannoitusta annettiin koeastiaa kohti alkuaineeksi laskettuna seuraavat ravinnemäärät:

typpeä	(N)	1600 mg	(NH_4NO_3)
fosforia	(P)	500 "	(KH_2PO_4)
kaliumia	(K)	1900 "	(" , KCl, K_2SO_4)
magnesiumia	(Mg)	200	($MgCl_2$ x $6H_2O$)
rikkiä	(S)	200	(K_2SO_4)
kuparia	(Cu)	12	($CuCl_2$ x $2H_2O$)
mangaania	(Mn)	12	($MnCl_2$ x $2H_2O$)
booria	(B)	2	(H_3BO_3)
molybdeeniä	(Mo)	4	(Na_2MoO4 x $2H_2O$)
kobolttia	(Co)	3	($CoCl_2$ x $6H_2O$)

Erillislannoitteena käytettiin sinkkisulfaattia ($ZnSo_4$), jota annettiin 70 mg ja kahdeksan kertaa 70 mg (560 mg) astiaa kohti. Nämä määrät vastaavat peltoviljelyssä 20 ja 160 kg/ha sinkkisulfaattia ja puhtaaksi sinkiksi laskettuna 4,6 ja 36,8 kg Zn/ha. Kerranteita kullakin koejäsenellä oli kolme. Koe tehtiin Kick/Brauckmannin kahdeksan litran (7 l maata) koeastioissa, jotka olivat ulkohäkissä ja ne suojattiin sateelta muovikatoksella. Kasteluun käytettiin deionisoitua vettä.

Taulukko 1. Maiden viljavuusluvut ennen koetta.

Maa	pH	Johto-luku	Kalsium	Kalium	Magnesium	Fosfori	Sinkki	Kupari
					mg/l			
Turve 1	4,25	1,9	1154	51	158	19,3	0,18	2,71
Turve 2	4,15	1,6	650	42	115	11,9	0,81	3,16
Turve 3	4,15	7,5	983	310	216	122,0	1,44	5,33
Hietasavi	6,25	2,8	1856	196	416	4,0	0,58	3,35
Karkea hieta	6,20	2,4	1717	181	169	22,2	0,92	2,41

Koekasvina oli Tarmo-timotei, josta otettiin kolme satoa. Ensimmäisen ja toisen niiton jälkeen kasvustoille annettiin 800 mg typpeä, 250 mg fosforia, 950 mg kaliumia ja 100 mg magnesiumia astiaa kohti. Koe oli yksivuotinen.

Kasvinäytteet analysoitiin maantutkimusosastolla käytössä olevilla menetelmillä (SILLANPÄÄ 1982). Kokeen jälkeen otetuista maanäytteistä määritettiin pääravinteet viljavuusanalyysimenetelmällä (VUORINEN & MÄKITIE 1955), jossa uuttonesteenä käytetään hapanta ammoniumasetaattiliuosta. Maan hivenaineet mitattiin hapanammoniumasetaatti-EDTA -uutteesta (SILLANPÄÄ ym. 1975).

Tulokset ja niiden tarkastelu

Sinkkilannoituksen vaikutus satoon ja sen laatuun

Timotei kasvoi parhaiten sinkkiköyhällä turpeella ja huonoimmin hietasavella. Parhaat kuiva-ainesadot saatiin joko ilman sinkkilannoitusta tai alhaisemmalla sinkkisulfaattimäärällä (20 kg/ha, taulukko 2). Turvemailla kasvaneen timotein sato jäi pienimmäksi ylisuurella (36,8 kg Zn/ha) sinkkilannoituksella. Kivennäismailla sato oli pienin alemmalla lannoitustasolla. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 2. Timotein kuiva-ainesadot g/astia koejäsenittäin ja maalajeittain (Ct = turve, HtSa = hietasavi, KHt = karkea hieta).

Lannoitus ($ZnSO_4$)	Niitot	Maalajit Ct 1	Ct 2	Ct 3	HtSa	KHt
0 kg/ha	I	28,9	36,1	13,7	14,9	19,1
20 "	I	29,1	34,0	14,5	9,3	17,6
160 "	I	29,7	32,1	10,4	12,6	20,1
0 kg/ha	II	29,9	26,0	24,8	22,7	26,0
20 "	II	29,8	25,7	25,5	22,2	22,2
160 "	II	27,1	23,7	22,2	21,2	24,9
0 kg/ha	III	19,3	17,0	19,7	20,8	18,2
20 "	III	19,6	19,4	21,0	19,3	12,3
160 "	III	20,2	16,5	19,6	20,4	15,2
		Kokonaissato				
0 kg/ha	I-III	78,1	79,1	58,2	58,4	63,3
20 "	I-III	78,5	79,1	61,0	50,8	52,1
160 "	I-III	75,2	72,3	52,2	54,2	60,2

Kenttäkokeissa (KASEVA ja SOINI 1981) on myös todettu, että sinkkilannoituksen vaikutus sadon määrään on vähäinen, joskin positiivinen. Kenttäkokeissa sinkkisulfaattia käytettiin 5-50 kg/ha. Sinkkiköyhillä mailla sinkkilannoitus vaikutti eniten kasvien sinkkipitoisuuteen. Myös Kanadassa tehdyissä laajoissa astia- ja kenttäkokeissa sinkkilannoitus ei vaikuttanut rehu- ja viljakasvien sadon määrään, mutta kylläkin kasvien sinkkipitoisuuteen (GUPTA 1989).

