

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 17

INTO SAARELA:
KALIUMLANNOITUKSEN PORRASKOKEET 1977—1981

JOKIOINEN 1982
ISSN 0356-7710

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

T I E D O T E N : o 1 7

INTO SAARELA:

KALIUMLANNOITUKSEN PORRASKOKEET 1977-1981

31600 JOKIOINEN
PUH. 916-133 33

ISSN 0356-7710

Sisällysluettelo	sivu
Esipuhe	1
Tiivistelmä	2
Johdanto	3
Aineisto ja menetelmät	4
Tulokset	6
Nurmen kuiva-ainesadot	6
Viljan jyväsadot	10
Satojen kaliumsisältö	11
Maan kaliumtilan kehitys	14
Muut ravinteet nurmikokeiden sadoissa ja maassa	15
Nurmisatojen K/N-suhde ja suhteellinen sato	18
Olkien palautuksen vaikutus astiakokeessa	18
Olkien maahankynnön vaikutus	22
Tarkastelu	23
Tulosten tarkastelu	23
Maan ja kasvien kaliumtalous	24
Viljan ja nurmen kaliumlannoitus	28
Kirjallisuutta	35
Taulukot	37-56

Esipuhe

Tämä tutkimus on toteutettu Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden yhteistyönä. Tutkimuksen on suunnitellut ja käynnistänyt Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen johtaja professori Paavo Elonen. Kokeiden jo käynnissä ollessa tutkimuksen vastaavaksi tutkijaksi tullessa minulla on aivan erityistä syytä kiittää professori Elostä niin hänen esimiehenäni osoittamastaan luottamuksesta kuin myös saamastani tuesta ja opastuksesta.

Vaativat, monivuotiset ja edelleen jatkuvat kokeet on suoritettu pääosin koeasemilla. Kiitän koeasemien johtajia ja kokeiden hoitamiseen osallistuneita henkilöitä toivoen hyvän yhteistyön jatkuvan.

Kokeiden suuret maanäytemäärät on analysoitu Maantutkimuslaitoksessa vs. professori Jouko Sippolan johdolla. Hänelle sekä maa-analyysien tekoon osallistuneille henkilöille parhaat kiitokseni. Tulosten atk-laskennan johtamisesta haluan kiittää maisteri Liisa Mattilaa.

Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksella suuren kasvinäyteaineiston käsitteilyyn ja analysointiin sekä Jokioisten ja kiinteiden kenttien kokeiden suorittamiseen osallistuneille henkilöille lämpimät kiitokseni. Erityisen kiitoksen ansaitsevat lisensiaatit Hilikka Tähtinen ja Jorma Kähäri, jotka ovat johtaneet kokeita ja kasvianalyysien suorittamista tutkimuksen alkuvuosina.

Jokioisissa lokakuussa 1982

Into Saarela

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena on nykyaikaista viljelytekniikkaa ja nykyistä peltöjen ravinnetilaa vastaavan taloudellisesti edullisimman kaliumlannoituksen selvittäminen. Vanhat koetulokset eivät osoita viljan kaliumlannoitustarvetta kynnettäessä oljet jatkuvasti maahan. Vanhoissa kokeissa ei käytetty nykyistä sijoituslannoitustekniikkaa, joka niinikään on muuttanut kaliumlannoitustarvetta. Runsaalla typellä lannoitettujen nurmien kaliumlannoitustarvetta ei ole myöskään selvitetty riittävän tarkasti.

Edullisinta kaliumlannoitusta selvitetään monivuotisilla kokeilla, joissa verrataan eri kaliumlannoitustasojen vaikutuksia satoon ja maan kaliumtilan kehitykseen. Koejäseninä ovat kalisuolamäärät, jotka sisältävät kaliumia 20 kilon porsain nollasta 80 kiloon hehtaarille. Nurmille kaliumannokset levitetään erikseen jokaiselle sadolle.

Timoteivaltaisilla nurmilla sadonlisäykset vaihtelivat maalajeittain. Turvemaila kalisuola kaksinkertaisti kuiva-ainesadon vuotuisen sadonlisäyksen ollessa 4180 kg/ha. Suurin kaliumannos (2 x 80 K) oli turvemailloja keskimäärin edullisin. Multamailla kaliumlannoitus lisäsi satoa 28 % eli 1400 kg k.a./ha. Laihalla karkeahietamaalla sadonlisäys oli 52 % eli 2570 kg/ha. Savespitoisilla mailloja kaliumlannoitus lisäsi nurmen kuiva-ainesatoa vain neljä prosenttia.

Viljan jyvästoa kalisuola lisäsi keskimäärin vain 50 kg/ha, mikä on paljon vähemmän kuin vanhoissa kokeissa ja osoittaa olkien palauttamisen vähentävän kaliumlannoitustarvetta. Merkitseviä jyvästoa lisäyksiä kalisuola-rivilannoituksella saatiin eniten savimailloja, päinvastoin kuin vanhoissa kokeissa hajalevitystä käytettäessä. Tuloksia tarkasteltaessa todettiin, että savimailla kalium on voimakaimmin maahiukkasiin sitoutuneena ja vaikeimminkin liikkuvaa, joten kaliumin saanti on ollut hidasta orasvaiheessa juuriston ollessa vielä heikosti kehittynyt.

Tulosten mukaan runsaalla typellä lannoitettujen nurmien kaliumlannoitusta tulisi kaliumköyhimmillä mailloja lisätä nykyisestä. Kaliumköyhille turvemailloja kaliumia tulisi antaa yhtä paljon kuin typpeä. Viljan kaliumlannoitusta tulisi nykyiseltä tasolta vähentää kynnettäessä oljet jatkuvasti maahan.

Johdanto

Kaliumlannoituksen tarve Suomen peltoviljelyssä on aikoinaan selvitetty melko perusteellisesti lukuisin kenttäkokein. Koetulokset ovat kuitenkin suurelta osin vanhentuneet lannoituksen ja muun viljelytekniikan kehittyessä. Tilakohtainen ja alueellinen erikoistuminen ovat johtaneet toisaalta yksipuoliseen viljanviljelyyn ja toisaalta yksipuoliseen heinänurmien viljelyyn.

Viljanviljelyssä yleinen olkien maahankyntö vähentää kaliumin poistumista sadon mukana ratkaisevasti, koska suurin osa viljan ottamasta kaliumista on oljissa. Aikaisemmissa kokeissa ei ole lainkaan verrattu olkien maahankynnön ja kaliumlannoituksen vaikutusta eikä selvitetty kaliumlannoitustarvetta kynnettäessä oljet maahan.

Suuria satoja tuottava runsas typpilannoitus lisää heinäkasvinurmien kaliumin tarvetta jyrkästi. Nurmiheinät käyttävät toisaalta maan kaliumvaroja tehokkaasti. Heinän tarpeen ylittävä kaliumlannoitus huonontaa sadon kivennäiskoostumusta eläinten kannalta kaliumin syrjäyttäessä magnesiumia, kalsiumia ja natriumia.

Nyky aikaista viljelytekniikkaa vastaavan taloudellisesti edullisimman kaliumlannoituksen selvittämiseksi käynnistettiin vuonna 1977 "kaliumlannoituksen por-raskokeet"-niminen tutkimus. Vuodesta 1977 alkaen on perustettu kaikkiaan 34 monivuotista kenttäkoetta kaliumtilaltaan erilaisille pelloille maan eri puolille. Kokeissa seurataan eri kaliumlannoitustasojen vaikutusta tärkeimpien peltokasvien satoihin ja maan ravinnetilaan. Lisäksi suoritettiin 4-vuotinen astiakoe kolmella maalajilla. Tavoitteena on maan kaliumtilaan perustuvat lannoitussuositukset, joita varten kehitetään lannoitustarpeen määrittämistä maa- ja satoanalyysitietojen avulla.

Kenttäkokeiden kesto aika on alkuperäisen suunnitelman mukaan kymmenen vuotta. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen kiinteille koekentille perustetut nurmikokeet jouduttiin kuitenkin koetoiminnan uudelleenjärjestelyjen yhteydessä syksyllä 1979 lopettamaan kahden tai kolmen koivuoden jälkeen. Koeasemien kokeet ja Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen Jokioisten koekentille Tikkurilasta muuton jälkeen perustetut kokeet jatkuvat. Tässä tiedotteessa esitetään vuosien 1977-1980 tulokset sekä joitakin kesän 1981 satoja.

Aineisto ja menetelmät

Kaliumlannoituksen porraskokeet suoritetaan pääosin saman suunnitelman mukaan kuin fosforilannoituksen porraskokeet, jotka on selostettu Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedotteessa 16 (SAARELA ja ELONEN 1982). Koejäsenenä ovat viisi kaliumlannoitustasoa seuraavasti:

Koejäsen	Vilja ja nurmi		Peruna	
	K kg/ha	Kalisuolaa kg/ha	K kg/ha	Kaliumsulfaattia kg/ha
0	0	0	0	0
1	20	40	50	121
2	40	80	100	241
3	60	120	150	362
4	80	160	200	482

Nurmille kaliumportaat ja typpilannoitus annetaan kutakin niittokertaa varten erikseen. Fosforia annetaan superfosfaattina vuosittain viljoille ja nurmille 45 kg/ha ja perunalle 75 kg/ha. Suuremmassa kokeessa on toisena tekijänä (pääruutu) olkien poistaminen tai palautus. Koejäsenet ovat sijoitetut samalla tavalla kuin fosforilannoitus-kalkituskokeissa.

Satoanalyysit ovat samat kuin fosforilannoituksen porraskokeissa. Maa-analyysikin on muuten sama, mutta vesiliukoisen ja happoliukoisen fosforin sijasta määritetään happoliukoinen "reservikalium" 2-molaarista suolahappoa uuttoliuksena käyttäen (= $KHCl$).

Koekenttien maalaji, hiukkaskokojakauma ja orgaanisen aineen pitoisuus sekä keskimääräinen ravinteisuus kokeen alussa esitetään taulukossa 10 (s. 37-38). Kokeet ovat koeyksiköittäin numerojärjestyksessä pienimmästä alkaen. Kaksi ensimmäistä numeroa ilmoittavat suorittavan yksikön (atk-koodi) ja kolme viimeistä yksittäisen kokeen.

Kiinteiden koekenttien nurmikokeissa eloperäiset maat ja muiden kokeiden muokkauskerroksessa savimaat ovat ylliedustettuina. Muuten kaliumlannoituksen porraskokeiden koepaikkojen maalajijakauma edustaa kasviryhmittäin Suomen peltoalaa (taulukko 1).

Viljavuustutkimuksessa käytettävällä menetelmällä (happamalla ammoniumasetaatilla uuttaen) määritettyä vaihtuvaa kaliumia (K_{HAC}) oli kokeen alussa keskimäärin savimaissa 251 mg/l, korkeissa kivennäismaissa 153 mg/l, multamaissa 85 mg/l ja turvemaissa 54 mg/l. Koepaikat vastaavat kaliumtilaltaan hyvin Suomen peltoja verrattaessa niitä viljavuustutkimuksiin (KURKI 1972). Kaikkien koepaikkojen muokkauskerroksen keskimääräinen kaliumluku oli 148 mg/l. Viljavuustutkimusten mukaan Suomen peltojen keskimääräinen kaliumluku on vuosina 1976-1977 ollut 149 mg/l. Kaliumtila on kohentunut melko hitaasti, kun keskiarvo on vuosina 1955-1960 ollut 120 mg/l (KURKI 1979).

Taulukko 1. Kaliumlannoituksen porraskokeiden koepaikkojen maalajijakautuma (kpl) ja koko maan nurmi- ja vilja-alan maalajijakautuma (%) viljavuustutkimusten (KURKI 1972) ja peltoalan käytön (ANON. 1980) mukaan maatalouskeskuksittain laskettuna (M = muokkauskerros, J = jankko)

Maalaji tai maalaji- ryhmä	Kaliumlann.porraskokeet				Koko maan pelloista			
	Kiint. koek.		Muut		Nurmiala		Vilja-ala	
	M	J	M	J	M	J	M	J
HkMr, Hk, Kht	1	4	2	2	18	20	17	16
HtMr, Hht, Hs	2	2	9	9	41	39	36	30
HtS, HsS	1		6	6	5	8	12	14
AS			1	2	1	4	2	10
LjS		1			2	9	6	16
Mm	4		3		16	-	16	-
Lj, Jm					2	4	2	4
Ct, LCt, SCt	4	5	1	3	12	12	7	7
Cst, LSt, St					3	4	2	3
Savimaat	1	1	7	8	8	21	20	40
Karkeat kiv.maat	3	6	11	11	59	59	53	46
Eloperäiset maat	8	5	4	3	33	20	27	14

Tulokset

Nurmen kuiva-ainesadot

Kiinteiden koekenttien nurmikokeiden sadot esitetään taulukossa 11 (s. 39-40). Taulukkoon on merkitty myös niittopäivät, nurmen ikä ja suuntaa-antava kasvilajikustannus. Niittopäivä osoittaa kasvuston kehitysastetta. Ensimmäinen sato on niitetty useimmiten heinäasteella. Sadot ovat olleet timoteivaltaisista. Apilaa on ollut kokeen 02080 yhdessä sadossa 25 % ja kokeen 02077 yhdessä sadossa 10 % ja muissa korkeintaan viisi prosenttia. Koeasemilla on ollut nurmi kolmessa kaliumlannoituksen porraskokeessa (taulukko 12, s. 41-42).

Keskimääräinen kuiva-ainesadon lisäys 2 x 40 kilolla kalisuolaa (2 x 20 K) oli 1140 kiloa ja suurimmalla lannoituksella (2 x 80 K) 2120 kiloa hehtaarilta (taulukko 2). Turvemailla kaliumlannoitus kaksinkertaisti keskimääräisen kuiva-ainesadon, sadonlisäyksen ollessa kaikkiaan 4180 kg/ha. Kahdessa kokeessa sato putosi ilman kaliumlannoitusta noin 10 %:in suurimmalla kaliumportaalla saadusta sadosta (kokeet 02087 ja 24804). Multamailla kaliumlannoitus lisäsi satoa 28 % eli 1400 kg k.a./ha. Karkealla hiedalla kokeessa 02083, jossa maan savespitoisuus oli 3 %, sadonlisäys oli 52 % eli 2570 kg/ha. Muilla kivennäismailla, savespitoisuuden ollessa 14 % tai enemmän, sadonlisäys oli keskimäärin 4 % ja tilastollisesti epävarma.

Ensimmäinen sato kasvoi useimmissa kokeissa hyvin ilman kaliumlannoitustakin, mutta luontaisesti kaliumköyhillä mailla satotaso laski nopeasti käyttökelpoisten kaliumvarojen ehtyessä (kuva 1). Kokeiden lopussa turvemailla sato suureni huomattavasti viimeiselläkin portaalla vuosittain kahtena eränä levitetyn kalisuolamäärän lisääntyessä 240 kg:sta 320 kg:aan/ha.

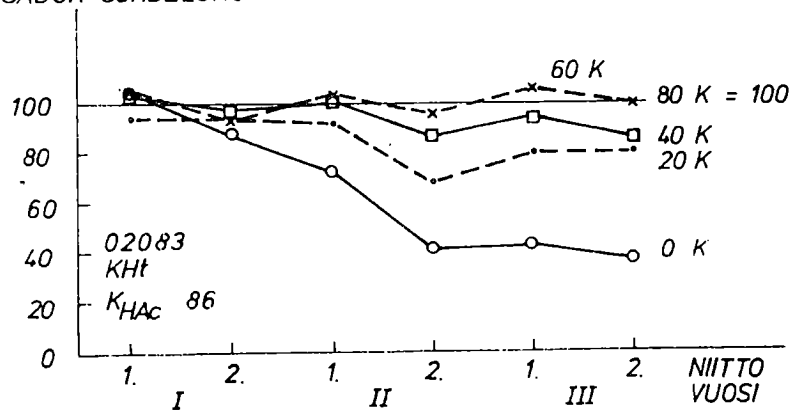
Sekä happamaan ammoniumasetaattiin uuttuva "vaihtuva" kalium että happoliukoinen "reservikalium" osoittivat kaliumlannoituksella saatua sadonlisäystä tilastollisesti merkitsevästi. Maa-analyysi osoitti myös eri portaiden välisiä satoeroja (kuva 2). Molemmat analyysit yhdessä selvittivät 85 % toisen ja neljännen portaan (80 → 160 kg K) välistä satoeroa toisena nurmivuonna.

Taulukko 2. Kaliumlannoituksen keskimääräinen vaikutus nurmen vuotuisen kuiva-ainesatoon.

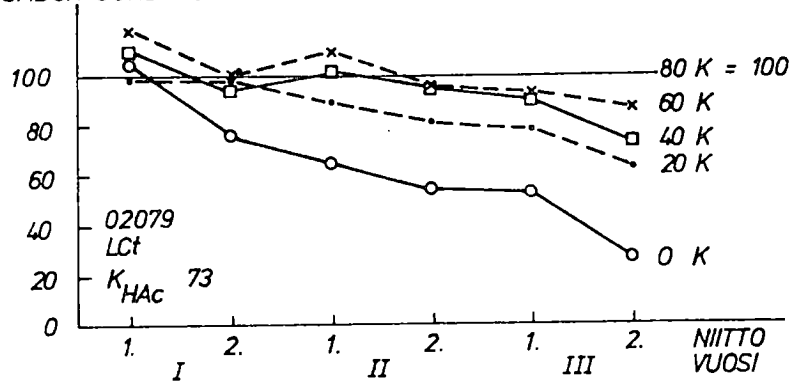
Koe	Maalaji	Maan saves-%	K _{HAc}	K _{HCl}	Vuosia	Kaliumlannoitus, kg K/ha/v				
						0	40	80	120	160
						Kuiva-ainesato, kg/ha				
02077	HtMr	14	102	1648	2	12310	12640	12180	12240	12970
02078	HtMr	16	149	1910	2	11690	12170	12240	11840	11530
02079	LCt	-	73	148	3	6420	9170	10150	10940	11200
02080 [*]	Mm/KHt	-/5	50	134	(3)	4240	4720	4870	4810	5000
02081	Ct	-	34	74	(3)	4310	5580	6600	7170	7070
02083	KHt	3	86	158	3	4990	6460	7240	7690	7560
02084	Mm/LjS	-/47	46	199	2	6680	7140	7600	7940	8220
02085	HsS/Ct	33/-	102	1960	2	7890	8450	8270	8110	8120
02086	Ct/KHt	-/1	49	95	2	4240	5640	6370	6360	6470
02087	Ct	-	44	70	2	3290	5240	6820	7320	7980
02088	Mm/KHt	-/2	75	114	2	6690	7670	7680	7230	8270
21008 [*]	Hs	18	76	871	2	5440	5510	5570	5530	5790
24802	Mm/Ct	-	26	68	3	2290	4590	5820	6550	6940
25428 [*]	HsS	33	214	3684	2	6470	6520	6830	6640	7000
Kaikki keskimäärin (33 koevuotta)						5940	7080	7610	7840	8060
Sadon suhdeluku						74	88	94	97	100
Sadonlisäys							1140	1670	1890	2120
Savespitoiset maat (77, 78, 85, 8, 428)						8760	9060	9020	8870	9080
Sadon suhdeluku						96	100	99	98	100
"Multamaat" (80, 84, 86)						4940	5680	6070	6150	6340
Sadon suhdeluku						78	90	96	97	100
"Turvemaat" (79, 81, 87, 802)						4150	6230	7400	8080	8330
Sadon suhdeluku						50	75	89	97	100
Sadonlisäys							2080	3250	3930	4180
Sadonlisäys edelliseltä tasolta							2080	1170	680	250

* Kokeesta 02080 on korjattu ensimmäisenä vuonna yksi nurmisato ja toisena vuonna vihanteruissato. Kokeesta 21008 toisena ja kokeesta 25428 molempina vuosina on korjattu kolme satoa. Vuotuiset kaliummäärät ovat satojen lukumäärän mukaisesti pienemmät tai suuremmat kuin muissa kokeissa samoilla portailla.

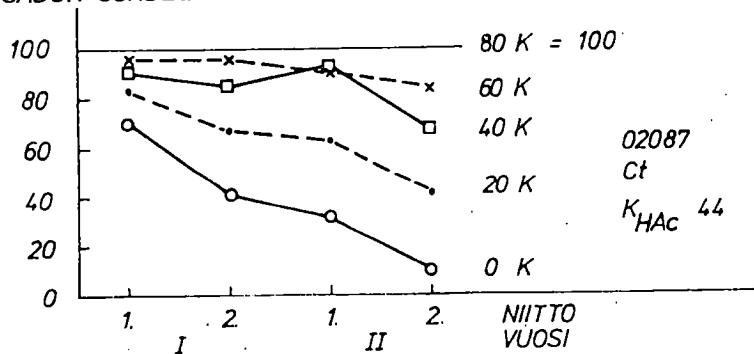
SADON SUHDELUKU



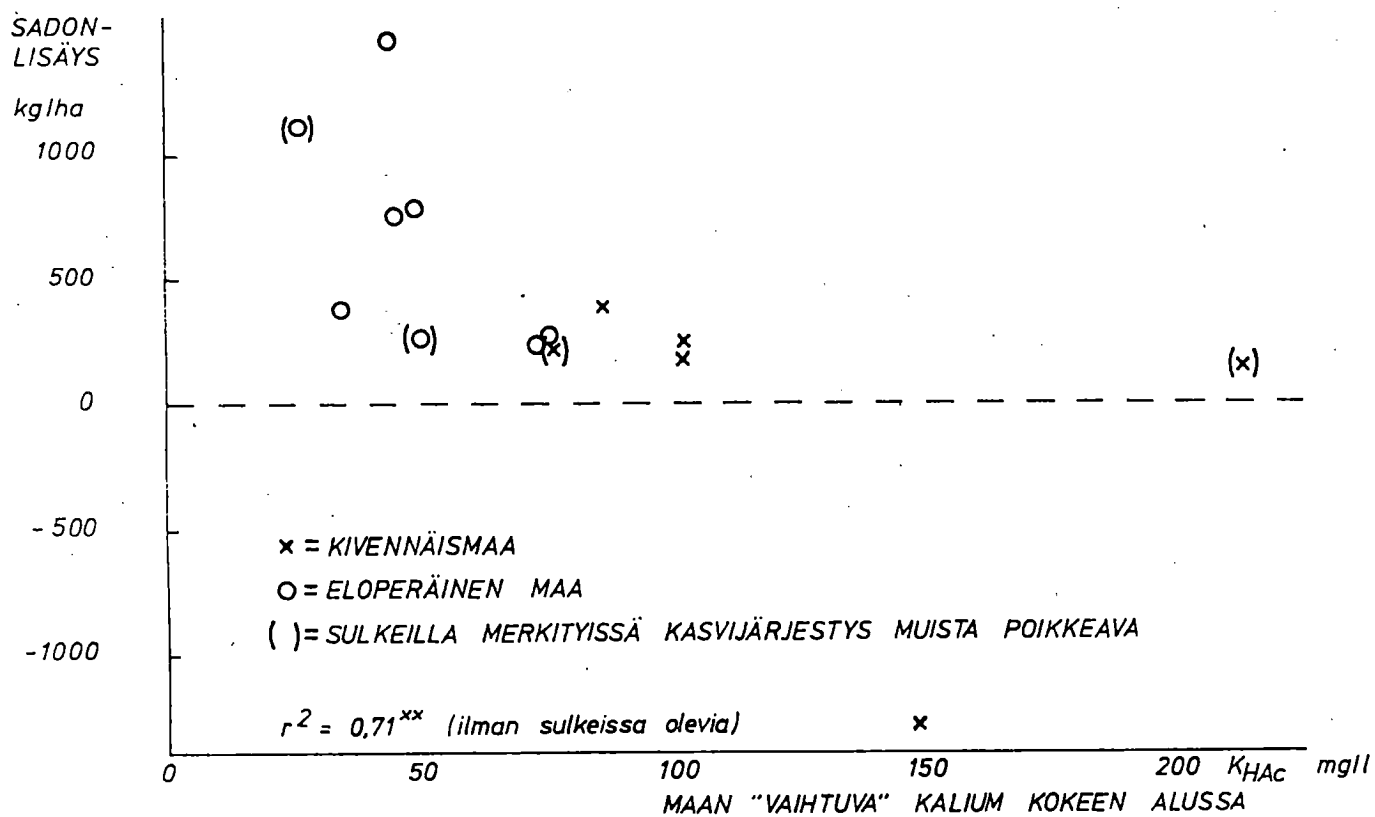
SADON SUHDELUKU



SADON SUHDELUKU



Kuva 1. Kaliumlannoituksen vaikutus nurmen satotason kehitykseen kolmessa ko-
keessa.