Sinkkilannoituksella pystyttiin vaikuttamaan timotein sinkkipitoisuuteen (taulukko 3). Astiakokeen alempi lannoitustaso nosti timotein sinkkipitoisuutta keskimäärin 25 %. Toinen lannoitustaso, joka oli kahdeksankertainen alhaisempaan verrattuna (160 kg $ZnSO_4$/ha), nosti timotein sinkkipitoisuutta 2-4 -kertaiseksi lannoittamattomaan nähden.

Eri maalajeilla kasvanut timotei reagoi sinkkilannoitukseen eri tavalla. Ilman sinkkilannoitusta sinkkipitoisuudeltaan välttävällä savimaalla kasvaneen timotein sinkkipitoisuus oli alhainen eli 24 mg/kg kuiva-ainetta. Suositusten mukaisella

Taulukko 3. Timotein sinkkipitoisuudet (mg/kg kuiva-ainetta) sinkkilannoituskokeen kolmessa eri niitossa ja keskimäärin koko sadossa.

Lannoitus ($ZnSO_4$)	Niitot	Maalajit				
		Ct 1	Ct 2	Ct 3	HtSa	KHt
0 kg/ha	I	25,5a	39,8a	47,1a	21,9a	40,6
20 "	I	52,1b	49,2b	53,5a	28,8a	47,3a
160 "	I	96,9c	102,3c	87,3b	45,4a	88,7b
0 kg/ha	II	19,7a	34,4a	45,4a	24,6a	35,6a
20 "	II	44,3b	43,3a	50,5a	28,5a	47,0a
160 "	II	85,1c	95,0b	79,1b	46,4a	80,4b
0 kg/ha	III	13,7a	29,8a	42,1a	25,3a	31,9a
20 "	III	42,5b	42,1b	51,0a	32,2a	45,1a
160 "	III	75,1c	87,3c	81,1b	50,5a	85,9b
		Koejäsenien keskiarvot				
0 kg/ha	I-III	19,6	34,6	44,9	23,9	36,0
20 "	I-III	46,3	44,9	51,7	29,8	46,5
160 "	I-III	85,7	94,8	82,5	47,5	85,0

sinkkilannoituksella pitoisuus nousi tasolle 30 mg/kg, mikä on normaalin suomalaisen timotein sinkkipitoisuus (30,8 ppm, LAKANEN 1969). Ylisuurella lannoituksella saatiin timotein sinkkipitoisuus savimaallakin nousemaan lähes 50 mg/kg, mikä arvo vastaa nautakarjan sinkin tarvetta koko rehun kuiva-ainekiloa kohti laskettuna (SALO ym. 1982). Turpeilla ja karkealla hiedalla timotein sinkkipitoisuus nousi lähes 50 mg/kg jo alhaisemmalla lannoitustasolla. Korkeammalla lannoitustasolla pitoisuudet olivat jopa 95 mg/kg. Näin suuria sinkkipitoisuuksia on löydetty aikaisemminkin (LAKANEN 1969 ja KÄHÄRI & NISSINEN 1978) myös maanviljelijöiden pelloilla kasvaneista timoteista.

Maalajien ero tuli esille myös verrattaessa eri niittojen timotein sinkkipitoisuuksia (taulukko 3). Turpeilla ja karkealla hiedalla kasvaneen timotein sinkkipitoisuus oli suurin

ensimmäisessä niitossa kaikilla koejäsenillä. Sitä vastoin sekä lannoittamattomalla että sinkkilannoitetuilla savimailla timotein sinkkipitoisuus oli alhaisin ensimmäisen ja korkein kolmannen niiton heinässä. Vihreän linjan kokeissa sinkinotto oli keskimäärin suurin ensimmäisen niiton sadoissa (SILLANPÄÄ & RINNE 1975).

Timotein hehtaarisato on noin 5000 kg. Suomalaisen timotein keskimääräinen sinkkipitoisuus on eri tutkimusten mukaan 30-32 mg/kg (LAKANEN 1969, KÄHÄRI & NISSINEN 1978). Näistä luvuista laskien timoteisadossa poistuu hehtaarilta 150-160 g sinkkiä vuodessa. Jos lasketaan astiakokeessa saatujen timotein sinkkipitoisuuksien mukaan sinkin poistuma hehtaarilta (sato 5000 kg), vaihtelisi lannoittamattomien koejäsenten sinkin otto 98-224 g/ha. Normaalin sinkkilannoituksen saaneilla (4,6 kg Zn/ha) poistuma olisi 149-258 g/ha ja ylisuurella sinkkilannoituksella 238-428 g sinkkiä hehtaarilta. Kenttäkokeissa käytettäessä runsasta typpilannoitusta poistui kuiva-ainesadon mukana 60-279 grammaa sinkkiä hehtaarilta vuodessa (SILLANPÄÄ & RINNE 1975).

Näiden laskelmien mukaan 20 kg sinkkisulfaattia hehtaarille, mikä vastaa noin 150 kg/ha sinkkilannosta, riittää tyydyttämään timotein sinkin tarpeen useiksi vuosiksi. Kemiran antama suositus (LUOMANPERÄ 1989) 150-200 kg sinkkilannosta hehtaarille on riittävä, mutta viljavuuspalvelun 15 kg/ha puhdasta sinkkiä (= 500 kg sinkkilannosta hehtaarille) vaikkakin sinkkiköyhälle maalle vaikuttaa liian suurelta, koska hivenravinteitakaan ei kannata levittää vain varmuuden vuoksi. Ylisuurista annoksista huuhtoutuminen on helpompaa.

Sinkkiköyhillä mailla ilman sinkkilannoitusta kasvaneen timotein P/Zn-suhteet olivat korkeita (taulukko 4) varsinkin kolmannen niiton sadossa. Normaalin sinkkilannoituksen saaneilla (20 kg/ha $ZnSO_4$) timoteilla fosforin ja sinkin suhde vaihteli 108:sta 173:een. Samansuuruisia suhdelukuja (61-168) saadaan, kun lasketaan YLÄRANNAN ja SILLANPÄÄn (1984) sekä JANSSONin (1986) tutkimusten suomalaisen timotein fosfori- ja sinkkipitoisuuksien suhteet. Ylisuurta sinkkisulfaattilannoitusta

käytettäessä timotein P/Zn-suhde jäi alhaiseksi, varsinkin ensimmäisessä niitossa (57-77). Samansuuntaisia tuloksia on saatu kasvihuoneissa, joissa pelkällä sinkkilannoituksella rehuhirssin P/Zn-suhde oli 13-67, kun se optimilannoituksella (P ja Zn) eri maalajeilla oli 50-111 (VEGA ym. 1986).

Taulukko 4. Timotein fosfori/sinkki-(P/Zn-) -suhteet.

Lannoitus ($ZnSO_4$)	Niitot	Maalajit				
		Ct 1	Ct 2	Ct 3	HtSa	KHt
0 kg/ha	I	255	151	149	164	130
	II	386	183	167	158	149
	III	591	211	180	170	163
	keskim.	378	179	165	163	147
20 kg/ha	I	127	122	121	122	108
	II	162	143	142	133	115
	III	173	150	143	134	129
	keskim.	153	138	135	131	116
160 kg/ha	I	68	57	77	73	58
	II	85	64	82	77	63
	III	92	72	84	81	63
	keskim.	80	64	81	78	61

Maan korkea kuparipitoisuus tai runsas kuparilannoitus voi alentaa kasvien sinkkipitoisuutta. (MARJANEN ym. 1979, ROBINSON 1983). Tässä kokeessa käytettyjen maiden sinkkipitoisuus oli alhainen. Kuparipitoisuudet olivat 2,4-5,6 mg/l, mitkä luvut vastaavat viljavuusluokkia tyydyttävä tai hyvä.

Ilman sinkkilannoitusta kasvatetuilla timoteilla Cu/Zn-suhde vaihteli 0,25-0,71, normaalisti lannoitetuilla 0,21-0,26 ja runsaasti sinkkisulfaattia saaneilla 0,10-0,20. Viimeksi mainitut luvut ovat lähimpänä koko maata kattavasta aineistosta laskettuja suhteita, jotka vaihtelevat 0,10-0,16 (KÄHÄRI & NISSINEN 1978). Aikaisemmin tehdyssä astiakokeessa turpeella kasvaneen timotein Cu/Zn-suhde oli 0,2-0,3 (URVAS 1985).

Lannoituksen vaikutus maan sinkkipitoisuuteen

Kokeen alkaessa vain yksi turve kuului sinkkipitoisuudeltaan viljavuusluokkaan huononlainen, kaikki muut viljavuusluokkaan huono. Kokeen jälkeen lannoittamattomien koejäsenten korkein sinkkipitoisuus 1,26 mg/l oli karkealla hiedalla (taulukko 5). Normaalin sinkkilannoituksen (4,6 kg Zn/ha) saaneiden koejäsenten sinkkipitoisuus nousi hietasavella 1,66:een mg/l ja turpeilla jopa 3,76 milligrammaan litrassa, mikä vastaa jo viljavuusluokkaa tyydyttävä. Ylisuurella sinkkilannoituksella (36,8 kg Zn/ha) turpeiden sinkkipitoisuus oli kokeen jälkeenkin vielä korkea eli yli 20 mg Zn/l. Hietasaven ja karkean hiedan sinkkipitoisuus sitä vastoin nousi vain viljavuusluokkaan hyvä (6-20 mg/l).

Taulukko 5. Astiakoemaiden sinkkipitoisuus kokeen jälkeen mg/l maata (suositus pellossa 1-6 mg/l).