Kuva 2. Kaliumlannoitusta lisättäessä (80 kg:sta 160 kg:an K/ha/v) toisena nurmivuonna saadun kuiva-ainesadon lisäyksen riippuvuus maan kaliumtilasta.

Viljan jyväsadot

Viljasadot esitetään taulukossa 12 (s. 41-42). Eri kaliumportailla saatujen jyväsatojen rinnalle on merkitty tietoja kasvilajista ja -lajikkeesta, typpilannoituksesta, kylvö- ja korjuupäivistä sekä lakoisuudesta. Tuleentunut viljasato korjattiin yhtenä vuonna myös kiinteiden koekenttien kokeista 02077 ja 02078 (taulukko 11, s. 39-40).

Kaliumlannoitus suurensi jyväsatoa vain 50 kg/ha keskimäärin kaikissa 18 kokeessa, joissa viljaa on viljelty vähintään kahtena vuonna. Eri portaiden keskimääräiset jyväsadot olivat seuraavat:

K-lannoitus, kg K/ha	0	20	40	60	80
Jyväsato, kg/ha	3650	3670	3670	3700	3690

Keskimääräinen sadonlisäys oli suurin savimailla (6 kokeessa 100 kiloa) ja pienin eloperäisillä mailla (3 kokeessa -100 kg) karkeiden kivennäismaiden sijoittuessa edellisten väliin koko aineiston keskiarvon tasolle. Kalisuolan vaikutus satoon ei ollut tilastollisesti merkitsevä koko aineistossa eikä eri maalajiryhmissä. Yksittäisissä sadoissa kalisuolalla on ollut merkitsevä vaikutus yhdeksässä jyväsadossa kaikkiaan 62 koesadosta (taulukko 3).

Kolmella savimaalla ja yhdellä hieumaalla kalisuolan merkitsevät vaikutukset olivat pelkästään positiivisia. Yhdellä saraturvemaalla ja yhdellä hienohietamaalla todettiin sekä positiivinen että negatiivinen vaikutus. Negatiivinen tulos saatiin myös yhdellä hiesumaalla.

Korrelaatiot kaliumlannoituksen aiheuttaman sadonlisäyksen ja maa-analyysin kaliumlukujen välillä olivat positiivisia, eli kaliumlannoitus lisäsi jyväsatoa sitä enemmän mitä enemmän maanäytteistä kaliumia uuttui. Vaihtuvan kaliumin osalta (K_{HAc}) riippuvuus kokeiden keskiarvojen välillä ei ollut merkitsevä (selvitysaste 5 %), mutta happoliukoisen reservikaliumin (K_{HCl}) ja sadonlisäyksen välinen lineaarinen korrelaatio oli merkitsevä, kerroin $+0,574^*$ ja selvitysaste 33 %.

Taulukko 3. Kaliumlannoituksen merkitsevät vaikutukset jyväsatoihin.

Koe	Maalaji	K _{HAc}	K _{HCl}	Kasvi	Kaliumlannoitus, kg K/ha					merk.
					0	20	40	60	80	
					kg/ha	Jyväsato		kg/ha		
43027.78	htCt	71	470	K	3570	350	290	320	460	x
02090.81	HeS	316	5782	O	3320	260	340	430	440	x x x
02089.79	HeS	277	3550	O	4290	340	180	340	370	x
16067.79	He	144	5570	K	3640	0	240	200	340	x x
21004.79	HHt	103	817	O	2700	280	210	130	310	x
15178.80	HsS	337	5071	O	3450	-20	-50	300	280	x
19025.80	Hs	128	2555	K	2820	30	70	-170	-70	x x
43027.80	htCt	71	470	K	4720	100	10	-210	-200	x
21004.77	HHt	103	817	O	3630	70	-210	-60	-270	x

Perunan kaliumlannoituksen porraskokeista on korjattu kaksi satoa (taulukko 12, s. 41-42). Kaliumsulfaatti ei lisännyt satoa savisella hiekka-hietamaalla, jonka keskimääräinen vaihtuva kaliumpitoisuus oli 422 mg/l eli paljon keskimääräistä korkeampi. Toisena vuonna uudessa paikassa aloitetussa kokeessa suurin kaliumsulfaattimäärä aiheutti merkitsevän mukulasadon alenemisen. Todennäköinen syy tähän oli elo-syyskuussa perunan lehdissä tunnistettu magnesiumin puutos, joka voimistui kaliumlannoituksen lisääntyessä. Uuden kokeen maanäytteitä ei ole vielä analysoitu.

Satojen kaliumsisältö

Nurmisadon kuiva-aineen kaliumpitoisuus vaihteli välillä 0,49-6,1 % (taulukot 13-24, s. 43-55). Kaliumlannoituksen vaikutus oli muutamissa kokeissa niin voimakas, että saman sadon äärimmäisten portaiden keskiarvot sijoittuvat melko lähelle koko aineiston minimiä ja maksimia (kokeet 02081, 02083, 02087 ja 24802). Kaliumsulolan vaikutus kaliumpitoisuuteen kasvoi kokeen aikana. Kaliumpitoisuuden aleneminen kasvuston vanhetessa näyttää olevan eri kaliumportailta suhteellisesti yhtä nopea.

Nurmilta vuosittain korjattujen satojen sisältämän kaliumin määrä vaihteli välillä 10-485 kg K/ha (taulukot 13-24, s. 43-55). Keskimääräiset tulokset olivat eri kaliumportailta maalajeittain seuraavat (K = K-sato yhteensä, kg/ha; (+) = K-lannoituksen vaikutus K-satoon, kg/ha; % = K-lannoituksen näennäinen hyväksikäyttö):

K-lannoitus kg/ha	Savespitoiset maat (77, 78, 85, 428)			Multamaat (80, 84, 86)			Turvemaat (79, 81, 87, 802)		
	K	+	%	K	+	%	K	+	%
0	283			100			53		
40	310	27	68	133	33	83	93	40	100
80	322	39	49	172	72	90	138	85	106
120	330	47	39	201	101	84	176	123	103
160	358	75	47	228	128	80	219	166	104

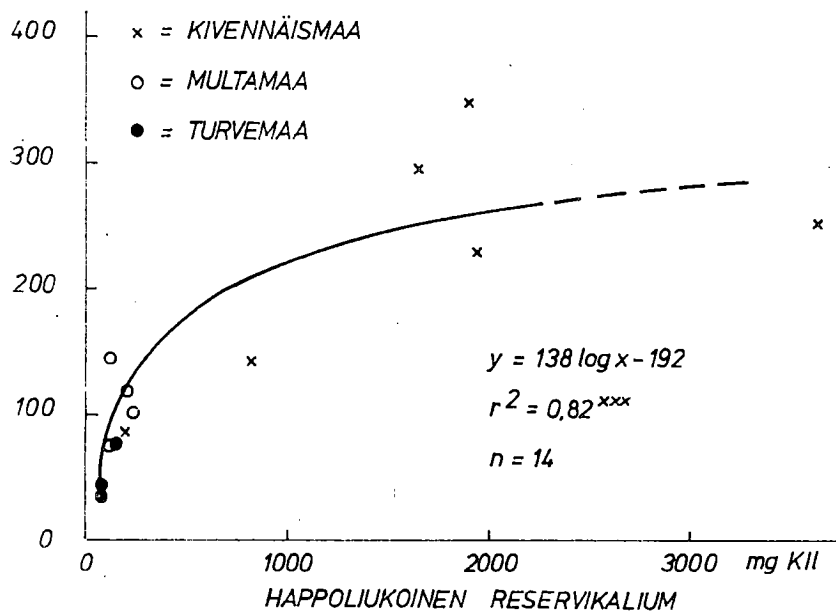
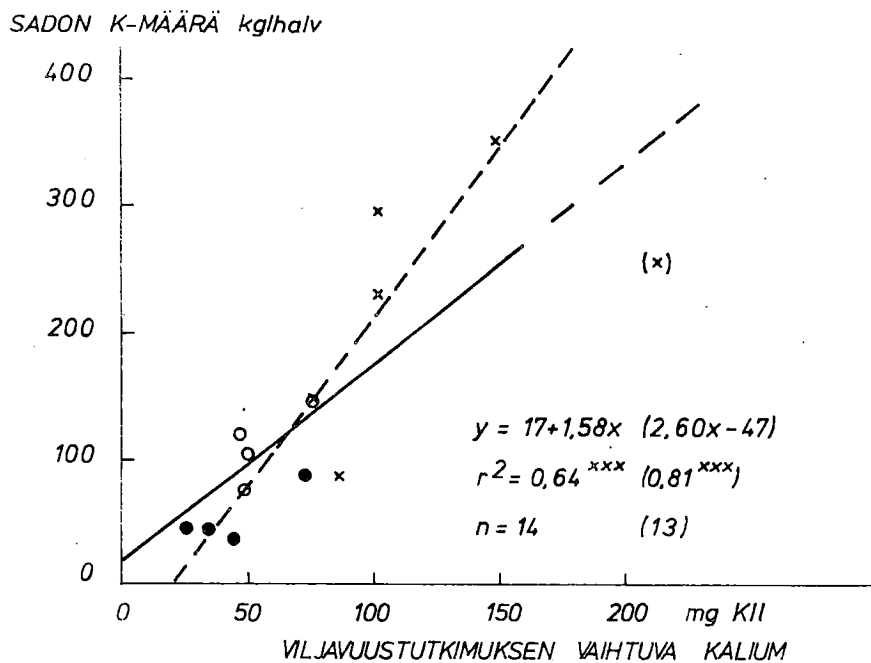
Karkeahietamaan koe 02083 (taulukko 18, s. 48) oli kaliumsadon suhteen turvemaiden luokkaa poiketen siten jyrkästi muista kivennäismaista.

Taulukko 4. Heinän kaliumin otto ilman kaliumlannoitusta koevuosittain kaliumtilaltaan erilaisilla mailla.

Koe	Maalaji	Muokkauskerroksen kalium			Kaliumin otto kg K/ha/v		
		kok. alussa K _{HAc}	kok. alussa K _{HAc}	kok. lopussa K _{HCl}	1.v.	2.v.	3.v.
02077	HtMr	102	53	1613	278	315	
02078	HtMr	149	59	1788	295	399	
02079	LCt	73	35	122	109	68	53
02081	Ct	34	25	55	58	25	20
02083	KHt	86	11	73	102	69	17
02084	Mm	46	31	132	141	101	
02085	HsS	102	65	1556	265	197	
02086	Mm	49	21	40	110	41	
02087	Ct	44	29	45	52	17	
02088	Mm	75	26	61	225	67	
24802	Ct	26	10	68*	56	33	10
25428	HsS	214	-	3684*	289	225	

*kokeen alussa

Sekä vaihtuva että happoliukoinen maan kalium osoittivat lannoittamatta viljellyn heinän kaliumin ottoa (kuva 3 ja taulukko 4). Vaihtuva kalium osoitti kaliumin ottoa huomattavan kvantitatiivisesti, koska lineaarisen funktion kuvaaja kulkee läheltä origoa ja selvitysaste on korkea. Mouhijärven hiesusavikoe poikkesi kuitenkin paljon muiden kokeiden mukaan lasketusta trendistä. Happoliukoisen kaliumin jakautuma poikkeaa erittäin paljon normaalijakautumasta, mikä



Kuva 3. Ilman kaliumlannoitusta viljellyn heinän kaliuminoton riippuvuus maan kaliumtilasta.

vähentää korrelaation merkitystä korkeasta selvitysasteesta huolimatta. Analyysit ovat keskenään positiivisesti korreloituneet, mutta happoliukoinen kalium antanee hyödyllistä lisätietoa erityisesti tietyissä marginaalitapauksissa. Esi-merkiksi kokeissa 02077 ja 02083 vaihtuva kalium oli melkein samalla tasolla, mutta kaliumin saanti oli erityisesti toisena vuonna moninkertaisesti parempi edellisessä, jossa happoliukoista reservikaliumia oli maassa runsaasti.

Ohran jyvien kuiva-aineen kaliumpitoisuus vaihteli välillä 3,6-6,4 mg/kg ja kauran välillä 2,9-5,7 mg/kg (taulukot 13, 14 ja 24, s. 43-44, 54-55). Yhdessäkään kokeessa kaliumlannoitus ei vaikuttanut siementen kaliumpitoisuuteen. Jyväsadot sisälsivät kaliumia keskimäärin 15,6 kg/ha/v kokeiden välisen vaihtelun ollessa 13-21 kg ja koesatojen vaihtelun 10-26 kg.

Maan kaliumtilan kehitys

Heinän voimakkaan kaliuminoton seurauksena maan kaliumtila huononi kokeen aikana kaikissa nurmikokeissa (taulukot 13-24, s. 43-55). Maan vaihtuva kalium väheni useimmissa kokeissa myös suurimmalla kaliumportalla. Kaliumlannoituksen vaikutus näkyi selvästi muokkauskerroksen kaliumluvuissa muissa paitsi yhdessä turve-maan kokeessa (02087). Jankon kaliumtilaan kaliumlannoitus ei yleensä vaikuttanut lainkaan, vaan kaliumluvut laskivat käytetyistä kalisuolamääristä riippumatta. Vaikka jankon kaliumluvut olivat kokeen alussakin alhaisia, niiden suhteellinen aleneminen oli jyrkkää monessa kokeessa. Luontaisesti kaliumköyhimpien maiden (K_{HCl} alle 200 mg/l) jankon käyttökelpoiset kaliumvarat olivat kokeiden lopussa hyvin tarkkaan loppuun käytetyt.

Kokeen lopussa määritettyihin "reservikaliumin" lukuihin kaliumlannoitus vaikutti merkitsevästi vain kolmessa kiinteiden koekenttien yhdestätoista kokeesta (taulukot 13-23, s. 43-53). Viljakokeissa maan kaliumtila ei huonontunut kovin nopeasti ilman kaliumlannoitustakaan, kun sadossa kuljetettiin pois suhteellisen pieniä kaliummääriä olkien palautuessa maahan (taulukko 24, s. 54-55, kuva 4). Kaliumportaiden väliset erot ovat vielä kolmen kasvukauden jälkeen vähäisiä verrattuna eri koepaikkojen väliseen vaihteluun. Kolme 80 kg:n annosta (240 kg K/ha) vastaa 100 mg K/litra maata hehtaarilla 24 cm:n paksuisessa kerroksessa, mutta mitatut vaikutukset olivat paljon pienempiä.

Kuuden kaliumköyhimmän kokeen muokkauskerroksen "vaihtuvan" kaliumin keskiarvo oli kokeen alussa 101 mg K/l ja kolmen kasvukauden kuluttua eri kaliumportailla seuraava:

Lannoitus kg K/ha/v	0	20	40	60	80
Maassa mg K/l	81	89	100	104	114

Kolmentoista kolme vuotta jatkuneen kokeen kaliumlukujen keskiarvo oli kokeen alussa 171 mg/l, kokeen lopussa 152 mg/l ilman kaliumlannoitusta ja 191 mg/l suurimmalla portaalla. Kaliummäärä 40 kg K/ha näyttää pitävän kaliumtilan ennallaan, mutta näin lyhyen ajan tulos on vasta alustavaa suuntaa antava. Alkunäytteet on otettu keväällä ja myöhemmät syksyllä. Syksyllä olkien kaliumia ei ilmeisesti tule paljon maanäytteisiin, kevääseen mennessä kaliumia toisaalta huuhtoutuu enemmän. Näytteenottoajan vaikutuksen selvittämiseksi tarvittaisiin lisätutkimuksia.

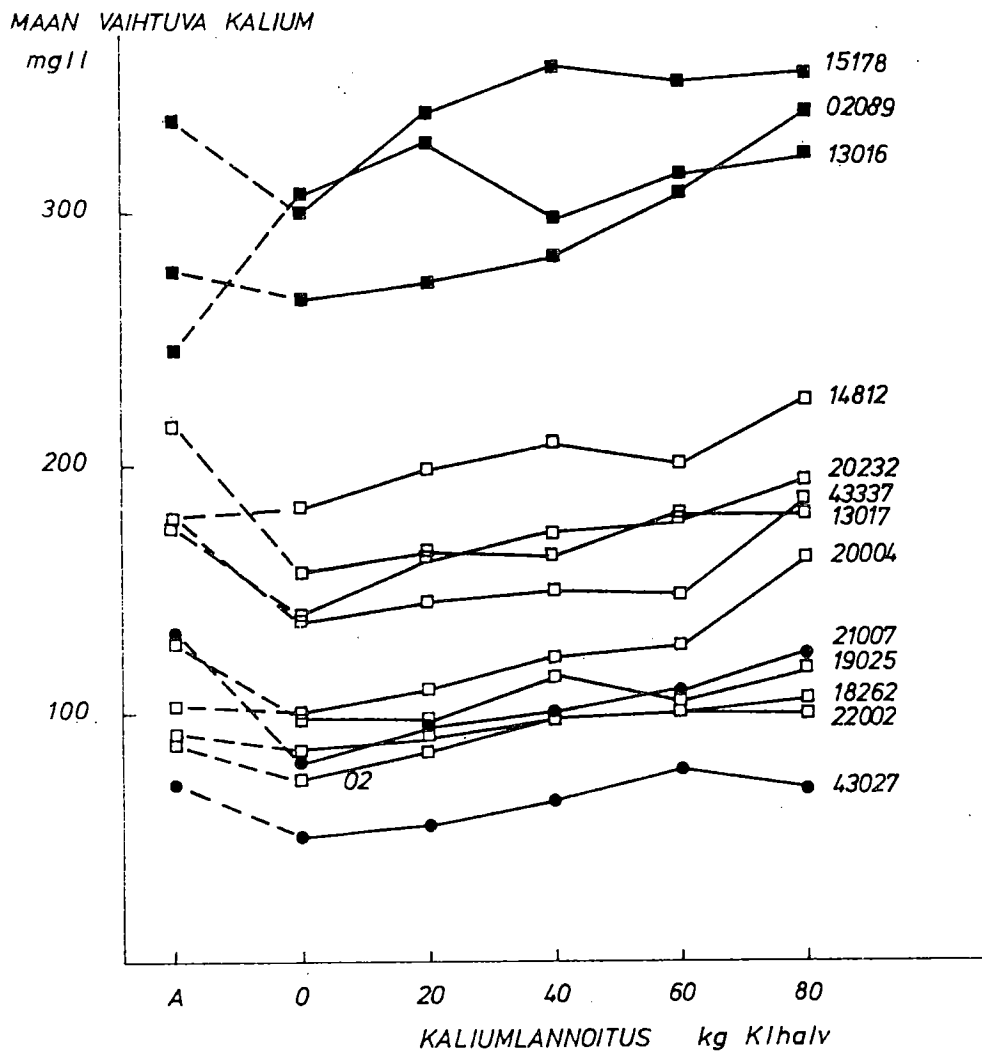
Muut ravinteet nurmikokeiden sadoissa ja maassa

Nurmisatojen kuiva-aineen typpi-, fosfori-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet sekä sadoissa vuosittain hehtaarilta korjatut näiden ravinteiden määrät esitetään taulukoissa 13-24 (s. 43-55). Maalajien keskiarvoja esitetään taulukossa 5.

Kalisuolan lisätessä satoa lisääntyi samalla myös typen otto ja raakavalkuais-sato (= 6,25 kertaa "typpisato"). Typen otto ei lisääntynyt yhtä jyrkästi kuin sato suureni, koska käyttökelpoista typpeä oli tarjolla rajoitetusti. Raakavalkuaispitoisuus aleni heinän saaman typen laimentuessa suurempaan kasvimassaan. Suuret typpipitoisuuden vaihtelut joissakin kokeissa johtuivat lähinnä sadon kehitystason eroista, sillä typpipitoisuus laskee kasvuston vanhetessa.

Kaliumlannoituksen lisätessä satoa fosforipitoisuus ei alentunut tai aleni hyvin vähän. Kaliumköyhillä turvemailla, joilla sadonlisäys oli erittäin suuri, lannoitekalium lisäsi nurmen "fosforisatoa" enemmän kuin yhtä suuri alkuainemäärä lannoitefosforia "fosforilannoituksen porraskokeissa" nurmilla keskimäärin.

Kalisuola alensi yleensä sadon kalsium- ja magnesiumpitoisuutta. Poikkeuksia olivat hietamoreenimaan kokeet 02077 ja -78, joissa kaliumilla näytti olevan ensimmäisenä vuonna jopa päinvastaista vaikutusta. Kaliumlannoitus alensi yleensä magnesiumpitoisuutta suhteellisesti jyrkemmin kuin kalsiumpitoisuutta. Ankarassa kaliuminpuutostilassa varsinkin sadon magnesiumpitoisuus kohoaa jyrkästi. Korkeimmat analysoidut magnesiumpitoisuudet olivat 6,2 mg/kg kokeessa 02081 ja 6,8 mg/kg kokeessa 02083.



Kuva 4. Kaliumlannoituksen vaikutus maan kaliumtilaan viljalla kynnettäessä oljet maahan. A = alkutilanne, 0-80 = eri kaliumportaita kolmen kasvukauden jälkeen.

Taulukko 5. Nurmisatojen ravinnesisältö eri kaliumlannoitusportailta, kg/ha ja mg/kg k.a.