Lannoitustaso	Maalajit				
	Ct 1	Ct 2	Ct 3	HtSa	KHt
0, ei Zn-lann.	0,35	0,59	1,10	0,84	1,26
4.6 kg/ha Zn	2,68	3,51	3,76	1,66	2,66
8 x 4.6 kg/ha Zn	23,94	25,20	20,34	7,88	10,92

Aikaisemmissa astiakokeissa jo 1,7 kg Zn/ha nosti maan sinkkipitoisuutta yhdestä 1,4:ään mg/l ja kaksinkertaisella sinkkilannoituksella 2,1:een mg/l sadon ottamasta suuremmasta sinkkimäärästä huolimatta (URVAS 1985). MARJASEN (1979) suositusten mukaan 5-15 kg sinkkisulfaattia hehtaarille on jo riittävä, sillä liian suuri sinkkilannoitus voi aiheuttaa kasveissa fosforin kuljetus- ja kerääntymishäiriöitä. Teoriassa 15 sinkkisulfaattikilogramman sinkki (3,45 kg) riittäisi yli kymmmenen vuoden heinäsadolle (5000 kg/ha, 30-50 mg Zn/kg).

Kirjallisuutta

ANON. 1986. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viljavuuspalvelu. 63 p.

GUPTA, U.C. 1989. Effect of zinc fertilization on plant zinc concentration of forages and cereals. Can. J. Soil Sci 69:473-479.

HALVORSON, A.D. & BERGMAN, J.W. 1983. Zinc Fertilization of Dry Beans on Soils High in Available Phosphorus. Bulletin 751, Montana State Univ., Montana Agric. Exp. Sta., Bull. 751. 12 s.

JANSSON, H. 1986. Viljelykasviemme sinkkipitoisuudet. Koetoiminta ja käytäntö 43:11.

KALELA, K. 1980. Ruokinnan merkitys lehmien hedelmällisyyteen. Nautakarja 1980, 1:4-8.

KASEVA, J. & SOINI, S. 1981. Pohjois-Suomen nurmituhotutkimuksen koetuloksia vuonna 1976-1979. MTTK. Paikalliskoetoimiston tiedote no 14:1-38.

KÄHÄRI, J. & NISSINEN, H. 1978. Mineral Element Contents of Timothy (Phleum pratense L.) in Finland. Acta Agric. Scand. Suppl. 20: 26-39.

LAKANEN, E. 1969. Mineral composition of Finnish timothy. Selostus: Suomalaisen timotein kivennäisainekoostumus. Ann. Agric. Fenn. 8:20-29.

LUOMANPERÄ, S. 1989. Maataloustiedote 21.12.1989. Kemira. Liite 1.

MARJANEN, H., SOINI, S. & SIPOLA, J. 1979. Timotei Pohjois-Suomen nurmikasvina. MTTK. Paikalliskoetoimiston tiedote no 11. Nurmituhoista tuottavaan viljelyyn: 1-65.

ROBINSON, J.B.D. 1983. Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. Vol. 1. Principles, 170 p.

SALO, M-L., TUORI, M. & KIISKINEN, T. 1982. Rehutaulukot ja ruokintanormit, märehtijät-siat-siipikarja-turkiseläimet. Helsinki p. 70.

SILLANPÄÄ, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. FAO Soils Bull. 48. 444 p.

SILLANPÄÄ, M., LAKANEN, E., TARES, T. & VIRRI, K. 1975. Hivenaineiden uutto EDTA:lla tehostetulla happamalla ammoniumasetaatilla suomalaisista maista. Kehittyvä Maatalous 21:3-13.

SILLANPÄÄ, M. & RINNE, S-L. 1975. The effect of heavy nitrogen fertilization on the uptake of nutrients and on some properties of soils cropped with grosses. Ann. Agric. Fenn., Vol. 14: 210-226.

SIPPOLA. J. & TARES, T. 1978. The soluble content of Mineral Elements in Cultivated Finnish Soils. Ann. Agric. Scand. Suppl. 20:11-25.

TRIER, K. & BERGMANN, W. 1974. Zur Diagnose des Zinkmangels bei lantwirtschaftlichen Kulturpflanqen. Arch. Acker u. Pfl. bau u. Bodenk. 18, 1:53-63.

TÖLGYESI, G.Y. 1965. Applicability of newest knowledge on the microelement content of plants on different fields of agricultural sciences. Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae p. 287 - 301.

URVAS, L. 1985. Koetuloksia turvemaan sinkkilannoituksesta. Suomen Suoviljelysyhdistyksen Vuosikirja vsk. 86-90, 1985:47-57.

VEGA, E.V., BORNEMISZA, E. & ALVARADO, A. 1986. Relacion fosforo-zinc en dos toposecuencias de la parte central de la peninsula de Nicoya, Guanacaste. Agronomia Costarricense 10 (1/2):65-72.

VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä. Agrogeol. Julk. 63:1-44.

WEBB, M.J. & LONERAGAN, J. 1988. Effect of Zinc Deficiency on Growth, Phosphorus Concentration and Phosphorus Toxicity of Wheat Plants. Soil Sci.Soc.Am.J., Vol. 52:(6) 1676-1680.

YLÄRANTA, T. & SILLANPÄÄ 1984. Micronutrient contents of different plant species grown side by side. Ann. Agric. Fenn. 23:158-170.