K-lan- noitus kg K/ha/v	Typpi		Fosfori		Kalsium		Magnesium	
	kg/ha	mg/g	kg/ha	mg/g	kg/ha	mg/g	kg/ha	mg/g
Savespitoiset maat (kokeet 02077, -78, -85)								
0	286	26,9	31,3	2,9	35,7	3,4	14,2	1,3
40	287	25,9	31,7	2,9	36,7	3,3	13,7	1,2
80	285	26,1	31,7	2,9	36,0	3,3	12,7	1,2
120	281	26,2	31,7	3,0	35,0	3,3	12,3	1,1
160	278	25,6	31,0	2,9	33,7	3,1	12,2	1,1
Multamaat (kokeet 02080, -84, -86)								
0	143	28,9	17,3	3,5	30,0	6,1	14,3	2,9
40	156	27,5	18,8	3,3	33,7	5,9	16,3	2,9
80	161	26,5	19,8	3,3	35,0	5,8	15,3	2,5
120	166	27,0	20,7	3,4	34,0	5,5	14,7	2,4
160	169	26,7	21,3	3,4	31,3	4,9	12,5	2,0
Turvemaat (kokeet 02079, -81, -87)								
0	139	29,1	17,6	3,7	25,7	5,4	13,1	2,7
40	179	26,4	22,7	3,3	35,8	5,3	16,2	2,4
80	199	25,1	25,7	3,2	40,2	5,1	17,4	2,2
120	208	24,2	27,1	3,2	38,4	4,5	15,3	1,8
160	210	23,9	28,5	3,2	39,1	4,4	14,2	1,6

Nurmisadon K/N-suhte ja suhteellinen sato

Yksittäisten satojen K/N-suhteet eri kaliumportailla ja vastaavat sadon suhdelvut on laskettu taulukkoon 25 (s. 56). Yhdistelmä sadon K/N-suhteen ja kuiva-ainemäärän riippuvuudesta esitetään graafisesti kuvassa 5. Kokeen 81 poikkeaminen muista johtunee kaliumin suhteen timoteita vaatimattomampien luonnonheinien suuremmasta osuudesta sadoissa. Useimmissa kokeissa sato suurenee hyvin samalla tavalla K/N-suhteen kasvaessa saavuttaen lähes maksimin 100 %:n tasolla ja pysyen siinä 150 %:in saakka.

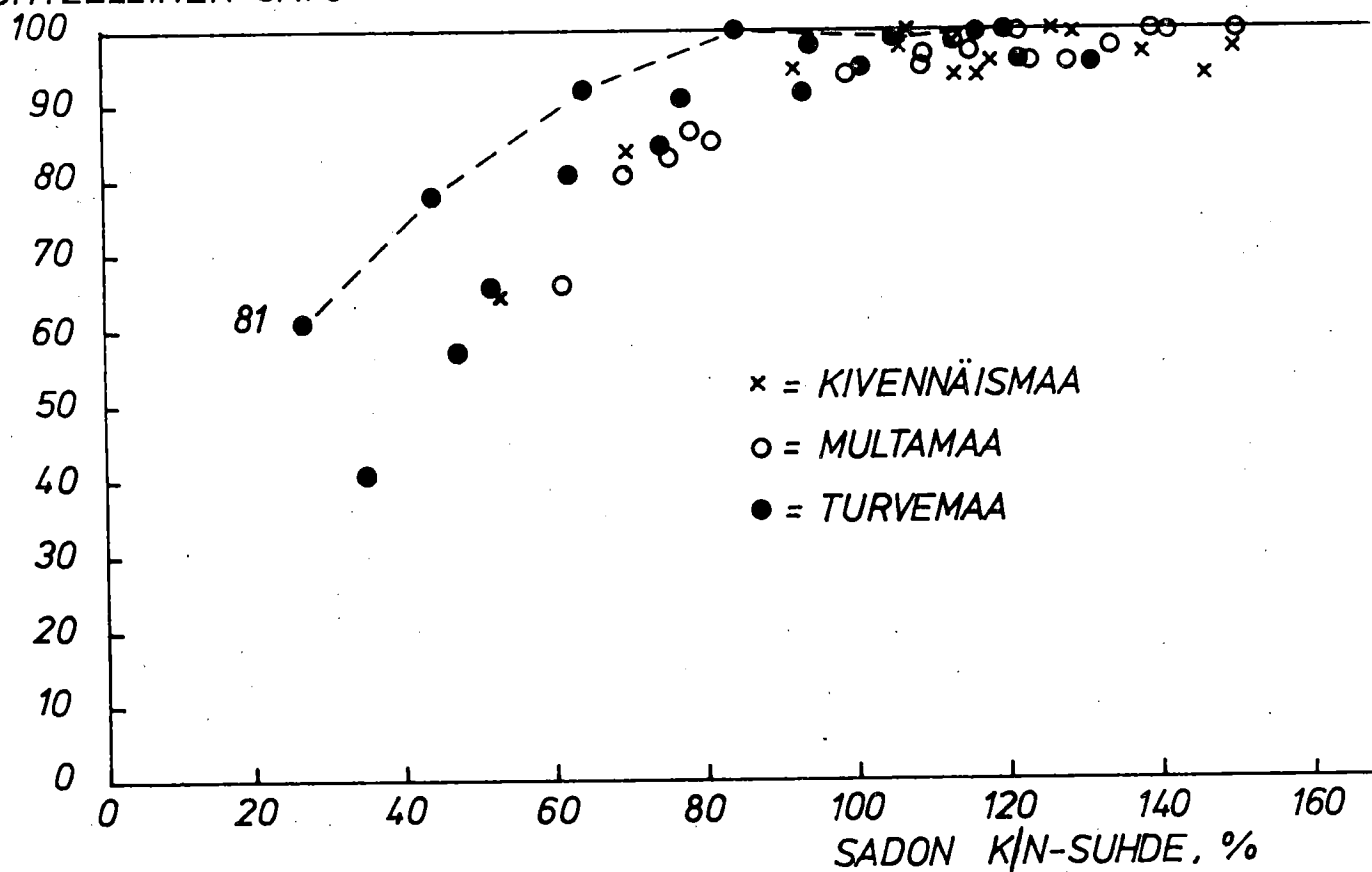
Sadon K/N-suhteen ja määrän riippuvuus on yksittäisten satojen osalta jonkin verran väljempi kuin pitemmän ajan keskiarvoilla, mutta tulokset olivat hyvin samanlaisia eri kehitysasteilla sekä keväällä ja syksyllä korjatuissa sadoissa. Eniten poikkesi kokeen 86 viimeinen vuosi optimaalisen K-pitoisuuden ja K/N-suhteen ollessa paljon tavallista korkeammat, K-pitoisuus noin neljä prosenttia ja K/N-suhte lähes kaksi. Tässä kokeessa heinällä näyttää olleen "stressiä", jota ylimääräinen kalium on lievittänyt. Kokeen maaperä, varsinkin jankko, oli poikkeuksellisen hapan, ja maan ja sadon magnesiumpitoisuudet olivat korkeat.

Olkien palautuksen vaikutus astiakokeessa

Neljä vuotta kasvaneessa astiakokeessa koetekijöinä olivat viisi eri kaliumkloridimäärää (0-2 g K/astia) ja olkien poistaminen tai palautus maahan. Koe-kasvina olleen kauran sadot esitetään taulukossa 6 ja olkien sisältämän kaliumin määrä ja maan "vaihtuva" kalium taulukossa 7. Ensimmäisenä vuonna kaliumlannoitus lisäsi satoa vain turvemaalla. Hietamaalla muodostui ilman kaliumlannoitusta satoa alentava puutostila korjattaessa oljet pois, mutta ei sekoitettaessa silputut oljet syksyllä maahan. Aitosavella ei varsinaista kaliumin puutosta esiintynyt lainkaan, mutta viimeisenä vuonna kaliumlannoituksen ja olkien yhdysvaikutus oli merkitsevästi negatiivinen.

Olkien kaliumsisältö vaihteli vuosittain (taulukko 7). Ensimmäisenä ja toisena vuonna Tikkurilassa kasvatus jatkui verkkohäkissä korjuuseen saakka. Kolmantena ja neljäntenä vuonna Jokioisissa astiat siirrettiin tuleentumisvaiheen ajaksi lasikaton alle. Varsinkin toisena vuonna suuri osa olkien kaliumista on ilmeisesti huuhtoutunut pois ennen korjuuta, mutta kolmantena vuonna kaliumia ei ole huuhtoutunut kasvien ollessa sateelta suojassa.

SUHTEELLINEN SATO



Kuva 5. Eri kaliumportaiden suhteellisen kuiva-ainesadon riippuvuus sadon K/N-suhteesta timoteinurmilla keskimäärin koko koeaikana. Kokeessa 81 luonnonheinien osuus muita suurempi.

Kun kaliumia ei maahan lainkaan lisätty, pysyi olkien kaliumsisältö turvemaalla pienenä olkien palautuksesta riippumatta. Hietamaalla oljissa "kiersi" huomattava kaliummäärä palautettaessa oljet maahan, mutta korjattaessa oljet pois kalium väheni ilman lannoitusta nopeasti. Aitosavesta vapautui jatkuvasti suuria kaliummääriä kasvin saatavaksi. Maahan lisätty kalium lisäsi oljen kaliumsisältöä eniten turvemaalla ja vähiten aitosavimaalla.

Taulukko 6. Kaliumlannoituksen ja olkien palautuksen vaikutus kauran kuiva-ainesatoon astiakokeessa. Sulkeilla merkityt neljäntenä vuonna ilman K-lannoitusta.

K-lannoitus g K/ astia/v	Kuiva-ainesato, jyvät+oljet yhteensä, g/astia (-) = ilman olkia (0) = oljet palautettu (+) = olkien vaikutus									
	1.vuosi		2.vuosi		3.vuosi			4.vuosi		
	-	-	0	+	-	0	+	-	0	+
Saraturve										
0	47,0	22,5	27,9	5,4	23,6	38,8	15,2	12,5	22,9	10,4
0,5	81,7	75,3	87,1	11,8	93,0	103,1	10,1	76,8	84,1	7,3
1,0	88,8	95,1	97,3	2,2	109,2	104,4	-4,8	(27,7)	(85,3)	57,6
1,5	92,8	97,4	95,3	-2,1	113,5	110,3	-3,2	87,9	94,7	6,8
2,0	94,5	95,7	96,7	1,0	116,3	112,6	-3,7	(50,6)	(97,5)	46,9
pme	6,2	12,2			11,8			8,8		
Hieno hieta										
0	89,0	55,8	68,5	12,7	78,6	119,4	41,1	57,3	93,3	36,0
0,5	87,3	60,9	59,9	-1,0	98,2	130,0	31,8	79,1	95,5	16,4
1,0	89,3	65,1	62,3	-2,8	108,8	128,7	19,9	(72,3)	(98,7)	26,4
1,5	95,1	71,2	65,5	-5,7	108,0	131,6	23,6	95,7	95,4	-0,3
2,0	97,9	70,4	54,1	-16,3	112,8	120,7	7,9	(81,0)	(96,9)	15,9
pme	9,2	12,1			15,0			8,1		
Aitosavi										
0	94,3	89,8	80,4	-9,4	104,9	103,3	-1,6	92,8	97,0	4,2
0,5	93,9	85,6	82,2	-3,4	106,1	103,4	-2,7	98,4	87,2	-11,2
1,0	90,1	86,2	83,6	-2,6	109,3	116,9	7,3	(94,8)	(87,7)	-7,1
1,5	91,2	84,6	81,9	-2,7	109,6	106,2	-3,4	93,7	87,7	-6,0
2,0	89,2	79,4	80,0	0,6	115,6	105,9	-9,7	(104,0)	(93,3)	-10,7
pme	9,2	9,2			9,1			8,1		

Taulukko 7. Kauran olkien kaliumsisältö astiakokeessa eri kaliumlannoitustasolla korjattaessa oljet pois (-) ja sekoitettaessa oljet maahan (+) sekä maan "vaihtuva" kalium (K_{HAC}) neljännen vuoden syksyllä. Sulkeilla merkityt neljäntenä vuonna ilman K-lannoitusta.

K-lan- noitus g K/ astia/v	Olkien kaliumsisältö, mg/astia								Maan K	
	1.vuosi	2.vuosi		3.vuosi		4.vuosi		mg/l		
		—	+	—	+	—	+	—	+	
	Saraturve								kok. alussa 100	
0	100	60	90	70	120	30	60	26	45	
0,5	350	150	210	550	960	300	800	53	64	
1,0	590	290	410	1390	2000	(70)	(1260)	48	70	
1,5	890	480	730	2140	2920	1240	2730	59	156	
2,0	1200	690	990	2653	4020	(170)	(2520)	49	169	
	Hieno hieta								kok. alussa 70	
0	810	370	790	350	1200	180	1290	41	50	
0,5	1020	660	970	860	1950	560	1900	45	63	
1,0	1220	1010	1150	1390	3070	(420)	(2200)	40	66	
1,5	1600	1100	1210	2140	3610	1830	2820	51	135	
2,0	1780	1100	1140	2460	3790	(720)	(3110)	50	121	
	Aitosavi								kok. alussa 378	
0	1470	1520	1370	1890	2270	1340	1850	179	230	
0,5	1390	1460	1430	1900	2670	1620	2140	195	278	
1,0	1570	1610	1710	2450	3360	(1440)	(2120)	191	304	
1,5	1710	1810	1630	2390	3050	2230	2420	229	469	
2,0	1820	1550	1810	2900	3380	(1970)	(2550)	228	431	

Olkien maahankynnön vaikutus

Kenttäkokeista, joissa toisena koetekijänä on olkien poistaminen tai maahankyntö, on taulukossa 12 esitetty muita kokeita vastaavat, oljet kynnettäessä saadut sadot. Lounais-Suomen koeaseman savimaalla Mietoisissa kokeessa 13006 on oljet poistettu vuodesta 1974 alkaen tai vuosittain kynnetty olkia maahan 5 t/ha (sato + 2-4 t) vuosina 1974-77 ja sen jälkeen on olkisato kynnetty maahan. Vuonna 1979 kauran jyväsadot muodostuivat seuraaviksi:

K-lannoitus, kg K/ha	0	20	40	60	80
Jyväsato, kg/ha, oljet pois	3110	3310	3140	3410	3450
oljet kynnetty	3540	3470	3510	3530	3470

Oljet näyttävät korvanneen kaliumlannoituksen, mutta tulos ei ole tilastollisesti merkitsevä. Kaliumlannoitus ja olkien poistaminen tai maahankyntö eivät vaikuttaneet kevätvehnän jyväsatoon vuonna 1980. Syksyllä 1978 otettujen maanäytteiden "vaihtuvassa" kaliumissa ei olkien vaikutusta havaittu (keskiarvo 288 mg/l).

Jokioisten savimaalla kokeessa 02090 syksyllä 1980 maahan kynnetyt oljet eivät vähentäneet merkitsevästi rivilannoituksena annetun kalisuolan huomattavaa ohran jyväsatoa lisäävää vaikutusta vuonna 1981:

K-lannoitus, kg K/ha	0	20	40	60	80
Jyväsato, kg/ha, oljet pois	3290	3650	3780	3750	3870
oljet kynnetty	3320	3580	3660	3750	3760

Jokioisten multamaalla kokeessa 02091 syksyllä 1980 kynnetyt oljet ja kaliumlannoitus eivät vaikuttaneet ohrasatoon vuonna 1981.

Oljen kaliumpitoisuus laski kokeessa 02091 syksyllä 1981 eri kaliumtasolla seuraavasti:

Päivä	Oljen kaliumpitoisuus, %	
	0 kg K/ha	80 kg K/ha
6.8.	2,3	2,9
26.8.	1,9	2,5
30.8.	1,3	1,7
3.9.	1,2	1,5

Kaliumpitoisuuden aleneminen ei ainakaan 26.8. jälkeen johtunut sadon suurenemisesta, vaan olkien kaliumsisällön absoluuttisesta vähenemisestä. Puitaessa 3.9. olki oli ränsistynyttä, mutta tyviosasta vielä osittain vihreää.

Kokeesta 13006 syksyllä 1980 korjattujen vehnänolkien kaliumpitoisuus vaihteli välillä 0,3-0,6 %. Yleensä olkien kaliumpitoisuudet olivat olleet välillä 1,0-2,5 % (taulukot 13, 14 ja 24).

Tarkastelu

Tulosten tarkastelu

Verrattaessa tuloksia vanhoihin tutkimuksiin on tärkeää huomata lannoituksessa ja muussakin viljelytekniikassa tapahtunut kehitys. Typpilannoitustason moninkertaistuminen on mullistanut erityisesti heinävaltaisten nurmien ravinnetalouden perusteellisesti.

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston "eri kalimäärien kokeissa" vuosina 1932-1959 typpilannoitus on ollut 200 kg kalkkisalpietaria eli noin 30 kg N/ha ja kaliummäärät 0 ja noin 40, 80 ja 120 kg K/ha (SALONEN ja TAINIO 1961). Turvemailla 42 kokeessa sato on noussut keskimäärin kannattavasti korkeimmalle tasolle saakka, kaikkiaan 885 rehuyksikköä eli 56 %. Multamailla (10 koetta) 80 kg K/ha on tuottanut lähes maksimisadon (lisäys 406 ry/ha) ja hietamailla (11 koetta) kaliumtarve on ollut keskimäärin vain 40 kg/ha (sadonlisäys 305 ry/ha), mutta joissakin yksittäisissä kokeissa on ollut kannattavaa käyttää 80 kg K/ha. "Kaliumlannoituksen porraskokeissa" 1977-1981 kalisuola lisäsi nurmen satoa turvemailla suhteellisestikin enemmän kuin esitellyissä vanhoissa "kaliumporraskokeissa", multamailla suhteellinen sadonlisäys oli samaa luokkaa, mutta absoluuttinen sadonlisäys paljon suurempi. Hietamailla sadonlisäykset olivat molemmissa koesarjoissa vaihtelevia ja keskimäärin suhteellisesti saman tasoisia.

Yhdeksässä vuosina 1951-1966 hiesu- ja savimaalla suoritettussa kokeessa kaliumlannoitus ei ole lisännyt satoa (KERANEN ja TAINIO 1968).

Kahdessatoista 2-3-vuotisessa kokeessa säilörehunurmella typpilannoitus on ollut "nykyaikaisella" tasolla, 50+50, 100+100 ja 200+200 kg N/ha, ja kaliumtasot ovat olleet 50+50 ja 100+100 kg K/ha. Korkeampi kaliumtaso on tuottanut kahdessa kokeessa tilastollisesti merkitsevästi suuremman sadon (TÄHTINEN 1979).

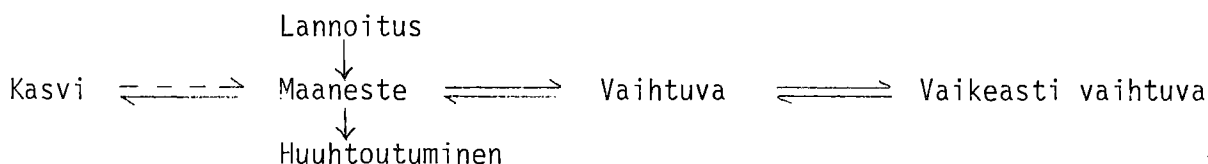
Viljan satotulokset ovat vanhojen koetulosten valossa yllättävät. Vanhoissa hie-
ta-, multa- ja turvemaiden kokeissa jyväsato on lisääntynyt kalisuolalla keski-
määrin 160-560 kg/ha paitsi ohralla hietamailla, joka tulos (3 koetta) on ollut
negatiivinen (SALONEN ja TAINIO 1961). Kynnettäessä pääosa olkisadosta maahan
on kaliumlannoituksen vaikutus ollut aikaisemmassakin tutkimuksessa mitättömän
pieni (JAAKKOLA 1980).

Ruotsalaisissa kokeissa kaliumlannoitus on keskimäärin lisännyt viljasatoa
(117 koetta) 95 ry/ha ja nurmen satoa (71 koetta) 416 ry/ha (HAHLIN ja JOHANS-
SON 1977).

Maan ja kasvien kaliumtalous

Kaliumlannoituksen porraskokeiden 1977-81 tulokset ovat siinä määrin vanhoista
koetuloksista poikkeavat ja osittain jopa yllättäviäkin, että niiden ymmärtä-
miseksi maan ja kasvien kaliumtalouden tarkastelu on paikallaan. Tätä aihetta
on käsitelty laajasti ulkolaisissa oppikirjoissa (mm. RUSSELL 1973, SCHEFFER
ja SCHACHTSCHABEL 1976).

Kaliumin fraktiot ja niiden yhteys toisiinsa on seuraavan kaavion mukainen:



Molempiin suuntiin osoittavat nuolet tarkoittavat sitä, että fraktioiden vä-
lillä on olemassa tasapainotila. Maanesteen ja negatiivisten maahiukkasten
ulkopinnoille pidättyneiden "vaihtuvien" kationien (mm. K^+) välinen tasapaino
saavutetaan muutamassa minuutissa. Savimineraalien ja kiilteiden hilanväleihin
sitoutuneen "vaikeasti vaihtuvan" kaliumin tasapainottuminen kestää vähintään
useita viikkoja.

Kalium, kuten muutkin ravinteet, siirtyy kasvin juureen ainoastaan veteen
liuenneena. Myös "vaihtuva" kalium on kuitenkin "käyttökelpoista", koska maa-
hiukkasten pinnoille pidättyneitä K^+ -ioneja vapautuu maanesteeseen kasvin
"imiessä" kaliumia juurillaan. Kalium pidättyy yhdenarvoisena kationina mm.
orgaaniseen ainekseen hyvin heikosti, mutta Suomen pelloissa yleiset kiilteen
kaltaiset savimineraalit pidättävät verkkomaisista levyistä muodostuneen kide-
rakenteensa ansiosta kaliumioneja myös spesifisesti ja voimakkaammin.

Maanesteen kaliumkonsentraatio nousee maan vaihtuvan kaliumin lisääntyessä yleensä melko lineaarisesti, mutta eri maissa hyvin erilaisella jyrkkyydellä. Epäorganinen kationinvaihtokapasiteetin kaliumkyllästysasteen ja maanesteen kaliumkonsentraation välillä on todettu melko kiinteä positiivinen korrelaatio myös multavuudeltaan vaihtelevassa aineistossa (NEMETH ym. 1970).

Väkevähköt ammoniumsuolaliuokset, kuten hapan ammoniumasetaatti, uuttavat "vaihtuvan" kaliumin melkein kokonaan maalajista riippumatta. Laimea (0,0125 M) CaCl_2 -liuos uuttaa vaihtuvaa kaliumia valikoiden ja sitä pienemmän osuuden mitä korkeampi maan savespitoisuus on, ja sen etuna uuttonesteenä pidetään mm. sitä, ettei maan savespitoisuutta tarvitse ottaa tulosten tulkinnessa huomioon (SCHACHTSCHABEL ja HEINEMAN 1974).

"Vaihtumatonta" kaliumia, joka lyhytaikaisissa uutoissa jää uuttumatta, vapautuu lähinnä kiilteistä ja niistä muodostuneista savimineraaleista. Kaliumin hidaskin vapautuminen tapahtuu kuitenkin pääasiassa muihin kationeihin vaihtumalla. Reaktion hitaus johtuu siitä, että vaihtuvien kationien on diffundoiduttava hilojen väleissä kaliumionien tilalle ja kaliumionien vastakkaiseen suuntaan ulos. Kaliumia vapautuu vain ympäröivän liuoksen kalium- ja ammoniumionikonsentraation ollessa alhainen, koska hilanväliset vaihtopaikat pidättävät näitä ioneja valikoidvasti. Hilojen rakenne ei juuri muutu kaliumin vapautuessa, joten niiden väliset kationinvaihtopaikat jäävät jäljelle ja säilyttävät voimakkaan kaliumselektiivisyytensä. Kun ympäröivän liuoksen kaliumkonsentraatio lannoitettaessa kohoa, diffundoituu kaliumioneja takaisin hilanväleihin. Heikoisti hydratoituneiden kaliumionien vaikutuksesta saattavat avautuneet hilanvälit "loksahtaa" kiinni ja kalium sitoutua "vaihtumattomaksi".

Joissakin maissa, jotka ovat rapautuneet pitemmälle kuin Suomen nuori maaperä, kaliumiin sitoutuminen on voimakasta ja vaatii tavanomaista runsaampaa kaliumlannoitusta (mm. BURKART ja AMBERGER 1978). Suomalaisten maiden kalsiuminsitomistaipumus on todettu laboratoriokokeissa (KAILA 1965a, 1965b), mutta sen ei ole arveltu haittaavan kasvien kaliumin saantia. Maan kaliuminsitomistaipumuksen ja vaihtumattoman happoon liukenevan kaliumin välillä on todettu positiivista korrelaatiota, joka näyttää johtuvan siitä, että molemmat suurenevät maan savespitoisuuden kasvaessa (KAILA 1967).

Happoliukoinen "reservikalium" on peräisin pääasiassa kiilteistä ja savimineraaleista. Maasälpien kaliumista vain pieni osa liukenee happoon, eikä sillä juuri ole merkitystä kasvien kaliumin lähteenä peltoviljelyssä. Koska kalium ei

sitoudu orgaaniseen ainekseen vaikealiukoiseksi, turvemaissa ei ole hitaasti vapautuvaa kaliumia juuri lainkaan. Savetussa suossa reservikaliumia saattaa kuitenkin olla jonkin verran, vaikka maa multavuudeltaan olisikin vielä turvetta.

Tämän tiedotteen tulokset osoittavat viljeltävän kasvin vaikutuksen maan kaliumtilaan, kun suuria "kaliumsatoja" tuottavien nurmien kaliumvarat ehtyivät nopeasti ja satotaso romahti ellei lannoitus ollut runsas, mutta viljakokeissa kaliumin puute ei yleensä rajoittanut satoa, kun jyväsadoissa korjattiin pellolta vain pieniä kaliummääriä.

Kasvin vaatimukset maan kaliumtilan suhteen ovat vaihtelevia. Nurmiheinät käyttävät maan ravinnevaroja tiheään juuristonsa avulla tehokkaasti. Maanesteen kaliumkonsentraation ei tarvitse olla korkea niiden kaliuminsaannin turvaamiseksi, ja alhainen maanesteen kaliumkonsentraatio taas edistää "reservikaliumin" vapautumista ja hyväksikäyttöä. Nuoren viljan oraan kuiva-aineen kaliumpitoisuus on normaalisti lähes kymmenen kertaa niin korkea kuin jyvän kaliumpitoisuus. Tämä merkitsee sitä, että oras tarvitsee kaliumia maasta lisää hyvin aikaisella kehitystasolla juuriston ollessa vielä suppea ja heikosti kehittynyt. Ilmeisesti vain suhteellisen väkevästä maanesteestä kaliumia on riittävän helposti saatavissa.

Savimaissa happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvasta kaliumista on maa-ainekseen pidentyneenä ilmeisesti paljon suurempi osuus kuin muissa maissa ja maanesteen kaliumkonsentraatio ilman lannoitusta orasvaiheessa alle optimin. Kalisuoletä- rivilannoituksella saatiin savimailla sadonlisäystä jopa viljavuusluokassa "hyvä" (K_{HAC} yli 300 mg/l), mutta ei karkeilla mailla edes viljavuusluokassa "huononlainen" (K_{HAC} 50-100 mg/l). Nykyaikaista lannoitustekniikkaa käytettäessä kaliumlannoitus on lisännyt satoa muissa kokeissa kaliumtilaltaan "tyydyttävillä" savimailla (LARPES 1977).

Hajalannoituksella kalisuoletä on paikalliskokeissa lisännyt jyväsatoa samallakin kaliumtasolla (K_{HAC}) savimailla vähemmän kuin muilla mailla (SIPPOLA 1980). Haja-levitetyn lannoitteen teho on tunnetusti huono savimailla kuivina keväinä, jolloin maankin kaliumin käyttökelpoisuus on huonoin. Ellei lannoitekalium ole kasvin käytettävissä, se ei voi lisätä satoakaan. Rivimultaus parantaa lannoitekaliumin hyväksikäyttöä ja ilmeisesti lisää oraiden kaliumin tarvetta, kun parantunut typen saanti nopeuttaa kasvua.

Savimailla orasvaihe on kaliumin saannin kannalta kriittisin myös tuhannen siemenen painojen mukaan, jotka osoittavat satoerojen johtuvan jyvien lukumäärästä

eikä niiden koosta. Turvemaiden helposti käytettävät mutta niukat kaliumvarat taas saattavat loppua kesken kasvukauden, jolloin tuleentuminen tapahtuu epänormaalin nopeasti, kasvusto kuivuu ja ränsistyy ja jyvät jäävät pieniksi.

Viljoilla kynnetäessä oljet maahan näyttää maanesteen kaliumkonsentraatio orasvaiheessa olevan lannoitustarpeen kannalta tärkeämpi kuin käyttökelpoisen kaliumin määrä. Ammoniumsuolaliuoksia heikompien kaliumin uuttajien (esim. 0,01 M CaCl_2) kokeilu maan kaliumtilan osoittajina näyttäisi aiheelliselta. Vaikeasti vaihtuva happoliukoinen "reservikalium" ei ilmeisesti paranna viljan kaliumin saantia kriittisessä orasvaiheessa. Positiiviset korrelaatiot toisaalta kaliumlannoituksen aiheuttaman viljasadon lisäyksen ja maan happoon liukenevan kaliumin välillä (s.10) sekä toisaalta happoon liukenevan kaliumin ja kaliuminsitomistaipumuksen välillä (KAILA 1967) viittaavat siihen, että kaliumin sitoutumisella saattaa olla Suomenkin savimaissa merkitystä kaliumlannoituksen hyväksikäytön huonontajina. Mm. olkien kalium saattaa ennen seuraavaa kasvukautta osittain sitoutua "käyttökelvottomaan" muotoon niissä maissa, joissa kaliuminsitomiskapasiteettia (ja reservikaliumia) on runsaasti.

Nurmilla sadonlisäysten ja maa-analyysilukujen välillä oli negatiivinen korrelaatio ja kaliumlannoitustarvetta voitiin ennustaa maa-analyysien avulla. Verrattain korkeat selvitysasteet perustuivat kuitenkin enemmän aineiston suureen hajontaan kuin tarkkuuteen. "Vaihtuvan" kaliumin osalta on tärkeää huomata, että tulos vanhenee jopa 1-2 vuodessa suurten kaliummäärien poistuessa nurmen sadoissa. "Happoliukoisen" kaliumin määrä muuttuu hitaammin. Maalaji antaa maan ominaisuuksista osittain samoja tietoja kuin happoliukoinen "reservikalium", joka lisääntyy maan savespitoisuuden lisääntyessä. Maan savisuus ja siihen liittyvä reservikalium vähensivät kaliumlannoitustarvetta nurmikokeissa, päinvastoin kuin viljakokeissa. Nurmilla kaliumreserveillä on todella käyttöä kaliumtaseen ollessa vahvasti negatiivinen.

Nurmen pinnalle levitetty lannoitekalium nostaa heinän kaliumpitoisuutta karkeilla kivennäismailla ja eloperäisillä mailla jyrkästi ja jopa tarpeettoman korkealle. Maan savespitoisuuden lisääntyessä pintalannoituksen vaikutus heikkenee. Savimaalla useita kertojakin toistettu kalisuola-pintalannoitus saattaa olla poutakausina täysin tehoton heinän kaliumpitoisuuden suhteen, vaikka kaliumpitoisuus olisi lievään puutostilaan viittaavalla tasolla (SAARELA ym. 1981). Silloin kun ilmeisesti kokonaan kuivaan, juurettomaan pintakerrokseen jäänyt lannoitekalium ei lainkaan paranna heinän kaliumin saantia, satoerojen puuttumisesta ei voida päätellä, ettei kaliumin puutos ole rajoittanut kasvua. Näyttää siltä, että kuivuuden torjuminen sadetuksella varmistaa heinän kaliumin saantia savi-

mailla tehokkaammin kuin kalium-pintalannoitus.

Nurmien sadoissa todettu optimaalisen kaliumpitoisuuden riippuvuus typpipitoisuudesta on kasvien rakenteen ja elintoimintojen valossa luonnollista. Sekä tyypeä että kaliumia tarvitaan eniten vilkkaasti toimivissa kasvinosissa kuten lehdissä. Nuoressa, runsaalla typellä lannoitetussa heinäkavustossa lehtien osuus on suuri ja siten myös kaliumin tarve kuiva-ainekiloa kohti suuri.

Viljan ja nurmen kaliumlannoitus

Jyväsadoista määritettyjen tuhannen siemenen painon ja hehtolitrapäinon mukaan kaliumlannoitus ei paranna sadon laatua silloin, kun se ei lisää satoa. Kaliumin puutteessa jyvät jäävät pieniksi ja kevyiksi etenkin turvemilla, joilla puutos korostuu kasvukauden loppua kohti.

Kun lannoitekaliumin hinnan korvaamiseen tarvitaan kaliumkiloa kohti noin puoli-toista kiloa leipäviljaa tai runsaat kaksi kiloa rehuviljaa, ei lannoitus keskimäärin ollut kannattavaa. Muutamissa yksittäisissä sadoissa merkitsevät sadonlisäykset olivat arvoltaan suuremmat kuin kustannukset.

Sadonlisäysten puuttuminen kokeen alussa ei osoita lannoitusta tarpeettomaksi pitemmän ajan kuluessa. Maa-analyysien mukaan maan kaliumtila huononee viljanviljelyssä olkien palautuessa ilman kaliumlannoitusta hitaasti. Kaliumtilan ennallaan pitäminen näyttäisi vaativan kaliumia noin 40 kg/ha/v, mutta tulos on näin lyhyen ajan jälkeen vielä hyvin epätarkka arvio. Ylläpitolannoituksen tarve lienee runsaan huuhtoutumisen takia suurin turvemilla.

Kynnettäessä oljet jatkuvasti maahan viljan kaliumlannoitusta voidaan huomattavasti vähentää nykyiseltä tasolta ja viljavuustutkimuksen ohjeista (taulukko 9 s. 34). Koska kalium on lannoitteissa suhteellisen halpaa - fosforiin verrattuna sen hinta on noin neljännes - voidaan lähteä siitä, että lannoituksella varmistetaan viljan kaliumin saanti. Vähintään jyväsadon kaliumsisältöä vastaava kaliumannos kannattanee viljan lannoitukseen yleensä sisällyttää. Karjanlantaan käytettäessä väkilannoitekalium ei ehkä ole tarpeen, mutta sijoitetun kaliumin vaikutusta yhtä suuri määrä lannan kaliumia ei ilmeisesti ainakaan savimilla vastaa.

Vaikka kalisuola ei lisännyt viljasatoa karkeilla kivennäismailla ja eloperäisillä mailla edes viljavuusluokassa "huononlainen", on varottava yleistämästä tuloksia

liikaa. Tuottaakseen hyvän jyväsadon vilja tarvitsee kaliumia vähintään noin 100 kg/ha. Nurmikokeissa heinän kaliumin otto oli tätä pienempi ensimmäisenä vuonna kolmessa kokeessa. Kokeiden lopussa maan kaliumtila oli useimmissa nurmikokeissa suurimmallakin kaliumlannoituksella niin huono, että runsas kaliumlannoitus olisi ollut viljalle tarpeen. Nurmikokeessa 02081 viljakasvina olleen vihantakauran satoa kalisuola lisäsi 80 %.

Mikäli kasvavan nurmisadon kuiva-aineen arvona pidetään 35 p/kg (SAARELA ja ELO-NEN 1982), tarvitaan kaliumlannoitekustannusten korvaamiseen kalisuolan hinnan (helmikuu 1982) mukaan 6,4 kiloa nurmisadon kuiva-ainetta yhtä kaliumkiloa kohden. Yhden prosentin sadonlisäys vastaa siten vuositasolla noin kymmentä kiloa kaliumia. Kaliumköyhyillä mailla, joilla sato lisääntyy suuresti, taloudellisesti optimaalinen kaliumlannoitus on hyvin lähellä suurimman sadon tuottavaa kaliumlannoitusta, koska lannoitekaliumin hinta on sillä saatavaan sadonlisäykseen verrattuna alhainen. "Optimin" ja "maksimin" lähekkäisyyttä osoittavat kahdeksan nurmikokeen satojen suhdeluvut taulukossa 8. Mikäli lannoitus on ollut yhden portaan eli 20 kg K/ha/sato alle "optimin", sato on yleensä alentunut enemmän kuin kaliumin säästöä vastaavat neljä prosenttia. Kaliummäärän ylittäessä "optimin" sato on usein alentunut niissä kokeissa, joissa suurin lannoitus ei ole ollut edullisin.

Taulukossa 8 esitetyissä kokeissa optimaalinen lannoitustaso vaihteli multa- ja turvemailla 60 kg:sta 80 kg:an K/sato sekä kivennäismailla 20 kg:sta 70 kg:an K/sato. Sato ei olisi toisena koevuonna ilmeisesti enää suurentunut kaliumlannoitusta edelleen lisättäessä niissä kokeissa, joissa suurin määrä oli optimaalinen. Koekauden pidentyessä optimi siirtyisi mahdollisesti turvemailla vielä korkeammalle ja kaliumrikkaampien maiden käyttökelpoisten kaliumvarojen rajallisuus tullee lisäämään näiden maiden kaliumlannoitustarvetta. Niillä mailla, joilla kaliumlannoitus 80 + 80 kg K/ha eli yhteensä 320 kg kalisuolaa hehtaarille vuodessa oli "niukka optimi" typpilannoituksella 80 + 80 kg N/ha, korkeammalla typpitasolla ja useammilla niittokerroilla runsaampi kaliumlannoitus olisi epäilemättä tarpeellista ja kannattavaa.

Nurmilla kaliumlannoitus vaikuttaa myös sadon laatuun erittäin merkittävästi, koska se muuttaa vegetatiivisten kasvinosien kivennäiskoostumusta. Kaliumioneina (K^+) maassa ja kasveissa esiintyvä kalium vähentää muiden alkali- ja maa-alkalimetallikationien (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) ottoa, mutta ei ilmeisesti paljoakaan vaikuta raskaiden metallien (Cu, Zn, Mn ym.) pitoisuuteen rehussa (TAHTINEN 1979). Kaliumlannoitus tehostaa typen ja fosforin ottoa parantaessaan kasvua. Sadon raakaval-

kuaispitoisuutta kaliumlannoitus alentaa lisätessään satoa, mutta se ei johdu typen oton vaikeutumisesta vaan käytettävissä olevan typpimäärän laimenemisesta suurempaan kasvimassaan.

Runsaan kaliumlannoituksen vaikutuksista pahin lienee sadon magnesiumpitoisuuden aleneminen, joka saattaa johtaa jopa laidunhalvaukseen. Taulukossa 8 esite-tyissä kokeissa magnesiumpitoisuus on ollut keskimäärin "optimilannoituksella" 1,92 g/kg k.a. ja yhtä 20 kg:n porrasta pienemmällä määrällä 2,15 g/kg k.a. eli 11 % korkeampi. Yksittäisten satojen magnesiumpitoisuudet ovat vaihdelleet "optimilannoituksella" paljon enemmän eli välillä 1,0-3,0 g/kg k.a. Kaliumlannoituksen vaikutusta rehun magnesiumpitoisuuteen on käytännön lannoitusta ja ruokintaa ajatellen korostettu ehkä liikaakin, kun äärimmäisyydestä toiseen vaihtelevilla kaliummäärillä on saatu keskimäärin merkitsevä vaikutus ja muu vaihtelu jätetty kokonaan vaille huomiota.

Tarpeetonta kaliumlannoitusta pitää välttää sadon laadunkin takia, mutta kannattavista sadonlisäyksistä tuskin tarvitsee luopua rehun kivennäiskoostumuksen parantamiseksi. Heinäkasvien luonnostaan alhainen magnesiumpitoisuus tulee ruokinnassa täydentää magnesiumpitoisilla kivennäisseoksilla tai muilla rehuilla. Magnesiumpöyhien maiden magnesiumlannoitus on rehun laadun kannalta hyödyksi. Säilörehuun voitaisiin ilmeisesti lisätä magnesiumia säilöntäaineen mukana. Ennen korjuuta kasvustolle ruiskuttamalla saataisiin haluttu magnesiummäärä jakaantumaan rehuun tasaisesti. Kasvustoruiskutus olisi mahdollista myös laitumilla ennen syöttöä, ja magnesiumin ohella voitaisiin lisätä muitakin alkuaineita (natriumia, kalsiumia, hivenaineita).

Maan "vaihtuvan" kaliumin pitoisuus on "optimaalisella" kaliumlannoitustasolla ollut alhainen (taulukko 8), kaikissa kokeissa kahden alimman viljavuusluokan tasolla. Verrattaessa yhden kaliumportaan aiheuttamia eroja samallakin maa-lajilla olleisiin muihin kokeisiin voidaan todeta, ettei kaliumlannoituksen "hienosäätö" näiden maa-analyysilukujen perusteella olisi mahdollista. Sadon kalium-pitoisuus on yleensä kohonnut selvästi jokaisella portaalla, mutta optimaalinen taso on vaihdellut 17,3 g:sta 45,8 g:an kuiva-ainekiloa kohden. Paremmin kuin kaliumpitoisuus sinänsä näyttää kaliumin riittävyttä osoittavan kaliumin ja typen pitoisuuksien suhde, jonka tulisi olla noin yksi eli 100 %.

Sadon K/N-suhteen ja suhteellisen sadon välinen yhteys on ollut tämän tiedotteen tuloksia (taulukko 25 s. 56, kuva 5 s.19) vastaava myös sellaisissa kokeissa, joissa on ollut useita typpitasoja. Niukalla typpilannoituksella sadon K/N-suh-

Taulukko 8. Niitonurmen optimaalinen kaliumlannoitus (kg K/ha/sato) toisena koevuonna ensimmäiselle ja toiselle sadolle sekä sitä vastaavia ja 20 kg pienemmällä ja 20 kg suuremmalla K-määrällä saatuja suhteellisia satoja, sadon ravinnepitoisuuksia ja muokauskerroksen (M) ja jankon (J) vaihtuvan kaliumin pitoisuuksia kokeen lopussa. (Optimin ollessa eri niittokerroilla erisuuri maa-analyysit ovat suuremman optimin mukaiset.)

Koe	77	79	81	83	84	85	86	87	$\bar{x}$
Maalaji	HtMr	LCt	Ct	KHt	Mm	HsS/Ct	Ct/KHt	Ct	
Niitto	1	2	1	2	1	2	1	2	
Opt. K-lann.	20	60	80	50	60	20	80	80	58
Suhteellinen sato									
-20 K	91	92	96	93	93	93	92	94	92
optimi	97	100	100	99	100 (91)	100	100	100	99
+20 K	98	94	91	99	96	98	-	-	-
Sadon K-pit.									
-20 K	22,6	22,4	21,1	23,6	21,3	18,5	14,0	29,6	23,7
optimi	27,6	27,1	23,9	29,9	22,8	21,5	17,3	36,2	27,7
+20 K	32,5	28,7	29,1	-	-	29,3	20,8	-	-
Sadon K/N-suhde, %									
-20 K	97	75	82	95	87	81	95	104	103
optimi	100	101	96	123	92	100	122	131	121
+20 K	120	106	111	-	-	136	155	-	-
Sadon Mg-pitoisuus									
-20 K	1,1	1,4	1,5	1,4	2,3	3,0	1,9	3,0	2,15
optimi	1,0	1,2	1,5	1,4	2,2	2,4	1,7	2,4	1,93
+20 K	1,0	1,1	1,3	-	-	2,1	1,5	-	-
Maan vaiht. K	M	M	M	M	M	M	M	M	J
-20 K	53	60	45	-	30	14	14	9	23
optimi	60	68	55	-	53	15	16	9	33
+20 K	65	65	-	-	-	-	-	-	30
									10
									10
									-

teen tulisi ehkä olla hiukan yli yksi (TÄHTISEN 1979 tulosten mukaan). Jos taas typpilannoitus on ollut saatuun satoon verrattuna hyvin suuri esim. levitettäessä tyypeä myöhään syksyllä, sadon määrän maksimi saavutetaan K/N-suhteen ollessa alle yhden (SAARELA ym. 1981).

Analysoitaessa nurmen satoa sen ruokinnallisten ominaisuuksien selvittämiseksi kannattaa määrittää myös näytteen kaliumpitoisuus sekä laskea sen ja rehuanalyysiin aina kuuluvan typpipitoisuuden suhde. Säilörehun kaliumin liikkuminen puristenes-teen mukana ja heinän kaliumin huuhtoutuminen luo'olla kuivatettaessa saattavat muuttaa tuloksia alkuperäisistä. Esikuivatetusta säilörehusta ja ennen varastointia otetuista raaka-ainenäytteistä saadaan luotettavimmat tulokset. Kasvustosta voidaan tietysti ottaa näytteitä myös vartavasten nurmen kaliumtilan selvittämistä varten.

Heinäkasvisadon K/N-suhteen ollessa alle 100 % kaliumlannoitusta pitäisi lisätä ja suhdeluvun ollessa huomattavasti yli 100 % kaliummääriä tulisi vähentää. Jälkimmäisessä tapauksessa on otettava huomioon, että heinän kaliumpitoisuus alenee nurmen vanhetessa ilman lannoituksen vähennystäkin, mikäli kaliumlannoitus on tuntuvasti pienempi kuin satojen kaliumsisältö. Mailla, jotka eivät sisällä mainittavasti savesta ja joiden epäorgaaninen kationinvaihtokapasiteetti on hyvin pieni, sadon K/N-suhde (%) näyttää muuttuvan suunnilleen yhtä monta %-yksikköä kuin kaliumlannoitus muuttuu kiloina satoa kohti. Maan savespitoisuuden lisääntyessä vaikutus heikkenee ja viivästyy. Savimailla sadon K/N-suhde on poutakausina alhainen eikä näytä silloin kohoavan lainkaan kalium-pintalannoituksella.