SINKKISULFAATTI JA -KELAATIT SINKKILANNOITTEINA

TIIVISTELMÄ

Astiakokeissa verrattiin kolmen eri sinkkilannoitteen - sinkkisulfaatin ja kahden sinkkikelaatin - vaikutusta toisiinsa. Eri lannoitteissa annetun sinkin määrä oli sama 4,6 kg Zn/ha. Kaikki lannoitteet nostivat saman verran timotein ja maiden sinkkipitoisuutta. Sadon määrään sinkkilannoitus ei vaikuttanut.

Sinkinpuutosmaille, joita 1970-luvulla oli tavattu vain Lapissa, suositeltiin (MARJANEN ym. 1979) 5-15 kg/ha sinkkisulfaattia, mikä vastaa 1,15-3,45 kg Zn/ha. Suositukset olivat näin alhaisia sen vuoksi, ettei liian suuri sinkkilannoitus estäisi normaaleja reaktioita kasvien kasvussa. Näihin määriin oli päädytty nousevien sinkkimäärien kenttäkokeissa, joissa suurin lannoitetaso oli 5,75 kg Zn/ha (KASEVA & SOINI 1981).

Myös aikaisemmissa astiakokeissa on pienen 1,7 ja 3,4 kg/ha sinkkimäärän todettu lisäävän selvästi sekä maan että timotein sinkkipitoisuutta (URVAS 1985).

Nykyään viljavuustutkimuksessa suositellaan rehukasveille silloin, kun maa kuuluu viljavuusluokkaan välttävä (1,5-2,0 mg Zn/l maata), viittä kilogrammaa sinkkiä hehtaarille (21,7 kg Zn SO_4/ha). Jos maan sinkkipitoisuus on alle 1 mg/l, nousee suositus 15 kilogrammaan hehtaaria kohti (ANON. 1986). Tämä tarkoittaa jo 500 kg sinkkilannosta (3 %) hehtaarille.

Keväällä 1986 perustettiin astiakoe, jonka tarkoituksena oli verrata kahta sinkkikelaattia (Disolvine D Zn 9 ja Disolvine E Zn 14) sinkkisulfaattiin. Sinkkikelaattien vertailukokeen lannoitetasoksi otettiin 20 kg sinkkisulfaattia (23 % Zn), mikä merkitsee 4,6 kg sinkkiä hehtaaria kohti.

Koejärjestelyt

Sinkkikelaattien ja -sulfaatin vertailu oli osa astiakokeena toteutettua sinkkilannoitteiden vertailua, joten koejärjestelyt ovat samat kuin julkaisussa "Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena" (URVAS 1990).

Peruslannoituksen lisäksi sinkkilannoitemäärät olivat seuraavat:

70 mg	sinkkisulfaattia	astiaa	kohti
194 "	Disolvine D Zn 9	"	"
107 "	" E Zn 14	"	"

Myös sinkkilannoitteet sekoitettiin maahan eikä ruiskutettu kasvustoon.

Koekasvina oli Tarmo-timotei, josta otettiin kolme satoa. Kasvinäytteet analysoitiin maantutkimusosastolla käytössä olevilla menetelmillä (SILLANPÄÄ 1982). Kokeen jälkeen otetuista maanäytteistä määritettiin pääravinteet viljavuusanalyysimenetelmällä (VUORINEN & MÄKITIE 1955), jossa uuttonesteenä käytetään hapanta ammoniumasetaattiliuosta. Maan hivenaineet mitattiin hapanammoniumasetaatti-EDTA -uutteesta (SILLANPÄÄ ym. 1975).

Tulokset ja niiden tarkastelu

Sadot

Sinkkilannoitetyypeillä - sinkkisulfaatilla tai sinkkikelaateilla - ei ollut merkitsevää vaikutusta sadon määrään (taulukko 1). Sinkkikelaattia saaneilla kahdella saraturpeella ja hietasavella timotein kuiva-ainesato oli jopa koesarjan pienin. Karkealla hiedalla kasvatetun timotein sato oli vähäisin sinkkisulfaattia saaneilla koejäsenillä. Lannoittamattomien koejäsenten suurimmat sadot saatiin saraturpeella kasvaneista timoteista. Aikaisemmin tehdyssä astiakokeessa, jossa koemaana oli turve ja sinkkilannoitustasoja kaksi

(URVAS 1985), ei timotein kuiva-ainesadoissa ollut eroja. Myös kenttäkokeissa, joita Pohjois-Suomessa tehtiin kymmeniä viljelijöitten pelloilla, saatiin sinkkilannoituksella sadonlisäyksiä (3-6 %) vain nousevien sinkkimäärien kokeissa (KASEVA ja SOINI 1981). Niissä kokeissa, joissa sinkki oli yhtenä tekijänä muiden hiventen joukossa, ei sinkki lisännyt satojen määrää.

Taulukko 1. Timotein kuiva-ainesadot (kolme niittoa) g/astia koejäsenittäin ja maalajeittain (Ct = saraturve, HtSa = hietasavi, KHt = karkea hieta).