Luontaisesti kaliumköyhillä mailla, erityisesti turvemailla, sadon kaliumpitoisuus on ollut korkea samanaikaisesti, kun maassa on ollut käyttökelpoista kaliumia hyvin vähän. Tällaisilla mailla nurmien kaliumlannoitus pitää antaa kasvia varten erikseen jokaiselle sadolle samaan tapaan kuin typpilannoitus, eikä maan kaliumtilaa kannata yrittääkään pintalannoituksella parantaa. Typpilannoituksen ollessa vähintään 150 N/ha/v lannoitteen kaliumin ja typen suhteen tulisi olla noin yksi. Alhaisella typpitasolla turvemaiden heinäkasvinurmillekin pitää antaa kaliumia enemmän kuin tyypeä. Esikasveille tai nurmea perustettaessa annetun karjanlannan ym. jälkivaikutuksen tai huononlaista paremman "vaihtuvan" kaliumin perusteella ensimmäisen vuoden nurmen kaliumlannoitusta voidaan ja pitäisikin vähentää.

Multamaista osa muistuttaa kaliumin suhteen turvemaita, mutta osa on kivennäisosan laadusta riippuen huomattavasti rikkaampia. "Happoliukoinen" kalium osoittanee multamaiden pitkän ajan kaliumlannoitustarvetta paremmin kuin "vaihtuva"

kalium. Mikäli "happoliukoista" kaliumia on alle 200 mg/l (tai happoliukoinen miinus vaihtuva alle 100 mg/l) pitkäaikainen kaliuminluovutuskyky on mitättömän pieni. Happoliukoisen kaliumin ylittäessä 500 mg/l (happoliukoinen miinus vaihtuva 400 mg/l) lannoituksen K/N-suhde saanee olla alle 70 % ja suurina annoksina levitettävä lannan kalium varastoituu maahan tyydyttävästi.

Karkeiden kivennäismaiden ryhmässä maan luontainen kaliuminluovutuskyky vaihtelee eniten, ja happoliukoisen reservikaliumin määrittäminen on siksi tärkeintä. Hiekka ja karkea hieta ovat yleensä kaliumköyhiä, jopa turvemaiden luokkaa. Savinen ja kiillepitoinen hieta sekä hiesu ovat huomattavasti rikkaampia. Happoliukoisen kaliumin ylittäessä 1000 mg/l typpirikkaan Y-lannoksen (20-44-83, K/N = 42 %) kalium riittää yleensä turvaamaan nurmiheinien kaliumin saannin.

Savimaat ovat liejusavia ja mahdollisesti laihimpia hiesu- ja hietasavia lukuunottamatta happoliukoisen "reservikaliumin" perusteella poikkeuksetta "kaliumrikkaita", joten happoliukoisen kaliumin määrittäminen niistä ei ole yleensä tarpeellista.

Niissä tapauksissa, joissa nurmisatoja on mahdollista kasvattaa maan kaliumvaroja "ryöstäen", lannoitekaliumin tarve riippuu pitkällä tähtäyksellä paljolti rehusatojen kaliumin talteenotosta ja käytöstä lantana. Yli 90 % rehujen kaliumista erittyy sonnassa ja virtsassa. Kalium ei häviä haihtumalla, mutta säilörehun puristenesteen sekä virtsan ja lantavesien mukana saattaa siitä valua hukkaan yli puolet. Suurissa lantamäärissä kaliumia tulee kerrallaan niin paljon, että väkilannoitekaliumia ei tarvita seuraaville sadoille lainkaan. Erityisesti kaliumköyhillä mailla on lannan kaliumin riittävyttä arvioitaessa otettava huomioon myös levityksen tasaisuus ym. käyttökelpoisuuteen vaikuttavat seikat. Suurin ylilannoituksen vaara lienee lannan ja väkilannoitteiden yhteiskäytössä.

Viljavuustutkimuksen nykyiset kaliumlannoitussuositukset (taulukko 9) soveltuvat viljanviljelyyn korjattaessa myös oljet pois sekä laajaperäiseen nurmiviljelyyn, jossa vuosittain korjataan yksi heinäsato. Kynnetäessä oljet maahan viljalle riittää pienempi kalium-väkilannoitus. Voimaperäisessä nurmiviljelyssä kaliumlannoituksen pitää tässä tiedotteessa esitettyjen tulosten mukaan olla suosituksia huomattavasti runsaampi varsinkin turvemaidella. Kaliumlannoituksen tulisi olla enemmän sadoissa poistuvien kaliummäärien mukainen samaan tapaan kuin Ruotsissa (taulukko 9).

Taulukko 9. Suomalaiset ja ruotsalaiset maa-analyysiin perustuvat nurmen ja viljan kaliumlannoitussuositukset.

Suomalainen luokitus ja lannoitussuositukset (KURKI 1981).

Viljavuus- luokka	"Vaihtuva" kalium, K_{HAC} , mg/l			Happoliukoinen kalium K_{HCl} , mg/l	Kaliumlannoitus kg K/ha vilja ja heinä
	Eloperäiset maat	Karkeat kiv.maot	Savimaat		
Huono	alle 30	alle 50	alle 100	alle 250	120
Huononlainen	30- 60	50-100	100-150	250-500	100
Välttävä	60-100	100-150	150-200	500-1000	80
Tyydyttävä	100-200	150-250	200-300	1000-2000	60
Hyvä	200-350	250-400	300-500	yli 2000	40
Korkea	350-700	400-800	500-1000		-

Ruotsalainen luokitus ja lannoitussuositukset (ERICSSON 1981).

Luokka	K_{AL} , mg/100 g	Kaliumlannoitus, kg K/ha			
		Kevätvilja	Syysvilja	Niittonurmi	Laidun
I	alle 4	60-80	70-90	120-160	80-120
II	4,1- 8	40-60	50-70	100-120	60- 80
III	8,1-16	20-40	30-50	80-100	40- 60
IV	16,1-32	0-20	10-30	40- 80	20- 40
V	yli 32	0-20	10-30	40- 80	20- 40

Ruotsalaisella menetelmällä saadut maa-analyysitulokset ovat kymmenellä kerrottuina kivennäismaiden osalta vertailukelpoisia suomalaisten tulosten kanssa, koska käytetyt uuttoliuokset uuttavat kaliumia yhtä tehokkaasti (SIPPOLA ja JAAKKOLA 1980). Koska ruotsalaisen menetelmän uuttosuhde perustuu maan painoon, saadaan sillä kevyistä turve- ja multamaista suhteellisesti paljon suurempia lukuja kuin suomalaisella menetelmällä, jonka uuttosuhde perustuu maan tilavuuteen. Eniläinen uuttosuhde vastaa osittain Suomessa käytettävää maalajiryhmittäistä tulkintaa. Maalajiin liittyvät maan ominaisuudet ovat tulosten mukaan kaliumlannoituksen kannalta niin tärkeitä, että nykyistä tarkempi maalajiryhmitys näyttäisi tarpeelliselta "vaihtuvan" kaliumin lukuja tulkittaessa. Toinen tarkennusmahdollisuus on määrittää näytteistä myös happoliukoinen kalium, joka näyttää osoittavan aika hyvin nurmien kaliumlannoitustarvetta. Happoliukoinen "reservikalium" (happoliu-

koinenmiinus vaihtuva), osoittaa maan pitkäaikaista, hidasta kaliuminluovutus-
kykyä samaan tapaan kuin maalaji mutta tarkemmin.

Kirjallisuutta:

- ANON. 1980. Peltoalan käyttö kesällä 1980. Maataloustilastollinen kuukausikat-
saus, heinäkuu 1980: 208-213.
- BURKART, N. & AMBERGER, A. 1978. Einfluss der Kaliumdüngung auf die Verfügar-
keit des Kaliums in K-fixieren Böden im Verlaufe der Vegetationszeit.
Z. Pfl.ern. Bodenk. 141: 167-179.
- ERICSSON, J. 1981. Gödslingsrekommendationer i Sverige. Esitelmä NJF:n seminaa-
rissa "Praktiska gödslingsrekommendationer", Jokioinen 2.-4.6.1981,
moniste: 2 p.
- HAHLIN, M. & JOHANSSON, L. 1977. Några analysmetoders förmåga att beskriva växt-
näringstillståndet för fosfor och kalium i marker. Lantbrukshögskolans
meddelanden A 271: 34 p.
- JAAKKOLA, A. 1980. Astiakoe ohran typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitustarpeen
osoittajana. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 13:
1-23.
- KAILA, A. 1965a. Fixation of potassium in Finnish soils. Selostus: Kaliumin pi-
dätyimisestä maissamme vaikeasti vaihtuvaksi. Maatal.tiet. Aikak. 37:
116-126.
- 1965b. Fixation of potassium by soil samples under various conditions.
Selostus: Kaliumin pidätyimisestä maahan vaikeasti vaihtuvaan muotoon
eri olosuhteissa. Maatal.tiet. Aikak. 37: 195-206.
 - 1967. Release of nonexchangeable potassium from Finnish mineral soils.
Selostus: Kivennäismaittemme happoon liukenevasta vaihtumattomasta ka-
liumista. Maatal.tiet. Aikak. 39: 107-118.
- KERANEN, T. & TAINIO, A. 1968. Hiesu- ja savimaiden kalilannoitustarpeesta. Kent-
täkokeiden tuloksia vuosilta 1951-66. Ann. Agric. Fenn. 7: 161-174.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki
1972: 182 p.
- 1979. Suomen peltojen viljavuuden kehityksestä. Viljavuuspalvelu Oy,
Helsinki 1979: 41 p.
 - 1981. Viljavuustutkimuksen hyväksikäyttö. Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki
1981: 20 p.
- LARPES, G. 1977. Lannoitteiden vertailu kevätiljanviljelyssä savimaalla. Koe-
toim. ja Käyt. 25.1.1977.

- NEMETH, K., MENGEL, K. & GRIMME, H. 1970. The concentration of K, Ca and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. Soil Sci. 109: 179-185.
- RUSSELL, E. W. 1973. Soil conditions and plant growth. 10th ed., Longman, London 1973: 849 p.
- SAARELA, I. & ELONEN, P. 1982. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977-1981. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 16: 55 p.
- , HAKKOLA, H., LINNOMAKI, H. & KÖYLIJÄRVI, J. 1981. Nurmen pintakalkitus, sadetus, typpi- ja kaliumlannoitus. Monitekijäkokeiden tuloksia. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 15: 37 p.
- SALONEN, M. & TAINIO, A. 1961. Kalilannoitusta koskevia tutkimuksia. Selostus kiinteillä koekentillä vuosina 1932-59 suoritetuissa eri kalimäärien kokeissa saaduista tuloksista. Valt. Maatal.koetoim. Julk. 185: 60 p.
- SCHACHTSCHABEL, P. & HEINEMAN, C. G. 1974. Beziehungen zwischen den Kaliumgehalten in Böden und in jungen Haferpflanzen. Z. Pfl.ern. Bodenk. 137: 123-134.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. 1976. Lehrbuch der Bodenkunde. 9. Aufl., Enke, Stuttgart 1976: 394 p.
- SIPPOLA, J. 1980. Viljavuustutkimuksen tulkinna ja nousevien fosfori- ja kaliummäärien kokeiden tulosten vertailu. Maantutkimuslaitoksen tiedote 10: 13 p.
- & JAAKKOLA, A. 1980. Maasta eri menetelmillä määritetyt typpi, fosfori ja kalium lannoitustarpeen osoittajina astia- ja kenttäkokeissa. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 13: 24-42.
- TAHTINEN, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 9: 42 p.

Taulukko 10. Kaliumlannoituksen porraskokeiden koekenttien muokkauserroksen (M) ja jankon (J) maalaji, humuspitoisuus ja lajitekoostumus sekä happamuus ja ravinteisuus kokeen alussa.

37

Koepaikka kokeen n:o	Ker- ros	Maa- laji	Humus %	Lajitekoostumus, %					Happamuus ja ravinteisuus					
				S	Hs	Hht	Kht	Hk	pH H ₂ O	Ca	Mg	P	K _{HAC}	K _{HCl}
Hartola 02077	M	HtMr	12	14	34	27	20	5	5.4	945	43	7.0	102	(1648)
	J	HtMr	0.6	16	38	30	15	1	5.7	342	64	1.4	86	(3235)
Hartola 02078	M	HtMr	13	16	36	27	17	4	5.4	1065	55	8.4	149	(1910)
	J	HtMr	0.5	13	35	31	20	1	5.5	280	52	2.0	92	(3797)
Ilomantsi 02079	M	LCt	67	-	-	-	-	-	5.2	3260	138	11.4	73	(148)
	J	LCt	77	-	-	-	-	-	5.2	2905	190	4.4	50	(204)
Pihtipudas 02080	M	htMm	21	-	-	-	-	-	6.1	1527	227	10.8	50	(134)
	J	KHt	0.6	5	14	15	53	13	5.9	540	92	0.7	33	(185)
Pihtipudas 02081	M	Ct	65	-	-	-	-	-	5.8	2002	440	2.6	34	(74)
	J	Ct	69	-	-	-	-	-	5.5	1700	417	1.8	28	(64)
Vaala 02082	M	Mm	30	-	-	-	-	-	5.1	1108	199	12.4	64	(165)
	J	Ct	54	-	-	-	-	-	4.9	782	148	4.9	35	(125)
Muhos 02083	M	KHt	7.2	3	2	7	81	7	6.3	812	173	7.0	86	(158)
	J	KHt	1.5	1	1	7	87	4	5.6	128	45	1.1	18	(122)
Pihtipudas 02084	M	Mm	23	-	-	-	-	-	6.0	1640	214	4.2	46	(199)
	J	LJS	12	47	42	10	1	0	5.8	810	158	0.9	51	(350)
Pihtipudas 02085	M	HsS	6.1	33	48	18	1	0	5.4	1030	321	3.1	102	(1960)
	J	Ct	4.7	-	-	-	-	-	5.2	1060	174	2.4	49	(604)
Tyrnävä 02086	M	htCt	41	-	-	-	-	-	5.0	1230	383	7.1	49	95
	J	KHt	7.6	1	1	3	93	2	4.2	138	37	4.2	22	157
Utajärvi 02087	M	Ct	60	-	-	-	-	-	5.0	1670	49	3.9	44	70
	J	Ct	72	-	-	-	-	-	5.0	2260	109	1.0	23	40
Kuusamo 02088	M	htMm	35	-	-	-	-	-	5.8	1450	316	13.3	75	114
	J	KHt	1.9	2	14	36	47	2	5.4	128	42	1.9	40	164
Muut kokeet														
Vihti 02089	M	HeS	5.6	32	33	15	10	10	6.2	2040	161	5.3	277	3550
	J	HeS	1.9	31	36	16	9	8	6.1	1600	308	1.7	176	4654
Jokioinen 02090	M	HeS	4.9	42	25	13	8	12	6.4	2710	361	43.2	316	5782
	J	HeS	1.9	52	23	12	5	8	6.8	2800	978	4.1	220	6968
Jokioinen 02091	M	Mm	35	-	-	-	-	-	5.4	2870	379	6.7	211	2702
	J	Ct	43	-	-	-	-	-	4.8	2190	439	2.2	115	1154
Jokioinen 02146	M	shtHk	4.1	17	10	13	25	40	6.4	1970	157	30.1	422	3354
	J	shkHt	0.8	27	10	20	23	20	5.7	1380	380	1.2	184	4414
Mietoinen 13006	M	HeS	3.3	41	26	13	17	3	6.0	1330	346	9.4	288	6276
	J	HsS	1.1	54	29	12	5	0	6.4	1420	769	0.9	232	8445
Mietoinen 13016	M	AS	3.5	70	23	3	3	1	6.7	2925	821	4.8	345	(5278)
	J	AS	1.4	75	22	2	1	0	7.0	1832	1194	0.4	305	(5405)
Mietoinen 13017	M	sKHt	2.5	19	9	21	50	1	5.8	973	114	10.4	215	(2537)
	J	sKHt	0.8	26	14	26	34	0	5.7	1015	433	1.4	193	(4260)
Kokemäki 14812	M	He	15	26	25	27	21	1	5.7	2070	95	12.1	179	1041
	J	1JHeS	1.8	30	42	20	8	0	4.4	560	107	9.7	93	2830
Anjala 15178	M	HsS	4.7	57	23	8	6	6	6.8	3990	521	10.4	337	5071
	J	AS	2.7	67	19	8	4	2	6.7	4460	1118	2.1	296	6627
Pälkäne 16067	M	He	3.8	12	27	21	20	20	5.7	1130	46	3.7	144	5570
	J	He	1.0	12	36	32	15	5	6.0	620	58	0.1	86	9010
Maaninka 18262	M	He	3.6	13	26	29	26	6	6.2	1535	193	15.1	92	(3270)
	J	He	2.1	14	29	30	23	4	6.4	1255	199	5.1	80	(3817)
Laukaa 19025	M	Hs	4.5	30	52	7	6	5	6.3	1720	266	28.4	128	(2555)
	J	Hs	1.4	29	54	7	6	4	6.6	1167	249	2.8	69	(2895)
Ylistaro 20232	M	He	12	24	49	27	8	1	5.4	983	119	6.0	176	(1177)
	J	He	3.2	22	35	31	11	2	4.7	272	65	3.5	92	(2025)
Toholampi 21004	M	HHt	4.5	7	29	47	15	2	5.5	422	77	5.6	103	(817)
	J	HHt	1.1	7	32	47	14	0	5.3	174	50	2.0	35	(1245)
Toholampi 21007	M	hsMm	25	-	-	-	-	-	4.9	985	118	6.0	126	509
	J	He	19	20	49	28	3	0	5.0	900	130	4.5	65	1020

Taulukko 10. Kaliumlannoituksen porraskokeiden koekenttien muokkauskerroksen (M) ja jankon (J) maalaji, humuspitoisuus ja lajitekoostumus sekä happamuus ja ravinteisuus kokeen alussa.

Koepaikka kokeen n:o	Ker- ros	Maa- laji	Humus %	Lajitekoostumus, %					Happamuus ja ravinteisuus					
				S	Hs	Hht	Kht	Hk	pH _{H₂O}	Ca	Mg	P	K _{HAc}	K _{HCl}
Toholampi 21008	M	Hs	17	18	54	26	2	0	4.9	473	64	8.1	76	871
	J	Hs	1.5	18	54	26	2	0	5.0	410	89	6.0	40	1886
Ruukki 22002	M	Kht	16	5	11	28	48	8	5.2	920	128	18.2	88	(467)
	J	Kht	14	5	11	30	48	6	4.9	800	150	13.6	72	(177)
Vaala 24802	M	Mm	25	-	-	-	-	-	4.6	730	107	6.8	26	68
	J	Ct	72	-	-	-	-	-	4.2	678	101	1.2	18	35
Mouhijärvi 25428	M	hsHsS	5.2	33	50	11	4	2	6.6	2130	155	19.9	214	3684
	J	hsHsS	2.5	35	50	10	3	2	6.5	1470	215	5.4	177	4869
Mouhijärvi 25429	M	hsHsS	5.3	34	49	9	4	4	5.7	1310	161	5.1	129	3801
	J	HsS	2.2	39	46	8	3	4	6.0	1280	308	1.0	103	5354
Tohmajärvi 43027	M	htLCt	48	-	-	-	-	-	4.8	1938	147	7.3	71	(470)
	J	LCt	60	-	-	-	-	-	4.5	1567	124	3.3	60	(267)
Tohmajärvi 43337	M	Hht	4.8	5	20	52	20	3	5.6	795	70	4.1	180	(880)
	J	Hht	1.8	4	20	52	22	2	5.9	255	22	1.4	96	(1347)

Taulukko 11. Kaliumlannoituksen vaikutus satoihin kiinteiden koekenttien nurmikokeissa (nurmi, vihanteruis, ja oljet kuiva-aine, jyvät 15 % kost.)

Koe	Vuosi	Niitto pv	Kaliumlannoitus, kg K/ha					merk.	Nurmen ikä	Kasvilajit, %		
			0	20	40	60	80			Apila	Timotei	Muut
sato kg/ha												
02077 Hartola	1977	22.6	5880	6070	5650	5280	5790	-	3	10	90	
		11.8	5970	5420	5340	5740	6610	-				
		yht.	11850	11490	10990	11020	12300	-				
	1978	14.6	7020	7550 ^a	7590 ^a	7510 ^a	7750 ^a	x	4	5	95	
		1.8	5750	6240	5880	5940	5880	-				
		yht.	12770	13790 ^a	13370 ^a	13450 ^a	13630 ^a	xx				
	1979	2.9	3070	3140	3180	3120	3140	-	Ohra Hja	673		
		oljet	3010	3820	3650	3610	2920	-				
		yht. k.a.	5620	6490	6350	6260	5590	-				
02078 Hartola	1977	20.6	4530	4780	4990	4400	4410	-	3	5	95	
		10.8	5750	5960	5350	5940	5800	-				
		yht.	10280	10740	10340	10340	10210	-				
	1978	13.6	7400 ^a	7620 ^{ab}	8030 ^b	7620 ^{ab}	7340 ^a	x	4	2	98	
		31.7	5690	5980	6110	5720	5510	-				
		yht.	13090 ^a	13600 ^{ab}	14140 ^b	13340 ^{ab}	12850 ^a	x				
	1979	2.9	2980	3090	3030	3090	3130	-	Ohra Hja	673		
		oljet	2820	2670	3160	3560	3190	-				
		yht. k.a.	5360	5300	5740	6190	5860	-				
02079 Ilomantsi	1977	29.6	3160	2970 ^a	3330 ^a	3590 ^a	3020 ^a	-	1	3	97	
		23.8	(5180 ^a)	6670 ^{ab}	6430 ^a	6790 ^b	6810 ^{ab}	xx				
		yht.	(8340 ^a)	9640 ^{ab}	9760 ^{ab}	10380 ^b	9830 ^{ab}	x				
	1978	29.6	2530	3470 ^a	3920 ^a	4280 ^a	3880 ^a	xx	2		100	
		14.8	(3060)	4590	5410 ^a	5430 ^a	5680 ^a	xxx				
		yht.	(5590)	8060	9330 ^a	9710 ^a	9560 ^a	xxx				
	1979	26.6	3230	4720 ^a	5450 ^{ab}	5670 ^{ab}	6080 ^b	xxx	3		100	
		28.8	(2110)	5100 ^a	5920 ^a	7050 ^b	8140 ^b	xxx				
		yht.	(5340)	9820 ^a	11370 ^{ab}	12720 ^{bc}	14220 ^c	xxx				
02080 Pihtipudas	1977	30.6	2610	3170	2980	3160	3320	-	4		30	70
	1978	11.7	4930	5700	5440	5270	5700	-	Vihantaruus			
	1979	20.6	2960	3070	3440 ^b	3240 ^b	3200 ^b	-	1	7	43	50
		6.8	2220 ^a	2230 ^a	2750 ^b	2770 ^b	2780 ^b	xxx				
		yht.	5180 ^a	5300 ^a	6180 ^b	6000 ^b	5980 ^b	xxx				
02081 Pihtipudas	1977	9.7	4420 ^a	4670 ^{ab}	4990 ^{ab}	5350 ^b	5410 ^b	xx	2		95	5
		8.9	2100 ^a	2590 ^{ab}	2920 ^{bc}	3340 ^c	3240 ^c	xx				
		yht.	6520	7260 ^{ab}	7910 ^{bc}	8690 ^c	8650 ^c	xxx				
	1978	27.6	2000	3450 ^a	3890 ^{ab}	4280 ^b	4510 ^b	xxx	3		60	40
		24.7	1960	2930	4190 ^a	4350 ^a	3940 ^a	xxx				
		yht.	3960	6380	8080 ^a	8630 ^a	8450 ^a	xxx				
	1979	26.7	2080	2750	3320 ^a	3620 ^a	3720 ^a	xxx	Vihantakaura			
		16.9	380 ^a	350 ^a	480 ^{ab}	580 ^b	400 ^a	xx				
		yht.	2450	3100	3800 ^a	4200 ^a	4120 ^a	xxx				
02082 Vaala	1977	19.7	6030	6120	7050	6490	6730	-	2		70	30
02083 Muhos	1977	13.7	4470	3980	4390	4520	4250	-	1		100	
		15.8	1610 ^a	1710 ^a	1760 ^a	1700 ^a	1820 ^a	x				
		yht.	6080	5690	6150	6220	6070	-				
	1978	11.7	4960	6360 ^a	6980 ^a	7130 ^a	6890 ^a	xx	2		95	5
		5.9	1390	2320	2910 ^a	3240 ^a	3390 ^a	xxx				
		yht.	6350	8680	9890 ^a	10370 ^a	10280 ^a	xxx				
	1979	3.7	1500	2780	3310 ^a	3690 ^a	3510 ^a	xxx	3		95	5
		24.8	1040	2240 ^a	2390 ^a	2780 ^b	2810 ^b	xxx				
		yht.	2540	5010	5690	6470 ^a	6320 ^a	xxx				

Taulukko 11. Kaliumlannoituksen vaikutus satoihin kiinteiden koekenttien nurmikokeissa (nurmi, vihantaruis, (jatk.) ja oljet kuiva-aine, jyvät 15 % kost.)

Koe	Vuosi	Niitto pv	Kaliumlannoitus, kg K/ha					merk.	Nurmen ikä	Kasvilajit, %		
			0	20	40	60	80			Apila	Timotei	Muut
sato kg/ha												
02084 Pihtipudas	1978	27.6	4230 ^a	4340 ^a	4290 ^b	4640 ^b	4580 ^b	-	2	5	75	20
		20.8	3550 ^a	3630 ^a	4110 ^{ab}	3940 ^b	4300 ^b	xx				
		yht.	7790 ^a	7970 ^a	8400 ^{ab}	8580 ^{ab}	8880 ^b	x				
	1979	23.6	2540 ^a	2630 ^a	2780 ^a	3350 ^b	3220 ^b	xxx	3	1	90	9
		16.8	3030 ^a	3670 ^{ab}	4020 ^{ab}	3960 ^{ab}	4340 ^c	x				
		yht.	5570 ^a	6300 ^{ab}	6790 ^{bc}	7300 ^{bc}	7550 ^c	xx				
02085 Pihtipudas	1978	21.6	4050	4130	4220	4080	3830	-	2		95	5
		9.8	4780	5300	5080	4640	4990	-				
		yht.	8830	9430	9300	8740	8820	-				
	1979	19.6	3020	3230	3180	3180	3080	-	3		90	10
		7.8	3920	4230	4050	4300	4330	-				
		yht.	6940	7460	7230	7480	7410	-				
02086 Tyrnävä	1978	21.6	1490	1580	1680	1740	1810	-	2		95	5
		10.8	4480	5500 ^a	6010 ^a	5520 ^a	5300 ^a	xx				
		yht.	5970	7070 ^a	7690 ^b	7260 ^{ab}	7110 ^{ab}	xx				
	1979	20.6	1170	1570	1770 ^a	1770 ^a	1930 ^a	xxx	3		95	5
		9.8	1330	2620	3270 ^a	3670 ^{ab}	3900 ^b	xxx				
		yht.	2500	4200	5050 ^a	5450 ^{ab}	5830 ^b	xxx				
02087	1978	19.7	3690	4350 ^a	4690 ^{ab}	5000 ^b	5210 ^b	xxx	1		100	
		18.9	1020	1640	2090	2350 ^a	2460 ^a	xxx				
		yht.	4710	5990	6780	7350 ^a	7670 ^a	xxx				
	1979	12.7	1500	2990	4440 ^a	4310 ^a	4740 ^a	xxx	2		100	
		28.8	370	1500	2410	2980	3550	xxx				
		yht.	1870	4490	6850 ^a	7280 ^a	8290	xxx				
02088 Kuusamo	1978	13.7	5890 ^a	6300 ^{ab}	7020 ^b	6400 ^{ab}	6890 ^b	xx	2		100	
		9.9	3940 ^a	4010 ^a	3720 ^a	3990 ^a	4760	x				
		yht.	9730	10310 ^a	10740 ^a	10400 ^a	11650	xx				
	1979	12.7	1850	2840 ^a	2800 ^a	2640 ^a	2820 ^a	xx	3			
		29.8	1800	2180 ^b	1830	1410 ^{ab}	2060	-				
		yht.	3650 ^a	5020 ^b	4620 ^{ab}	4050 ^{ab}	4880 ^b	x				

Taulukko 12. Kaliumlannoituksen vaikutus satoihin koeasemien ja maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen kokeissa (viljat jyväsato, kosteus 15 %, nurmet kuiva-ainesato, peruna mukulasato)

Koe	Vuosi	Kaliumlannoitus kg K/ha					merk.	Kasvi		N-lann. kg/ha	Kylvö pv	Korjuu pv	Lako %
		0	20	40	60	80		Laji	Lajike				
		sato kg/ha											
02089	1978	3890	3850	3810	3930	3850	-	ohra	Paavo	104	10.5	30.8	
	1979	4290	4630	4470	4630	4660	x	ohra	Aapo	104	17.5	29.8	
	1980	4400	4390	4210	4300	4140	-	ohra	Aapo	104	7.5	21.8	0
02090	1980	3770	3900 ^a	3950 ^a	3990 ^a	3960 ^a	-	ohra	Pomo	100	20.5	8.9	5
	1981	3320	3580 ^a	3660 ^a	3750 ^a	3760 ^a	xxx	ohra	Pomo	100	13.5	20.8	15
02091	1980	3790	3690	3900	3830	3910	-	ohra	Pomo	55	21.5	2.9	70
	1981	2370	2360	2380	2380	2400	-	ohra	Pomo	47	26.5	1.9	25
02146	1980	44100	43700	44100	41300	43600	-	peruna	Pito	90	25.5	29.9	
12162	1981	2800 ^a	27600 ^a	27600 ^a	28700 ^a	26100	xx	peruna	Pito	90	28.5		
13006	1979	3540	3470	3510	3530	3470	-	kaura	Puhti	100	15.5	13.9	8
	1980	2860	2880	2870	2910	2910	-	k.vehnä	Ruso				20
13016	1977	3560	3570	3660	3600	3510	-	k.vehnä	Ruso	100	24.5	20.9	0
	1978	3200	3040	3200	3030	3020	-	k.vehnä	Ruso	99	23.5	4.10	0
	1979	2280	2000	2350	2180	2150	-	ohra	Suvi	99	21.5	29.8	0
	1980	4880	4510	4750	4580	4800	-	ohra	Suvi				
13017	1977	3180	3300	3180	3250	3300	-	ohra	Karri	83	31.5	20.9	80
	1978	3750	3710	3820	3890	3950	-	kaura		83	26.5	14.9	90
	1979	3340	3090	3160	3180	3120	-	k.vehnä	Ruso	83	24.5	21.9	38
	1980	5350	5330	5340	5390	5320	-	kaura	Puhti				
14812	1978	3520	3700	3340	3540	3450	-	ohra	Birgitta	53	23.5	27.9	78
	1979	4170	4130	4150	4190	4160	-	ohra	Suvi	53	25.5	6.9	45
	1980	3730	3820	3900	4020	3750	-	ohra					
15178	1978	7160	7030	7150	7220	7140	-	ohra		80			
	1979	3740	3920	3990 ^a	4050 ^b	4200 ^b	-	ohra					
	1980	3450 ^a	3430 ^a	3400 ^a	3750 ^b	3730 ^b	x	ohra					
16067	1978	2470	2830	3090 ^b	2940 ^{ab}	2990 ^b	-	ohra	Pomo	55	26.5	31.8	0
	1979	3640 ^a	3640 ^a	3880 ^b	3840 ^{ab}	3980 ^b	xx	kaura	Heikki	55	25.5	5.9	50
	1980	3670	3850	3910	3970	3890	-	ohra					
18262	1977	3840	3670	3610	3760	3780	-	ohra		80			95
	1978	2870	2900	2940	3000	2900	-	ohra		80			93
	1979	3930	3840	3770	3730	3940	-	ohra	Vigdis	60	31.5	29.8	84
	1980	4220	4240	4060	4010	4210	-	ohra					
19025	1977	2210	2280	2300	2260	2310	-	kaura	Tiitus	83	2.6	20.10	(50)
	1978	3520	3660	3610	3610	3690	-	ohra	Otra	83	26.5	4.9	(30)
	1979	3310 ^b	3520 ^b	3340 ^b	3550 ^a	3370	-	ohra	Otra	83	29.5	9.9	
	1980	2820 ^b	2850 ^b	2890 ^b	2650 ^a	2750 ^{ab}	xx	kaura	Tiitus	69	28.5	26.8	
20232	1977	4010	4160	3880	4260	4060	-	kaura	Tiitus	52	26.5	26.9	20
	1978	3990	3970	4040	3960	3900	-	kaura	Tiitus	52	12.5	8.9	13
	1979	4080	4020	4050	3990	3910	-	kaura	Tiitus	55	23.5	9.9	5
	1980	4350	4090	4180	4230	4050	-	kaura					
21004	1977	3630 ^b	3700 ^b	3420 ^a	3570 ^{ab}	3360 ^a	x	ohra					
	1978	3940	4120	4070	4230	4230	-	ohra	Otra	61	29.5	7.9	60
	1979	2700 ^a	2980 ^b	2910 ^{ab}	2830 ^{ab}	3010 ^b	x	ohra					
	1980	2610	2820	2570	2630	2600	-	ohra					
21007	1978	2820	2360	2070	2300	2120	-	kaura		61	30.5	26.9	
	1979	5160	5470	5170	5240	5440	-	kaura					
	1980	3760	3250	3420	3640	3100	-	kaura					
21008	1978	3150	3190	3190	3150	3690	-	kaura		61	30.5	25.9	0
	1979	1180	1270	1210	1140	1350 ^b	-	timotei					
		1240 ^a	1390 ^{ab}	1460 ^{ab}	1450 ^{ab}	1630 ^b	xx						
		500	600	570	620	670	-						
	1980	4680	4540	4430	4600	4620	-	timotei					
		3270	3220	3460	3240	3310	-						
22002	1977	3050	3300	3090	3100	3320	-	ohra		75	6.6	26.9	95
	1978	5110	4630	5000	5040	4730	-	ohra		75	26.5	4.9	97
	1979	4550	4730	4510	4420	4540	-	ohra		75	31.5	6.9	65
	1980	3030	3110	3140	3120	3250	-	ohra					
24802	1978	1460	2050 ^a	2430 ^{ab}	2500 ^{ab}	2740 ^b	xxx	raiheinä					
		1510 ^a	1770 ^{ab}	1870 ^b	1970 ^b	1910 ^b	x						
	1979	1360	2320 ^a	2510 ^a	2690 ^a	3400	xxx	kaura+timotei		160	1.6	18.7	
		1360	1310	1580	1610	1510	-					29.7	
	1980	430	3150	4630 ^a	5150 ^a	5170 ^a	xxx	timotei					
		760	3170	4450	5730 ^a	6080 ^a	xxx						

Taulukko 12. Kaliumlannoituksen vaikutus satoihin koeasemien ja maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen kokeissa (viljat jyväsato, kosteus 15 %, nurmet kuiva-ainesato, peruna mukulasato)

Koe	Vuosi	Kaliumlannoitus kg/ha					merk.	Kasvi		N-lann. kg/ha	Kylvö pv	Korjuu pv	Lako %
		0	20	40	60	80		Laji	Lajike				
		sato kg/ha											
25428	1978	5670	5670	5690	5730	5750	-	ohra		80	26.5	27.9	0
	1979	890	1030 ^a	1090 ^a	1020 ^a	1220 ^a	-	nurmi					
		2200 ^a	2380 ^a	2510 ^a	2410 ^a	2720 ^a	x						
		2830 ^a	3000 ^a	2980 ^a	3080 ^a	3020 ^a	x						
	1980	3580	3480	3660	3590	3640	-						
		1310	1180	1270	1240	1370	-						
		2120	1970	2140	1930	2020	-						
25429	1979	3300	3400	3320	3410	3470	-	ohra		80	30.5	6.9	
	1980	2010	2130	2070	2020	2050	-	ohra					
43027	1977	3660	3660 ^a	3640 ^a	3630 ^a	3480 ^a	-	kaura		55	20.5	28.9	90
	1978	3570	3920 ^a	3860 ^a	3890 ^a	4030 ^a	x	kaura	Tiitus				
	1979	4030 ^{ab}	3990 ^b	3910 ^{ab}	3910 ^a	3860 ^a	-	kaura	Tiitus		26.5	13.9	3
	1980	4720 ^{ab}	4820 ^b	4730 ^{ab}	4510 ^a	4520 ^a	x	kaura					
43337	1977	3880	3860	3840	3850	3910	-	kaura		75	20.5	8.9	6
	1978	4090	4050	3800	4030	4140	-	kaura	Tiitus				
	1979	3330	3340	3460	3370	3140	-	kaura	Tiitus		25.5	4.9	0
	1980	4850	4850	4770	4880	4770	-	kaura					

Taulukko 13. Kaliumlannoituksen vaikutus satojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02077, Hietamoreeni, Hartola

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha				Maa-analyysi syks. 1979 (sulkeissa kok. alussa)							
	1977		1978		1979		1977	1978	1979	yht.	Muokk. Jank- kerros ko		Muokk. Jank- kerros ko			
	1	2	1	2	jyvät oljet											
Typpi, N											pH					
											(5.4)	(5.7)				
0	22.1	25.7	27.5	29.8	22.8 ^a	12.0	283	364	96	743	5.3	5.7				
20	20.1	24.7	27.6	26.8	21.3 ^a	12.7	256	374	106	736	5.2	5.7				
40	21.7	24.6	27.1	27.0	22.2 ^a	12.3	268	362	108	738	5.3	5.6				
60	22.3	25.5	26.0	27.9	21.4 ^a	10.3	281	359	95	751	5.2	5.6				
80	22.6	23.9	26.8	26.7	21.2 ^a	11.9	292	363	92	747	5.2	5.5				
merk.	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-				
Fosfori, P											P _{HAC}					
											(7.0)	(1.4)				
0	2.6	3.4	3.1	2.0	4.3	1.4	36	33	16	85	6.1	1.5				
20	2.5	3.5	3.1	1.7	4.0	1.7	34	34	17	85	6.7	1.1				
40	2.7	3.4	3.1	2.1	4.3	1.4	34	36	17	87	6.7	1.5				
60	2.6	3.3	3.1	2.0	4.4	1.3	33	34	17	84	6.3	1.2				
80	2.6	3.4	3.0	1.8	4.5	1.3	36	33	16	85	7.6	1.7				
merk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Kalium, K											K _{HAC}		K _{HCl}			
											(102)	(86)	(1648)	(3235)		
0	21.4	25.6	26.6 ^a	22.4 ^a	5.3	15.8 ^a	278	315 ^a	62	655	53 ^a	60	1613	3119		
20	22.4	28.3	27.6 ^a	27.1 ^{ab}	5.1	15.8 ^a	289	376 ^a	74	739	60 ^{ab}	68	1663	3619		
40	24.6	29.5	32.5 ^b	28.7 ^{ab}	4.5	22.1 ^b	297	415 ^a	93	805	65 ^{ab}	65	1638	3631		
60	25.5	30.5	34.2 ^{bc}	29.7 ^{ab}	4.6	19.8 ^{ab}	310	432 ^{ab}	86	848	75 ^b	66	1663	3631		
80	26.7	31.4	36.6 ^c	34.1 ^b	5.6	24.5 ^b	346	485 ^b	87	918	73 ^b	68	1825	3662		
merk.	x	xx	xxx	x	-	x	-	xxx	-	-	x	-	-	-		
Kalsium, Ca											Ca _{HAC}					
											(945)	(342)				
0	2.3	3.0	3.6 ^b	5.1	0.4	2.7	31	55 ^b	9	95	1038	319				
20	2.7	2.8	3.7 ^b	4.5	0.3	2.6	31	56 ^b	11	98	975	400				
40	2.6	2.6	3.4 ^{ab}	4.3	0.3	2.8	29	50 ^{ab}	11	90	1062	325				
60	2.8	2.9	3.6 ^b	4.6	0.3	2.1	31	55 ^b	8	94	1050	300				
80	2.6	2.8	3.0 ^a	4.0	0.3	2.5	32	47 ^a	8	87	1013	350				
merk.	-	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-				
Magnesium, Mg											Mg _{HAC}					
											(43)	(64)				
0	0.8	1.0	1.1 ^c	1.4 ^b	0.8	0.4	11	16 ^b	3	29	41	74				
20	0.8	1.0	1.0 ^{bc}	1.2 ^{ab}	0.6	0.4	10	15 ^b	3	28	38	74				
40	0.8	0.9	1.0 ^{bc}	1.1 ^{ab}	0.6	0.4	9	14 ^{ab}	3	26	44	65				
60	0.8	0.9	0.9 ^{ab}	1.2 ^{ab}	0.7	0.3	9	14 ^{ab}	3	26	39	51				
80	0.8	0.9	0.8 ^a	1.0 ^a	0.7	0.3	10	12 ^a	3	25	44	64				
merk.	-	-	xx	x	-	-	-	x	-	-	-	-				

Taulukko 14. Kaliumlannoituksen vaikutus satojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02078, Hietamoreeni, Hartola

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha				Maa-analyysi syks. 1979			
	1977		1978		1977		1978		1977		1978	
	1	2	1	2	jyvät oljet				yht.		(sulkeissa kok. alussa)	
											Muokk. Jank- kerros ko	Muokk. Jank- kerros ko
pH												
(5.4) (5.5)												
Typpi, N												
0	21.8	22.9	25.4	28.8 ^b	22.1	11.7	230	358 ^{ab}	89	647	5.3	5.5
20	21.2	22.3	26.1	27.7 ^{ab}	22.8	11.2	233	365 ^{ab}	90	688	5.2	5.3
40	21.9	21.3	26.6	27.5 ^{ab}	20.8	11.8	223	381 ^a	88	692	5.3	5.4
60	20.9	23.1	24.6	26.5 ^a	21.9	11.3	230	337 ^a	98	665	5.3	5.3
80	22.1	22.3	24.3	26.8 ^a	22.7	10.8	227	323 ^a	96	646	5.2	5.3
merk.	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-	-
P _{HAc}												
(8.4) (2.0)												
Fosfori, P												
0	2.8	3.1	3.2	2.0	4.4	1.3	31	35	15	81	7.7	1.8
20	2.7	3.0	3.3	1.9	4.6	1.3	31	36	16	83	7.4	1.7
40	2.7	3.1	3.1	2.0	4.6	1.4	30	37	16	83	8.0	2.1
60	3.0	3.3	3.1	2.2	4.5	1.4	32	36	17	85	7.4	1.5
80	2.8	3.3	3.1	2.0	4.5	1.3	32	33	16	81	8.7	2.3
merk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K _{HAc}												
(149) (92)												
Kalium, K												
0	25.3 ^a	31.4	29.9 ^{ab}	30.1 ^a	4.9	15.3 ^a	295	399 ^a	55	749	59 ^a	75
20	27.9 ^{ab}	30.1	30.6 ^b	32.0 ^{ab}	6.2	19.1 ^{ab}	314	426 ^{ab}	68	808	77 ^{ab}	83
40	27.9 ^{ab}	30.1	32.3 ^{ab}	35.9 ^{bc}	5.4	21.7 ^b	300	480 ^b	82	862	63 ^a	80
60	29.2 ^{ab}	30.8	34.2 ^{ab}	36.5 ^{bc}	5.0	21.4 ^b	312	469 ^b	91	872	80 ^{ab}	73
80	30.5 ^b	32.2	36.3 ^a	39.3 ^c	6.0	20.1 ^b	321	482 ^b	80	883	93 ^b	83
merk.	x	-	xx	xxx	-	x	-	xx	-	-	x	-
Ca _{HAc}												
(1065) (280)												
Kalsium, Ca												
0	2.5	2.5	3.2 ^{ab}	4.0	0.3	2.9	25	48 ^a	9	82	1063	338
20	2.4	2.5	3.7 ^b	3.7	0.3	2.6	26	50 ^a	8	84	1200	250
40	2.4	2.3	3.2 ^{ab}	3.6	0.3	2.5	24	47 ^a	8	79	1125	287
60	2.4	3.1	3.2 ^{ab}	3.5	0.3	2.3	29	45 ^a	9	83	1300	213
80	2.6	2.9	2.7 ^a	3.5	0.3	2.0	30	39	7	76	1225	200
merk.	-	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Mg _{HAc}												
(55) (52)												
Magnesium, Mg												
0	0.8	0.9	1.0 ^b	1.4 ^a	0.6	0.4	9	15 ^b	3	27	55	60
20	0.7	0.8	1.0 ^b	1.2 ^a	0.5	0.3	8	15 ^b	3	26	54	46
40	0.7	0.8	0.9 ^{ab}	1.1 ^a	0.6	0.4	8	14 ^{ab}	3	25	56	51
60	0.7	0.9	0.9 ^{ab}	1.1 ^a	0.6	0.3	9	13 ^a	3	25	56	49
80	0.8	0.9	0.8 ^a	1.1 ^a	0.6	0.3	9	11	3	23	59	50
merk.	-	-	x	-	-	-	-	xx	-	-	-	-

Taulukko 15. Kaliumlannoituksen vaikutus nurmisatojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02079, metsäsäsaraturve, Ilomantsi