Koe-jäsen	Lannoitus-taso	Maalajit				
		Ct 1	Ct 2	Ct 3	HtSa	KHt
1	0 kg Zn/ha	78,2	79,1	58,1	58,6	63,2
2	4,6 kg Zn/ha ($ZnSO_4$)	78,6	79,0	61,0	50,8	52,1
3	4,6 kg Zn/ha (Zn-kel.1)	80,0	73,5	42,3	49,6	66,9
4	4,6 kg Zn/ha (Zn-kel.2)	79,9	79,5	52,6	61,5	57,2

Timotein sinkkipitoisuus

Sinkkipitoisuus vaihteli ilman sinkkilannoitusta kasvatetuilla timoteilla 20-45 mg:aan kilogrammassa kuiva-ainetta. Sinkkisulfaatti nosti timotein koko sadon sinkkipitoisuuden 30-52 mg/kg ja kelaatit 27-51:een milligrammaan kilogrammassa (taulukko 2). Sinkkipitoisuudet vaihtelivat suuresti eri maalajeilla kasvaneilla timoteilla ja sinkkilannoituksen vaikutus näkyi kohonneina pitoisuuksina. Tilastollista merkitsevyyttä oli kahdella saraturpeella kasvaneen timotein lannoittamattoman ja kaikkien lannoitettujen koejäsenten välillä kaikkien niittojen sadoissa. Hietasavella ja karkealla hie-

dalla sinkkisulfaatti kohotti merkitsevästi timotein sinkkipitoisuutta vain toisen ja kolmannen niiton sadoissa. Eri lannoitelajien vaikutuksella timotein sinkkipitoisuuteen ei sensijaan ollut eroa.

Taulukko 2. Eri maalajeilla kasvaneen timotein kolmen niiton sinkkipitoisuudet (mg/kg kuiva-ainetta) koejäsenittäin.

Koe-jäsen	Niitot	Maalajit				
		Ct 1	Ct 2	Ct 3	HtSa	KHt
1	I	25,5a	39,8a	47,1a	21,9a	40,6a
2	I	52,2b	49,2b	53,5a	28,8a	47,3a
3	I	49,9a	50,6b	51,4a	28,1a	46,3a
4	I	54,3b	46,4b	52,1a	26,7a	47,0a
1	II	19,7a	34,4a	45,4a	24,6a	35,6a
2	II	44,3b	43,3b	50,5a	28,5b	47,0b
3	II	43,4b	46,9b	51,5a	27,2ab	40,2ab
4	II	46,4b	43,6b	48,0a	27,5ab	45,2b
1	III	13,7a	29,8a	42,1a	25,3a	31,9a
2	III	42,5b	42,1b	51,0a	32,2b	45,1b
3	III	37,9b	44,8b	49,3a	31,0ab	37,5ab
4	III	41,5b	41,2b	44,2a	27,2ab	41,4ab
		Koejäsenien keskiarvot				
1	I-III	19,6	34,6	44,9	23,9	36,0
2	I-III	46,4	44,9	51,7	29,8	46,5
3	I-III	43,7	47,4	50,7	28,8	41,3
4	I-III	47,4	43,4	48,1	27,1	44,5

Tässä kokeessa timotein sinkkipitoisuus nousi lannoittamalla yli 40 mg/kg sekä saraturve- että karkea hieta -maalle. Hietasavella kasvatetun timotein sinkkipitoisuus sitä vastoin nousi parhaimmillaankin vain 30 mg/kg ollen lannoittamattomalla koejäsenellä 24 mg/kg.

Aikaisemmin turvemailla suoritetuissa astiakokeissa, joissa maan sinkkipitoisuus oli 1 mg/l ja sinkkilannoitus oli hivenen alhaisempi (3,4 kg/ha), timotein sinkkipitoisuus nousi keskimäärin 38,6:een mg/kg kuiva-ainetta (URVAS 1985). Koekentillä, joiden sinkkipitoisuus oli normaali eikä lisä-

lannoitusta annettu, saatiin yhdeksän eri koepaikan keskiarvoksi 27-32 mg sinkkiä kilogrammassa kuivaa timoteita (JANSSON 1986). Saman verran oli sinkkiä suomalaisessa timoteissa keskimäärin (31 ppm) jo 1960-luvulla (LAKANEN 1969). Pohjois-Suomessa tehdyissä sinkkilannnoituskokeissa timotein sinkkipitoisuudet olivat edelliseen verrattuna korkeampia (KASEVA ja SOINI 1981). Suurimmat pitoisuudet ylittivät nautakarjan rehulle asetetun sinkin tarpeen raja-arvon, mikä on 50 mg sinkkiä rehun kuiva-ainekiloa kohti (SALO ym. 1982).

Lannoitteen vaikutus maan sinkkipitoisuuteen

Kokeeseen valittiin maita, joiden sinkkipitoisuus oli alhainen. Vain yksi turve kuului sinkkipitoisuutensa puolesta luokkaan huononlainen, muut olivat viljavuusluokkaa huono (sinkkiä alle 1 mg/l maata). Kokeen jälkeen lannoittamattomien koejäsenten sinkkipitoisuudet olivat lähes yhtä suuret kuin keväällä koetta aloitettaessa (URVAS 1990).