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha				Maa-analyysi syks. 1979		
	1977		1978		1979		yht.		(sulkeissa kok. alussa)		
	1	2	1	2	1	2	1977	1978	1979	muokk. kerros	muokk. kerros
										pH	
Typpi, N										(5.2)	(5.2)
0	20.8	22.6	29.0	30.1	25.0 ^b	32.5	(183	165	140	488)	5.1
20	21.6	21.7	27.8	25.5 ^a	23.3 ^{ab}	28.2	(209	214	240 ^a	663)	5.0
40	21.9	22.6	25.7	26.2 ^a	19.9 ^a	23.8 ^a	(216	247 ^a	236 ^a	699)	5.1
60	22.9	22.4	25.0	24.9 ^a	20.0 ^a	23.4 ^a	(234	243 ^a	269 ^a	746)	5.1
80	21.7	21.7	26.2	24.3 ^a	20.8 ^a	22.8 ^a	(210	241 ^a	302 ^a	753)	5.1
merk.	-	-	xx	x	xxx	xxx		xxx	xxx		-
Fosfori, P										P _{HAc}	
										(11.4)	(4.4)
0	3.2	3.6	4.0	3.0	3.7 ^b	3.2	(29	19	17	65)	18.4
20	3.2	3.5	3.7 ^a	2.6 ^{ab}	3.4 ^{ab}	2.8	(33	25 ^a	29 ^a	87)	15.8
40	3.2	3.7	3.5 ^a	2.5 ^a	3.1 ^a	2.7	(34	27 ^{ab}	32 ^{ab}	93)	16.2
60	3.3	3.8	3.4 ^a	2.8 ^{ab}	3.2 ^a	2.9	(37	30 ^b	36 ^{ab}	103)	16.1
80	3.3	3.7	3.6 ^a	2.6 ^a	3.2 ^a	3.1	(35	28 ^{ab}	42 ^b	105)	16.8
merk.	-	-	xx	x	x	-		xxx	xxx		-
Kalium, K										K _{HAc}	
										(73)	(50)
0	13.8 ^a	12.6 ^a	12.3 ^a	11.9	9.8	10.2 ^a	(109	68	53	230)	35 ^a
20	17.0 ^{ab}	14.5 ^b	17.0 ^{ab}	16.0 ^a	13.4 ^a	13.9 ^{ab}	(149	133	127	409)	35 ^a
40	17.9 ^b	19.1 ^b	21.1 ^{bc}	19.1 ^a	15.8 ^{ab}	16.6 ^b	(181	186	174	541)	43 ^a
60	19.9 ^{bc}	17.9 ^b	23.9 ^{cd}	23.6	18.6 ^b	21.1	(191	229	236	656)	45 ^{ab}
80	22.9 ^c	25.1 ^c	29.1 ^d	29.9	23.3	30.0	(238	281	(353)	872)	55 ^b
merk.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx
Kalsium, Ca										Ca _{HAc}	
										(2360)	(2905)
0	3.8	4.6	6.9 ^b	5.3	3.6 ^b	4.9	(36	33	20	89)	3050
20	3.2	4.6	6.1 ^b	4.7	3.1 ^{ab}	5.5	(40	43 ^a	43 ^a	126)	2960
40	4.0	4.9	4.9 ^a	4.6	2.7 ^a	5.5	(45	44 ^a	47 ^a	135)	3050
60	3.7	4.4	5.2 ^a	4.1	2.8 ^a	4.0	(42	44 ^a	44 ^a	130)	2925
80	3.2	4.3	4.8 ^a	4.7	2.4 ^a	4.4	(38	46 ^a	49 ^a	133)	2100
merk.	-	-	xx	-	x	-		x	xx		-
Magnesium, Mg										Mg _{HAc}	
										(138)	(190)
0	1.2	1.5	2.4	2.3	1.5 ^b	2.7 ^c	(11	13	10	34)	118
20	1.0	1.4	2.0	1.8 ^a	1.3 ^b	2.2 ^{bc}	(12	15	17 ^a	44)	106
40	1.1	1.4	1.5 ^a	1.8 ^a	1.0 ^a	2.3 ^{bc}	(13	16	18 ^a	47)	120
60	1.0	1.2	1.5 ^a	1.4 ^a	1.0 ^a	1.7 ^{ab}	(12	14	17 ^a	43)	111
80	0.8	1.1	1.3 ^a	1.4 ^a	0.8 ^a	1.3 ^a	(10	14	15 ^a	39)	128
merk.	-	x	xxx	xx	xx	xx	-	-	xx		-

Taulukko 16. Kaliumlannoituksen vaikutus satojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02080, hietamoreeni, Pihtipudas

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha				Maa-analyysi syks. 1979 (sulkeissa kok. alussa)			
	1977	1978	1979		1977	1978	1979	yht.	Muokk. Jank- kerros ko	Muokk. Jank- kerros ko	Muokk. Jank- kerros ko	Muokk. Jank- kerros ko
	1	vihantaruis	1	2								
Typpi, N										6.1 pH 5.9		
0	22.2	11.7 ^a	25.3	29.4	58	58	140 ^{ab}	256	6.1	6.0		
20	22.3	12.7 ^{ab}	23.8	28.1	71	72	135 ^a	278	6.1	5.6		
40	21.9	12.2 ^a	23.8	26.4	66	66	154 ^b	286	6.1	6.1		
60	21.6	13.8 ^b	24.6	26.9	69	73	154 ^b	296	6.0	5.9		
80	22.0	12.7 ^{ab}	25.0	27.2	73	72	156 ^b	301	6.2	5.9		
merk.	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-
Fosfori, P										P _{HCl} (10.8) (0.7)		
0	3.4	1.6	2.7	2.8	9	8	14	31	19.5	1.6		
20	3.6	1.6	2.5	3.0	11	9	14	34	17.2	0.3		
40	3.4	1.5	2.5	2.5	10	8	15	33	17.8	1.7		
60	3.5	1.8	2.8	2.6	11	9	16	36	15.9	2.7		
80	3.4	1.7	2.7	2.7	12	10	16	38	18.5	1.3		
merk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalium, K										K _{HAc} (50) K _{HCl} (33) (134) (185)		
0	11.3 ^a	14.6	(23.0)	(17.6)	29 ^a	71	(108)	208	39 ^a	38	158	295
20	15.9 ^{ab}	14.4	27.3 ^a	25.9 ^a	50 ^{ab}	82	142	274	25 ^a	15	112	125
40	18.7 ^{bc}	15.6	31.7 ^{ab}	30.2 ^{ab}	57 ^{bc}	85	191 ^a	333	38 ^a	20	133	172
60	18.8 ^{bc}	17.1	31.4 ^{ab}	41.7 ^c	60 ^{bc}	90	215 ^{ab}	365	35 ^a	28	123	187
80	22.7 ^c	16.7	36.9 ^b	46.1 ^c	75 ^c	95	248 ^b	418	63	43	183	195
merk.	xx	-	x	xxx	xxx	-	-	-	x	-	-	-
Kalsium, Ca										Ca _{HAc} (1527) (540)		
0	3.5	2.6	4.0	(7.8)	9	13	29	51	1775	513		
20	3.0	2.8	4.3	10.0	10	16	35	61	1788	400		
40	3.4	2.5	4.1	9.4 ^a	10	14	40	64	1788	401		
60	2.9	2.7	4.3	8.8 ^a	9	14	38	61	1638	513		
80	2.9	2.7	4.2	6.7 ^a	10	15	32	57	1650	588		
merk.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnesium, Mg										Mg _{HAc} (227) (92)		
0	2.0	0.9	1.9	(3.1)	5	4	12	21	254	93		
20	1.6	1.0	1.7	4.3 ^c	5	6	15	26	258	66		
40	1.6	0.8	1.6	3.6 ^{bc}	5	4	15	24	245	65		
60	1.5	0.9	1.7	3.0 ^{ab}	5	5	14	24	240	78		
80	1.5	0.9	1.5	2.1 ^a	5	5	10	20	258	108		
merk.	-	-	-	xx	-	-	-	-	-	-	-	-

Taulukko 17. Kaliumlannoituksen vaikutus nurmisatojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02081, saraturve, Pihtipudas

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä,			kg/ha yht.	Maa-analyysi syks. 1979 (sulkeissa kok. alussa) Muokk. Jank- kerros ko	Muokk. Jank- kerros ko				
	1977	1978	1979		1977	1978	1979							
	1	2	1	2	vihantakaura									
Typpi, N									(5.8) ^{PH} (5.5)					
0	24.0	30.1	34.4 ^b	36.9	29.7 ^a	23.8	171	142 ^a	70	383	5.8	5.0		
20	22.5	25.5 ^a	28.1 ^{ab}	27.2 ^a	24.9 ^a	25.4	172	176 ^a	77	425	5.7	5.0		
40	21.8	25.3 ^a	27.4 ^{ab}	22.7 ^a	24.6 ^a	25.1	183	203 ^a	94	480	5.7	4.9		
60	21.0	22.0 ^a	24.5 ^a	21.5 ^a	23.3 ^a	22.6	186	201 ^a	97	484	5.8	5.0		
80	20.1	23.3 ^a	24.9 ^a	21.6 ^a	21.2 ^a	23.4	185	197 ^a	89	471	5.7	4.8		
merk.	-	xx	x	xxx	x	-		xx	-	-	-	-		
Fosfori, P									P _{HAC} (2.6) (1.8)					
0	2.6	3.2	4.6	3.8 ^a	1.8	3.3	19	17 ^a	5	41	5.0	0.3		
20	2.6	2.9	3.9	2.7 ^a	1.8	2.5	20	22 ^a	6	48	3.6	0.1		
40	2.5	3.0	3.8	2.8 ^a	1.6	2.1	21	27 ^b	6	54	4.1	0.1		
60	2.4	2.8	3.7	2.1 ^a	1.7	2.1	22	25 ^{ab}	7	54	3.9	0.1		
80	2.4	2.7	(4.5)	2.5 ^a	1.7	2.0	22	(30) ^b	7	59	4.4	0.3		
merk.	-	-	-	xxx	-	-		xx	-	-	-	-		
Kalium, K									K _{HAC} (34) (28) (74) (64)					
0	9.7 ^a	6.7 ^a	6.5	6.4	8.8 ^a	4.9 ^a	58	25	20	103	25 ^a	15	55 ^a	30
20	11.2 ^{ab}	9.0 ^a	11.0	13.0 ^a	11.9 ^a	7.0 ^{ab}	76	76	35	187	25 ^a	16	58 ^a	27
40	13.2 ^{bc}	13.4 ^b	14.7	18.5 ^a	17.9 ^b	10.4 ^{bc}	105	135	65	305	30 ^a	19	62 ^a	36
60	14.7 ^{cd}	16.2 ^b	21.3 ^a	21.5 ^a	22.8 ^b	13.6 ^c	131	186	91	408	30 ^a	14	67 ^a	33
80	17.3 ^d	20.9	22.8 ^a	29.3	29.1	18.8	161	218	116	495	53	15	92	32
merk.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	-	xx	-
Kalsium, Ca									Ca _{HAC} (2002) (1700)					
0	2.7	4.7	6.6 ^c	7.0	6.8 ^b	7.4 ^b	22	27	17	66	2313	1012		
20	2.6	4.2	5.8 ^{bc}	6.2	5.5 ^{ab}	6.5 ^b	24	38 ^a	17	79	2125	1050		
40	2.4	3.8	5.1 ^{ab}	5.1 ^a	5.7 ^{ab}	5.7 ^b	23	42 ^a	22	85	2275	1025		
60	2.3	3.2	4.3 ^a	4.7 ^a	4.9 ^a	4.6 ^a	23	39 ^a	20	82	2300	938		
80	2.1	3.2	4.4 ^a	4.9 ^a	3.8 ^a	4.2 ^a	22	39 ^a	16	77	2225	900		
merk.	-	-	xx	xxx	x	xxx		xx	-	-	-	-	-	-
Magnesium, Mg									Mg _{HAC} (440) (417)					
0	2.4	3.2	4.9	5.1	6.2 ^b	4.7 ^b	18	20 ^{ab}	14	52	526	262		
20	2.3	2.8	3.6	3.9 ^b	4.3 ^a	4.4 ^b	18	24 ^b	13	55	478	280		
40	2.1	2.3	3.2	3.0 ^b	4.4 ^a	4.2 ^b	17	25 ^b	17	59	524	295		
60	1.8	1.8	2.3 ^a	2.4 ^{ab}	3.7 ^a	3.3 ^a	16	20 ^{ab}	15	51	510	253		
80	1.6	1.7	2.2 ^a	2.1 ^a	2.9 ^a	3.0 ^a	14	18 ^a	12	44	468	225		
merk.	xx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx		x	-	-	-	-	-	-

Taulukko 18. Kaliumlannoituksen vaikutus nurmisatojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02083, karkea hieta, Muhos

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha				Maa-analyysi syks. 1979 (sulkeissa kok. alussa)					
	1977		1978		1979		yht.		Muokk. Jank- kerros ko	Muokk. Jank- kerros ko				
	1	2	1	2	1	2								
										(6.3) ^{pH} (5.6)				
Typpi, N														
0	16.4	37.0	16.9 ^a	39.7 ^b	29.4	35.2 ^c	133	139	81	353	6.1	5.7		
20	17.2	36.8	15.2 ^{bc}	35.9 ^b	22.6 ^b	31.7 ^{bc}	131	182 ^a	133 ^a	446	6.2	5.6		
40	15.9	38.0	14.4 ^b	30.6 ^a	18.6 ^b	27.5 ^{ab}	136	190 ^a	127 ^a	453	6.1	5.7		
60	16.4	36.9	13.9 ^{ab}	27.0 ^a	17.2 ^{ab}	24.9 ^a	136	182 ^a	133 ^a	451	6.0	5.6		
80	16.3	37.8	12.8 ^a	28.1 ^a	15.9 ^a	23.9 ^a	138	184 ^a	123 ^a	445	6.0	5.7		
merk.	-	-	xx	xxx	xxx	xxx		xx	xxx		-	-		
										P _{HAc}				
(7.0) (1.1)														
Fosfori, P														
0	2.4 ^a	4.1	2.9 ^a	4.6 ^b	1.9 ^c	2.9 ^b	17	21	6	44	7.0	1.1		
20	2.5 ^{ab}	4.2	2.7 ^{bc}	4.3 ^b	1.5 ^{ab}	1.9 ^a	17	27 ^a	8	52	7.2	1.0		
40	2.4 ^a	4.1	2.7 ^{bc}	4.1 ^{ab}	1.8 ^{bc}	2.6 ^{ab}	18	31 ^a	12 ^a	61	6.6	1.1		
60	2.5 ^{ab}	4.1	2.5 ^{ab}	3.9 ^a	1.2 ^a	2.3 ^{ab}	18	30 ^a	11 ^a	59	6.6	1.1		
80	2.6 ^b	4.3	2.4 ^a	4.0 ^a	1.4 ^a	2.1 ^a	19	30 ^a	11 ^a	60	8.0	1.0		
merk.	xx	-	xx	xxx	xx	x		xx	xxx		-	-		
										K _{HAc}				
										(86)	(18)	(158)		
Kalium, K														
0	15.3 ^a	20.2	10.1 ^a	12.9	6.0	6.9 ^a	102	69	17	188	11 ^a	10	73 ^a	111
20	19.2 ^b	28.0	12.8 ^{ab}	19.3	11.2	13.4 ^{ab}	124	127	61	312	15 ^{ab}	10	94 ^{bc}	131
40	18.2 ^{ab}	32.0	15.3 ^b	27.2	15.9	19.2 ^b	136	187 ^a	98	421	14 ^{ab}	9	105 ^c	99
60	20.2 ^{bc}	35.3	19.3	31.9	20.1	28.0	150	234 ^{ab}	153	537	19 ^b	9	76 ^a	91
80	23.3 ^c	40.4	22.2	40.4	25.8	41.4	172	290 ^b	207	669	21 ^b	10	81 ^{ab}	104
merk.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		xxx	xxx		x	-	xxx	-
										K _{HCl}				
										(812)	(128)			
Kalsium, Ca														
0	2.7	5.1	3.8 ^b	6.9	6.4 ^b	10.0	21	28	20	69	869	144		
20	2.5	4.4	3.6 ^{ab}	6.2 ^c	5.2 ^b	7.6 ^a	18	38 ^a	31 ^a	87	950	113		
40	2.7	4.4	3.3 ^a	5.7 ^{bc}	4.6 ^{ab}	6.8 ^a	19	39 ^a	31 ^a	89	906	113		
60	2.5	4.5	3.3 ^a	5.1 ^{ab}	4.1 ^a	8.0 ^a	19	39 ^a	37 ^a	95	963	88		
80	2.6	4.3	2.8	4.6 ^a	3.2	7.0 ^a	19	35 ^a	31 ^a	85	888	75		
merk.	-	-	xxx	xxx	xxx	xxx		xx	xx		-	-		
										Magnesium, Mg				
										(173)	(45)			
0	1.5	3.8	2.4 ^b	4.7	4.3 ^b	6.8	13	18 ^{ab}	13 ^a	44	179	59		
20	1.5	3.1 ^a	2.0 ^b	3.9 ^c	3.1 ^b	4.7 ^a	11	22 ^b	19 ^c	52	195	60		
40	1.5	3.1 ^a	1.8 ^b	3.2 ^{bc}	2.5 ^{ab}	3.7 ^a	12	22 ^b	17 ^{bc}	51	190	48		
60	1.3	2.9 ^a	1.6 ^{ab}	2.7 ^{ab}	2.1 ^a	4.0 ^a	11	20 ^{ab}	19 ^c	50	205	41		
80	1.3	2.5 ^a	1.3 ^a	2.1 ^a	1.5	3.1 ^a	10	16 ^a	14 ^{ab}	40	168	43		
merk.	-	xx	xxx	xxx	xxx	xx		x	xx		-	-		

Taulukko 19. Kaliumlannoituksen vaikutus nurmisatojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02084, savinen multamaa, Pihtipudas

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha			Maa-analyysi syks. 1979 (sulkeissa kok. alussa)			
	1978		1979		1978	1979	yht.	Muokk. Jank- kerros ko		Muokk. Jank- kerros ko	
	1	2	1	2							
	Typpi, N							(6.0) ^{PH} (5.8)			
0	28.5	23.6 ^a	25.1	28.0	204	148	352	6.0	5.9		
20	27.8	21.9 ^a	25.5	25.7	199	161	360	6.0	5.9		
40	27.6	21.3 ^a	24.0	25.1	207	168	375	6.0	5.9		
60	28.1	21.5 ^a	23.5	23.9	215	173	388	5.9	5.8		
80	26.3	21.6 ^a	25.9	24.1	212	188	400	5.9	5.7		
merk.	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fosfori, P							^P _{HAC} (4.2) (0.9)			
0	4.1	2.1	3.9	3.6	25	21 ^a	46	6.6	0.7		
20	3.9	2.0	3.8	3.4	24	22 ^{ab}	46	5.0	0.5		
40	3.9	2.1	3.8	3.5	26	25 ^b	51	5.0	0.7		
60	3.9	2.2	3.6	3.3	27	25 ^b	52	5.0	0.6		
80	3.8	2.3	3.6	3.3	27	26 ^b	53	4.8	0.6		
merk.	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-
	Kalium, K							^K _{HAC} (46) ^K _{HCl} (51) (199) (350)			
0	16.7 ^a	19.3 ^a	15.8 ^a	19.5 ^a	141 ^a	101 ^a	242	31 ^a	19	132	306
20	20.1 ^a	20.9 ^{ab}	17.0 ^{ab}	22.1 ^{ab}	163 ^{ab}	125 ^a	288	33 ^a	16	132	323
40	21.3 ^a	21.7 ^{ab}	23.1 ^b	27.3 ^{ab}	181 ^b	172 ^b	353	33 ^a	23	141	322
60	27.8 ^b	26.5 ^{bc}	21.4 ^{ab}	28.1 ^b	234 ^c	187 ^b	421	35 ^a	15	193	331
80	29.2 ^b	29.4 ^c	24.8 ^b	33.4 ^b	260 ^c	225 ^b	485	47	20	168	360
merk.	xxx	xxx	x	x	xxx	xxx	-	xx	-	-	-
	Kalsium, Ca							^{Ca} _{HAC} (1640) (810)			
0	7.1 ^b	8.1	4.0	6.6	59	30	89	1875	913		
20	5.9 ^{ab}	7.8	4.9	7.1	53	40	93	1825	850		
40	6.0 ^{ab}	8.1	4.4	6.4	59	38	97	1850	938		
60	6.0 ^{ab}	7.6	4.8	6.3	58	41	99	1775	888		
80	4.9 ^a	7.2	3.9	4.9	53	34	87	1713	875		
merk.	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Magnesium, Mg							^{Mg} _{HAC} (214) (158)			
0	2.8 ^a	3.2 ^b	2.0	2.8	23 ^b	14	37	219	159		
20	2.4 ^a	2.9 ^{ab}	2.4	3.1	21 ^{ab}	18	39	213	145		
40	2.2 ^a	2.8 ^{ab}	1.9	2.6	21 ^{ab}	16	37	221	164		
60	2.2 ^a	2.6 ^{ab}	2.0	2.3	20 ^{ab}	16	36	215	150		
80	1.8	2.3 ^a	1.2	1.7	18 ^a	11	29	200	153		
merk.	xxx	x	-	-	xx	-	-	-	-	-	-

Taulukko 20. Kaliumlannoituksen vaikutus nurmisatojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02085, hiesusavi/saraturve, Pihtipudas