Sinkkilannoituksen vaikutus näkyi maiden sinkkipitoisuuden nousuna (taulukko 3). Turpeilla, joiden pH oli alhainen, sinkkipitoisuus oli lannoitetuilla koejäsenillä moninkertainen verrattuna lannoittamattomaan maahan. Kivennäismailla, joiden pH tässä kokeessa oli yli kuuden, maan sinkkipitoisuus oli lannoitetuilla koejäsenillä kokeen jälkeen vain kaksinkertainen verrattuna lannoittamattomaan. Tässä voi olla kysymys sinkin pidättymisestä eri tavalla eloperäiseen kuin kivennäismaahan, mutta myös pH:n nousun tiedetään alentavan maan liukoisen sinkin pitoisuutta (LINS & COX 1988).

Aikaisemmissa astiakokeissa (URVAS 1985) on todettu, että yhden vuoden kasvusto ei käyttänyt kaikkea 1,7 kg/ha annetusta sinkistä, vaan sekin nosti turpeen sinkkipitoisuutta 0,4 milligrammalla litrassa maata. Kenttäkokeissa on todettu sinkkilannoituksen näkyvän vielä kolmannen vuoden sadon kohonneina sinkkipitoisuuksina (KASEVA ja SOINI 1981), joten pienikin sinkkilannoitus vaikuttaa pitkään.

Taulukko 3. Maiden sinkkipitoisuudet (mg/l) ennen koetta ja sen jälkeen koejäsenittäin ja maalajeittain.

Koejäsen	Maalajit				
	Ct 1	Ct 2	Ct 3	HtSa	KHt
Ennen koetta	0,18	0,81	1,44	0,58	0,92
1	0,35	0,59	1,10	0,84	1,26
2	2,68	3,51	3,76	1,66	2,66
3	2,44	3,40	3,98	1,65	2,26
4	2,67	3,39	3,59	1,55	2,65

Sinkkisulfaatin ja kahden sinkkikelaatin vaikutuksessa maan sinkkipitoisuuteen ei ollut eroa. Lannoitettujen maiden sinkkipitoisuudet erosivat toisistaan kokeen jälkeen vain 0,1-0,4 mg/l (taulukko 3), kun lannoitteiden jälkivaikutus oli 1,0-2,7 mg/l. Kelaatit eivät tässä kokeessa osoittautuneet sinkkisulfaattia paremmiksi.

Kirjallisuutta

ANON. 1986. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viljavuuspalvelu. 63 p.

JANSSON, H. 1986. Viljelykasviemme sinkkipitoisuudet. Koetoiminta ja käytäntö 43:11.

KASEVA, J. & SOINI, S. 1981. Pohjois-Suomen nurmituhotutkimuksen kotuloksia vuonna 1976-1979. MTTK. Paikalliskoetoimiston tiedote no 14:1-38.

LAKANEN, E. 1969. Mineral composition of Finnish timothy. Selostus: Suomalaisen timotein kivennäisainekoostumus. Ann. Agric. Fenn. 8:20-29.

LINS, I.D.G. & COX, F.R. 1988. Effect of Soil pH and Clay Content on the Zinc Soil test Interpretation for Corn. Soil Sci.Soc.Am.J., Vol. 52 (6):1681-85.

MARJANEN, H., SOINI, S. & SIPOLA, J. 1979. Timotei Pohjois-Suomen nurmikasvina. MTTK. Paikalliskoetoimiston tiedote no 11. Nurmituhoista tuottavaan viljelyyn:1-65.

SALO, M-L., TUORI, M. & KIISKINEN, T. 1982. Rehutaulukot ja ruokintanormit, märehtijät-siat-siipikarja-turkiseläimet. Helsinki p. 70.

SILLANPÄÄ, M., LAKANEN, E., TARES, T. & VIRRI, K. 1975. Hivenaineiden uutto EDTA:lla tehostetulla happamalla ammoniumasetaatilla suomalaisista maista. Kehittyvä Maatalous 21:3-13.

SILLANPÄÄ, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. FAO Soils Bull. 48. 444 p.

URVAS, L. 1985. Koetuloksia turvemaan sinkkilannoituksesta. Suomen Suoviljelysyhdistyksen Vuosikirja vsk. 86-90, 1985:47-57.

URVAS, L. 1990. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 90.

VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä. Agrogeol. Julk. 63:1-44.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.

2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.

3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.

4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.

5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.

6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.

7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.

8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaistorjunnassa. 26 p.

9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määritys. 67 p. + 12 liitettä.

10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13. Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.

11. YLÄRANTA, T. Jordanalysmetoder i de nordiska länderna. 13 p.

12 LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanneskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-1982. 21 p.

13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.

14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.

15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTTK:n julkaisuista 1983. 74 p.

2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailla. 35 p.

3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.

4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-1983. 22 p.

5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaatilla. 21 p.

6. VUORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.

7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.

8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.

9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.

10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskokeiden tuloksia 1978-1983. 42 p.

11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.

12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.

13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maalajeissa. 10 p.

14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.

15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.

16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.

17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.

18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.

19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.

20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.

21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.

22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.

PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.

23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteiden kompostointi. I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa. II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina. III Kompostin arvo lannoitteena. 52 p.

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.

2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORDLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.

3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakokeissa 1970-luvulla. 270 p.

4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.

5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuustutkimus. 38 p.

6. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.

7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve. Nitrogen and water reguirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.

8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.

9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon. Kuivikkeiden ammoniakin sitomiskyky. 25 p.

10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. & VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.

11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M. Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.

12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely imeytyskentällä. 36 p.

13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.

14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.

15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.

16. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1977-1984. 168 p. + 4 liitettä.

17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet. Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessa 1983-1984.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.

18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.

19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.

20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.

21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.

22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaana kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmissa. p. 21-26.

23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.

24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urean, urea-fosforihappo-viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soijan vertailu raakavalkuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.

25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.

26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. Kirjallisuustutkimus. 77 p.

27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa. 24 p. + 2 liitettä.

1986

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1985. 69 p.

2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.

3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteena. 25 p.

4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-1984. 48 p.

5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1978-1985. 128 p. + 4 liitettä.

6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-1984. 42 p.

7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.

8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla. p. 1-15.
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä. p. 16-21.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla. p. 22-27.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa. p. 28-42.

9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina. 43 p.

10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.

11. SOVERO, M. Nopsa-kevätrypsi. 15 p. + 2 liitettä.

12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p. + 4 liitettä.

13. PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.

14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Hernekaurasta saatava typpilannoitushyöty. 27 p. + 22 liitettä.

15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 28 p.

16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + liite.

17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.

18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.

19. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 1. Kolmen ensimmäisen lypsykauden tuotantotulokset. 114 p. + 5 liitettä.

20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 2. Lehmien syöntikyky, ravinnonsaanti ja rehun hyväksikäyttö sekä hedelmällisyys ja kestävyys kolmen ensimmäisen tuotantovuoden aikana. 293 p. + 23 liitettä.

21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.

22. URVAS, L. & VIRKKI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.

23. VUORINEN, M. Kalkituskokeiden tuloksia saraturvemaalta 1977-1983. 22 p.

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.

2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.

3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.

4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.

5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kuluminen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.

6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.

7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.

8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. p. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. p. 67-134.

9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koristekasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 38 p.

10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.

11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8. Domestic Varieties. p. 9-17.

12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pihlajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.

13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.

14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyvalvonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljelykasveihin. 62 p.
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja tuotantoon. 109 p.

15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.

16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984. 29 p.

17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turvemaiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astiakokeessa. p. 1-17.
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoituksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenravinnepitoisuuksiin. p. 38-47.
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.
Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p. 63-68.

18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen viljelylajike. p. 1-8.
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.

19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahinkojen arviointitutkimus. 87 p.

20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ymppäys Rhizobium-bakteerilla. Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.

21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa. P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.

22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.

23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p. + 1 värikuvaliite.

24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.

2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.

3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.

4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätviljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.
Starane M kevätviljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.
Kamilon B ja Kamilon D kevätviljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.
Kevätviljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipactril. p. 24-31.

5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasviperäisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13
KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.

6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.

7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. p. 3-22, 2 liitettä.

EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. p. 23-34, 1 liite.

ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (Lupinus angustifolius L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 35-54.

ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 55-90.

8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.

9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.

10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.

11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.

12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980–1987. 138 p. + 1 liite.

13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.

14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986–87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.

15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.

16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätviljojen siemenen orastumiskokeet. p. 1–17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhykejakoehdotus. p. 18–31.

17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvöaika. 72 p.

18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1–15.
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16–24.

19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan lietelannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.

20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.

21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TALVITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vaikutukset kevätviljojen satoon ja laatuun: kuuden koevuoden tulokset. p. 1–61 sisältäen 3 liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality of cereals: results after six years.

PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. p. 62–167 sisältäen 3 liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemical properties of soil.

22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityypiltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistemiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981–1988. 147 p. + 8 liitettä.

3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.

4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdollisuuksista heinänkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.

5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.

6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981-88. 25 p.

7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986-88. 36 p.

8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.

9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetaimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.

10. UUSI-KÄMPPÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta. 66 p.

11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985 - 1988. Toimittanut Katri Pahkala. 95 p.

12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan Ficus pumila L. pistokkaiden juurrutuksessa. p. 2-6.
JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan. p. 7-22.
JUHANOJA, S. Amppelikasvien viljelyaikatauluja. p. 23-34.
PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. p.35-38.

14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintakokeissa. 46 p.

15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 liitettä.

16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.

17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. Plasmacytos försämrar avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink. Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink. p. 1-17.
ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla - emulgaattorien vaikutus. Fettsmältbarhet hos mink- och blårävsvalpar - inverkan av emulgerande ämnen. Digestibility of different fats in mink and blue fox kits - influence of emulsifying agents. p. 18-37.

18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutus jätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. p. 54.

19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. p. 1-24.
Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. p. 26-48.
Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. p. 50-52.

20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteiden ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.

21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.

22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.

1990

2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa-ja metsätaloudessa 1953 - 1987. 58 p.

3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.

4. MELA, T., KÄNKÄNEN, H. & ILOLA, A. Heikkoitoisen kevätviljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.

5. SALO, Y & PIETILÄ, E. Laari-kevätvehnä. 32 p. + 2 liitettä.

7. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1982 - 1989. 129 p. + 2 liitettä.

8. URVAS, L. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena p. 1-11
Sinkkisulfaatti ja kelaatit sinkkilannoitteina p. 12-18