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha			Maa-analyysi syks. 1979 (sulkeissa kok. alussa)			
	1978		1979		1978	1979	yht.	(sulkeissa kok. alussa)		Muokk. Jank- kerros ko	
	1	2	1	2							
Typpi, N								(5.4) ^{PH} (5.2)			
0	36.7	27.0	28.2 ^a	29.6	278	201	479	5.3	5.2		
20	34.2	25.9	27.8 ^a	29.3	278	213	491	5.3	5.2		
40	32.0	26.3	27.2 ^a	29.1	268	205	473	5.2	5.2		
60	34.9	26.7	27.6 ^a	28.6	267	211	478	5.2	5.2		
80	35.9	25.9	25.2	29.0	266	203	469	5.2	5.1		
merk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfori, P								P _{HAc} (3.1) (2.4)			
0	4.0	2.2	3.4	3.5	27	24	51	3.4	2.2		
20	3.9	2.2	3.3	3.5	28	25	53	3.1	1.4		
40	3.9	2.3	3.3	3.3	28	24	52	2.9	1.8		
60	4.0	2.6	3.5	3.4	28	26	54	3.3	1.5		
80	3.8	2.3	3.4	3.4	26	25	51	3.5	2.1		
merk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalium, K								K _{HAc} (102) (49)		K _{HCl} (1960) (604)	
0	32.1	28.0 ^a	23.5	31.8 ^a	265	197 ^a	462	65 ^a	40	1556	550
20	34.8	30.3 ^{ab}	25.0	37.0 ^{ab}	305	222 ^{ab}	527	73 ^a	33	1550	625
40	34.2	29.4 ^{ab}	26.4	38.6 ^{ab}	294	240 ^{ab}	534	65 ^a	43	1631	569
60	38.1	35.2 ^b	27.7	39.5 ^{ab}	320	258 ^{ab}	578	73 ^a	30	1806	463
80	39.2	36.9 ^b	29.9	43.3 ^b	334	279 ^b	613	103	50	1688	581
merk.	-	xx	-	x	-	x	-	xx	-	-	-
Kalsium, Ca								Ca _{HAc} (1030) (1060)			
0	3.3	3.1	2.3	4.9	28	26	54	1169	1100		
20	3.3	2.9	2.2	4.6	29	26	55	1163	1225		
40	3.4	3.1	1.7	4.5	30	23	53	1194	998		
60	3.0	3.1	2.0	3.9	27	23	50	1175	1000		
80	3.0	2.9	2.1	4.1	26	25	51	1163	1013		
merk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnesium, Mg								Mg _{HAc} (321) (174)			
0	2.1	2.0	1.3	3.2 ^a	18	16	34	328	190		
20	2.0	1.9	1.2	3.0 ^a	18	16	34	328	170		
40	2.0	1.9	0.9	2.6 ^a	18	13	31	314	158		
60	1.9	1.9	1.1	2.3 ^a	16	13	29	348	158		
80	1.7	1.7	1.0	2.4 ^a	15	14	29	305	170		
merk.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-

Taulukko 21. Kaliumlannoituksen vaikutus nurmisatojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02086, hietainen saraturve, Tyrnävä

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha			Maa-analyysi syks. 1979 (sulkeissa kok. alussa)			
	1978		1979		1978	1979	yht.	Muokk. Jank- kerros ko		Muokk. Jank- kerros ko	
	1	2	1	2							
	Typpi, N							(5.0) ^{PH} (4.2)			
0	36.5	25.8 ^b	32.8 ^b	30.2	170	78	248	4.9	4.2		
20	36.6	23.9 ^{ab}	30.8 ^{ab}	23.7	189	111 ^{ab}	300	4.8	4.2		
40	33.9	21.4 ^a	27.9 ^a	21.1 ^a	185	119 ^b	304	4.8	4.3		
60	36.2	22.2 ^a	29.4 ^a	20.2 ^a	186	127 ^b	313	4.8	4.3		
80	33.2	22.2 ^a	28.3 ^a	20.2 ^a	177	133 ^b	310	4.9	4.4		
merk.	-	xx	xx	xxx	-	xxx		-	-		
	Fosfori, P							^P _{HAC} (7.1) (4.2)			
0	4.8	2.2	4.8 ^c	3.2 ^b	17	10	27	7.1	4.1		
20	4.7	1.9	4.7 ^{bc}	2.9 ^{ab}	18	15 ^a	33	6.7	3.7		
40	4.6	1.7	4.3 ^{ab}	2.8 ^a	18	17 ^{ab}	35	5.1	4.8		
60	4.6	2.0	4.3 ^{ab}	2.6 ^a	19	17 ^{ab}	36	5.8	4.7		
80	4.5	1.8	4.1 ^a	2.8 ^a	18	19 ^b	37	7.0	4.9		
merk.	-	-	x	xx	-	xxx		-	-		
	Kalium, K							^K _{HAC} (49)		^K _{HCl} (22) (95) (157)	
0	19.5	18.0 ^a	17.7	15.0	110	41	151	21 ^a	13	40 ^a	68 ^a
20	23.6	19.6 ^a	24.8	19.7	144	90	234	23 ^a	10	39 ^a	88 ^{ab}
40	28.9	24.5 ^b	32.2	27.9	196 ^a	148	344	26 ^a	13	44 ^{ab}	118 ^b
60	32.8 ^a	27.9 ^b	39.2	37.7	211 ^a	207	418	23 ^a	11	51 ^{bc}	109 ^b
80	33.2 ^a	29.5 ^b	44.9	41.7	216 ^a	250	466	33	10	56 ^c	86 ^a
merk.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		xx	-	xx	x
	Kalsium, Ca							^{Ca} _{HAC} (1230)		(138)	
0	4.3 ^b	3.9	5.7 ^c	5.3	24	14	38	1394	375		
20	3.5 ^{ab}	3.7	5.0 ^{bc}	4.3	26	19 ^a	45	1362	275		
40	3.4 ^{ab}	3.5	4.6 ^{ab}	3.8	27	21 ^a	48	1363	213		
60	3.0	3.5	4.2 ^a	3.3 ^a	24	20 ^a	44	1363	213		
80	2.9	3.3	4.1 ^a	3.3 ^a	23	21 ^a	44	1450	213		
merk.	x	-	xx	xxx	-	xx		-	-		
	Magnesium, Mg							^{Mg} _{HAC} (383)		(37)	
0	2.9	2.9 ^b	4.2	5.0	17 ^b	11 ^a	28	383	65		
20	2.4 ^a	2.6 ^b	3.5 ^b	3.7	18 ^b	15 ^b	33	384	50		
40	2.0 ^a	2.1 ^a	2.8 ^{ab}	3.1	16 ^{ab}	15 ^{ab}	31	383	40		
60	1.9 ^a	2.0 ^a	2.6 ^{ab}	2.3 ^a	15 ^{ab}	13 ^{ab}	28	395	36		
80	1.8 ^a	1.8 ^a	2.3 ^a	2.2 ^a	13 ^a	13 ^{ab}	26	440	41		
merk.	xxx	xx	xxx	xxx	xx	x		-	-		

Taulukko 22. Kaliumlannoituksen vaikutus nurmisatojen ravinnesisältöön ja maan ravinnetilaan kokeessa 02087, saraturve, Utajärvi

K-lannoitus/sato kg K/ha	Satojen ravinnepitoisuus, mg/g				Ravinnemäärä, kg/ha			Maa-analyysi syks. 1979 (sulkeissa kok. alussa)		
	1978		1979		1978	1979	yht.	Muokk. Jank- kerros ko	Muokk. Jank- kerros ko	
	1	2	1	2						
	Typpi, N							pH		
								(5.0)	(5.0)	
0	24.9 ^b	47.7	26.3	41.6 ^b	140 ^a	55	195	4.8	5.0	
20	22.5 ^{ab}	40.4	21.4	35.5 ^b	164 ^a	117	281	4.8	5.0	
40	21.6 ^a	36.9 ^a	18.4 ^a	32.7 ^{ab}	179 ^{ab}	160 ^a	339	4.9	5.0	
60	20.7 ^a	36.4 ^a	18.9 ^a	30.6 ^a	189 ^b	173 ^{ab}	362	4.9	5.0	
80	20.8 ^a	34.5 ^a	16.6	30.0 ^a	192 ^b	185 ^b	377	4.9	5.0	
merk.	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		-	-	
	Fosfori, P							P _{HAC}		
								(3.9)	(1.0)	
0	3.5	5.4 ^b	3.5	6.6 ^b	18	8	26	6.7 ^b	0.7	
20	3.0 ^a	4.8 ^b	2.6 ^a	4.6 ^b	21 ^{ab}	15 ^a	36	5.4 ^{ab}	0.5	
40	2.8 ^a	4.8 ^b	2.4 ^a	4.4 ^{ab}	23 ^{ab}	21 ^a	44	4.5 ^a	0.6	
60	2.8 ^a	4.5 ^a	2.3 ^a	4.2 ^{ab}	25 ^b	22 ^{ab}	47	5.5 ^{ab}	0.7	
80	2.7 ^a	4.3 ^a	2.2 ^a	3.8 ^a	25 ^b	24 ^b	49	4.3 ^a	0.5	
merk.	xx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx		xx	-	
	Kaliumi, K							K _{HAC}		
								(44)	(23)	
0	10.7 ^a	11.8	8.8 ^a	9.5	52	17	69	29	12	45
20	12.4 ^a	17.5	10.9 ^a	20.6 ^a	83	64	147	25	10	48
40	14.9 ^b	23.9	15.3 ^b	25.2 ^a	120	129	249	23	10	47
60	16.7 ^b	29.9	19.4 ^b	32.6	154	182	336	29	10	50
80	19.2	35.8	22.0 ^b	45.8	187	267	454	30	10	48
merk.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		-	-	-
	Kalsium, Ca							Ca _{HAC}		
								(1670)	(2260)	
0	5.8 ^b	9.2	7.3	10.0 ^a	31	15	46	1838	2538	
20	5.3 ^{ab}	8.1 ^a	6.0	9.9 ^a	36	33 ^a	69	1763	2575	
40	5.1 ^{ab}	7.6 ^a	5.3 ^a	9.3	40	46 ^a	86	1719	2600	
60	3.8 ^a	7.0	5.1 ^a	8.4 ^a	35	47 ^a	82	1700	2600	
80	4.4 ^{ab}	5.9	4.3	7.9 ^a	37	48 ^a	85	1763	2525	
merk.	x	xxx	xxx	xxx	-	xxx		-	-	-
	Magnesium, Mg							Mg _{HAC}		
								(49)	(109)	
0	2.2 ^c	3.5	2.9	5.8	12	6	18	55	123	
20	1.8 ^{bc}	2.9	2.2	4.7	12	14 ^a	26	45	128	
40	1.6 ^{ab}	2.5	1.8	4.1	13	18 ^b	31	49	134	
60	1.1 ^a	2.1	1.5	3.3 ^a	11	16 ^{ab}	27	45	130	
80	1.2 ^a	1.8	1.2	2.8 ^a	11	16 ^{ab}	27	45	133	
merk.	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx		-	-	-

Taulukko 24. Kaliumlannoituksen vaikutus sadon kaliumsisältöön ja maan kaliumtilaan
o = ohra, kv = kevätvehnä, k = kaura, vk = vihanakaura

Koe	K-lan- noitus kg K/ha	K-nitoisuus, mg/g			K-määrä kg/ha			yht.	Maa-analyysi (K _{HAc}) 3 v. syksyllä (kokeen alussa)
		1 v.	2 v.	3 v.	1 v.	2 v.	3 v.		
02089		o	o	o					(277)
	0	5.9	5.8	5.0	19	21	22	62	265
	20	5.8	6.1	5.0	19	24	22	65	273
	40	5.5	6.1	5.0	18	24	21	63	283
	60	5.7	6.1	4.9	19	24	21	64	318
	80	5.9	6.0	5.1	19	24	21	64	340
13016	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		kv	kv	o					(245)
	0	4.5	5.1	6.2	14	14	12	40	308
	20	4.2	5.1	6.4	13	13	11	37	328
	40	4.2	5.0	6.1	13	14	12	39	298
	60	4.4	5.3	6.1	13	14	11	38	315
13017	80	4.5	5.2	6.0	14	13	11	39	323
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		o	k	kv					(215)
	0	5.1	4.7	3.8	14	15	11	40	157
	20	4.9	4.8	4.1	14	15	11	40	165
	40	5.2	4.7	3.8	14	15	10	39	163
14812	60	5.3	4.6	4.2	15	15	11	41	180
	80	5.1	4.6	4.1	14	16	11	41	180
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		o	o	o					(179)
	0	3.6	4.4	6.0	11	16	22	49	183
	20	3.6	4.5	6.1	11	16	23	50	198
15178	40	3.8	4.5	6.0	11	16	23	50	208
	60	3.6	4.7	6.0	11	17	24	52	200
	80	3.6	4.6	6.0	10	16	23	50	223
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		o	o	o					(337)
	0	4.4	5.6	5.2	27	18	18	63	300
16067	20	4.4	5.5	5.4	26	18	19	63	340
	40	4.3	5.5	5.2	26	18	18	62	358
	60	4.1	5.6	5.4	25	19	20	64	352
	80	4.5	5.3	5.3	27	19	20	66	355
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		o	o	o					(144)
18262	0	5.1	5.2	5.8	11	16	21	48	145
	20	5.1	5.2	5.6	12	16	22	50	138
	40	4.6	4.3	5.7	12	14	22	48	159
	60	4.9	5.7	5.6	12	18	22	52	159
	80	5.0	5.6	5.3	13	18	21	52	166
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
19025		o	o	o					(92)
	0	4.4	4.1	5.0	14	10	17	41	85
	20	4.3	4.1	5.0	13	10	16	39	90
	40	4.3	4.1	5.3	13	10	17	40	98
	60	4.4	4.0	5.3	14	10	17	41	100
	80	4.4	4.1	5.3	14	10	18	42	105
20232	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		k	o	o					(128)
	0	3.0	4.7	5.9	6	14	17	37	98
	20	3.0	4.6	6.0	6	14	18	38	98
	40	3.1	4.7	6.1	6	15	17	38	115
	60	3.1	4.7	6.0	6	15	18	39	105
21004	80	2.9	4.7	5.9	6	15	17	38	118
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		k	k	k					(176)
	0	3.8	3.6	4.5	13	12	16	41	140
	20	3.8	3.6	4.5	13	12	15	40	163
	40	3.8	3.7	4.5	13	13	15	41	173
21007	60	3.6	3.7	4.4	13	12	15	40	178
	80	3.9	3.6	4.4	13	12	15	40	193
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		o	o	o					(103)
	0	5.8	4.6	6.0	18	15	14	47	100
	20	6.0	4.5	6.0	19	16	15	50	110
21007	40	5.6	4.5	6.0	16	16	15	47	123
	60	6.3	4.7	6.1	19	17	15	51	128
	80	6.4	4.5	5.9	18	16	15	49	163
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-
		k	k	k					(126)
	0	4.8	4.0	4.9	11	18	18	47	80
21007	20	4.9	4.2	5.0	10	19	16	45	95
	40	4.8	4.2	5.1	8	19	17	44	100
	60	4.8	4.2	4.8	9	19	17	45	110
	80	4.9	4.1	4.9	9	19	15	43	125
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-

Taulukko 24. (jatk.)

Koe	K-lan- noitus kg K/ha	K-pitoisuus, mg/g			K-määrä kg/ha			yht.	Maa-analyysi (K_{HAc}) 3 v. syksyllä (kokeen alussa)
		1 v.	2 v.	3 v.	1 v.	2 v.	3 v.		
21008		k	2.n.	1.n.					(76)
	0	3.7	22	29	54	(35)	221		73
	20	3.8	22	29	63	(46)	226		75
	40	3.8	26	30	55	(52)	244		113
	60	3.8	34	32	51	(65)	265		123
	80	4.0	36	32	79	(78)	273		130
	merk.	-	=	=	-	-	-		
		oljet	3.n.	2.n.					
	0	14	15	26					
	20	15	26	29					
	40	15	25	32					
	60	14	25	37					
	80	17	28	38					
	merk.	-	=	=	-	-	-		
22002		o	o	o					(88)
	0	6.9	4.6	5.2	18	20	20	58	73
	20	6.7	4.5	5.2	19	18	21	58	85
	40	6.7	4.5	5.2	18	19	20	57	100
	60	6.8	4.3	5.2	18	19	20	57	100
	80	6.6	4.6	5.1	19	18	20	57	100
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	
		1.n.	vk/t ^a	1.n.					(26)
24802	0	18.7 ^a	14.7 ^a	9.3	56	33	10	99	10
	20	22.3 ^a	16.5 ^a	12.3	93	65	70	228	13
	40	27.9 ^b	22.5 ^a	15.0	146 ^a	97	126	369	14
	60	30.0 ^{bc}	40.6 ^b	18.8	170 ^{ab}	167	186	523	20
	80	33.4 ^c	44.6 ^b	21.6	196 ^b	202	224	622	20
	merk.	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
		2.n.	2.n.	2.n.					
	0	19.5 ^a	9.9	7.2					
	20	26.2 ^a	20.2 ^a	10.2					
	40	40.4 ^b	26.0 ^a	12.5					
	60	48.5 ^b	25.6 ^a	15.5					
	80	54.5 ^b	37.6	18.6					
	merk.	xxx	xxx	xxx					
		o	1.n.	1./2.g					(214)
25428	0	3.5	25	33/34 ^a	17	289	225	531	136
	20	3.6	30	36/36 ^{ab}	17	315	229	561	158
	40	3.6	21	36/36 ^{ab}	17	303	251	571	173
	60	3.5	23	37/37 ^b	17	291	247	555	191
	80	3.5	27	39/38 ^b	17	348	265	630	229
	merk.	-	=	- x	-	-	-	-	-
			2./3.n.	3.n.					
	0		52/5.3	2.9					
	20		47/5.7	3.2					
	40		50/5.2	3.4					
	60		44/5.2	3.5					
	80		44/6.1	3.6					
	merk.		= / =	-					
		k	k	k					(71)
43027	0	4.1	3.5	4.4	13	11	15	39	50
	20	4.3	3.5	4.4	14	12 ^a	15	41	55
	40	4.5	3.6	4.4	14	12 ^a	15	41	63
	60	4.7	3.5	4.4	14	12 ^a	15	41	78
	80	4.3	3.8	4.6	13	13 ^a	15	41	70
	merk.	-	-	-	-	xx	-	-	-
43337		k	k	k					(180)
	0	3.4	3.8	4.8	11	13	14	38	138
	20	3.5	3.9	4.9	11	13	14	38	145
	40	3.6	4.2	4.8	12	14	14	40	150
	60	3.5	4.1	4.9	11	14	14	39	148
	80	3.6	4.1	4.9	12	14	13	39	185
	merk.	-	-	-	-	-	-	-	-

Taulukko 25. Nurmisoatojen K/N-suhde (%) ja kuiva-ainesadon suhdeluku.

Koe	K-lann. kg/sato	1. vuosi		2. vuosi		3. vuosi		Koe	K-lann. kg/sato	1. vuosi		2. vuosi		2. vuosi	
		1. niitto K/N sl	2. niitto K/N sl	1. niitto K/N sl	2. niitto K/N sl	1. niitto K/N sl	2. niitto K/N sl			1. niitto K/N sl	2. niitto K/N sl	1. niitto K/N sl	2. niitto K/N sl		
02077 HtMr	0 20 40 60 80	97 97 111 100 113 93 114 87 118 95	100 90 115 82 120 81 120 87 131 100	97 91 100 97 120 98 132 97 137 100	75 92 101 100 106 94 106 95 128 94	-	-	02084 Mm	0 20 40 60 80	59 91 72 94 77 92 99 100 111 99	82 83 95 84 102 96 123 92 136 100	63 76 67 79 96 83 91 100 96 96	70 70 86 85 109 93 118 91 139 100		
02078 HtMr	0 20 40 60 80	116 91 132 96 133 100 140 88 138 88	137 96 135 100 141 90 133 100 144 97	118 92 117 95 121 100 139 95 149 91	105 93 116 98 131 100 138 94 147 90	-	*	02085 HsS	0 20 40 60 80	87 96 102 98 107 100 109 97 109 91	104 90 117 100 112 96 132 88 142 94	83 93 90 100 97 98 100 98 119 95	107 91 126 98 133 94 138 99 149 100		
02079 Lct	0 20 40 60 80	66 88 79 83 82 93 87 100 106 84	56 76 67 98 85 94 80 100 116 100	42 59 61 81 82 92 96 100 111 91	40 54 63 81 73 95 95 96 123 100	-	**	02086 Ct/KHt	0 20 40 60 80	53 82 64 87 85 93 91 96 100 100	70 75 82 92 114 100 126 92 133 88	54 61 81 81 115 92 133 92 159 100	50 34 83 67 132 84 187 94 206 100		
02080 Mm	0 20 40 60 80	51 79 71 95 85 90 87 95 103 100	Vihantaruis			91 86 115 89 133 100 128 94 148 93	60 80 92 80 114 99 155 100 169 100	xxx	02087 Ct	0 20 40 60 80	43 71 55 83 69 90 81 96 92 100	25 41 43 67 65 85 84 96 104 100	33 32 51 63 83 94 103 91 133 100	23 10 58 42 77 68 107 84 153 100	
02081 Ct	0 20 40 60 80	40 82 50 86 61 92 70 99 86 100	22 63 35 77 53 87 74 100 90 97	19 44 39 76 54 86 87 95 92 100	17 45 48 67 81 96 100 100 136 91	xxx	xxx	02088 Mm	0 20 40 60 80	91 84 110 90 115 100 124 91 113 98	56 83 93 84 81 78 105 84 135 100	76 65 111 100 140 98 156 93 232 99	93 83 93 100 145 84 166 65 170 94		
02083 KHt	0 20 40 60 80	93 99 112 88 114 97 123 100 143 94	55 88 76 94 84 97 96 93 107 100	60 70 84 89 106 98 139 100 173 97	34 41 54 68 89 86 118 96 144 100	xxx	xxx				*	**			

56

Tiedote n:o

- 1 Jokinen, R. 1977. Perunan magnesium- ja mangaanilannoitus. 11 p.
- 2 Jokinen, R. 1977. Kalkituksen ja runsaan kaliumlannoituksen vaikutus magnesiumlannoituksella saatavaan tulokseen. 29 p.
- 3 Tähtinen, H., Köylijärvi, J. ja Teittinen, P. 1977. Niittonurmen syyslannoitus. 12 p.
- 4 Salonen, M. ja Kähäri, J. 1977. Suoturvelisäyksen tyypivaikutuksesta humusköyhässä savimaassa. 13 p.
- 5 Tähtinen, H. 1977. Perunan typpi- ja kaliumlannoitus. 21 p.
- 6 Jokinen, R. 1977. Mangesiumsulfaattilannoitus kevätiljoille. 18 p.
- 7 Kähäri, J. ja Paasikallio, A. 1978. Timotein kivennäisainepitoisuudet Suomessa kunnittain. 19 p.
- 8 Yhteispohjoismainen kalkitusseminaari Savonlinnassa 24.-25.5.1978. 100 p.
- 9 Tähtinen, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. 42 p.
- 10 Jaakkola, A. 1979. Kalkkikivijauheen, dolomiittikalkin ja terässulaton kuonan vertailu. 18 p.
- 11 Jokinen, R. 1979. Talkkiteollisuuden sivutuote maanparannusaineena ja magnesiumlannoitteena. 16 p.
- 12 Jaakkola, A. 1980. Olkien, olkituhkan ja sokerijuurikkaan naattien arvo kaliumlannoitteina. 14 p.
- 13 Jaakkola, A. 1980. Astiakoe ohran typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitustarpeen osoittajana.
Sippola, J. ja Jaakkola, A. 1980. Maasta eri menetelmillä määritetyt typpi, fosfori ja kalium lannoitustarpeen osoittajina astia- ja kenttäkokeissa. 42 p.
- 14 Kemppainen, E. ja Heimo, M. 1981. Karjanlannan hyväksikäytön tehostaminen. Kirjallisuustutkimus. 89 p.
- 15 Saarela, I., Hakkola, H., Linnomäki, H. ja Köylijärvi, J. 1981. Nurmen pintakalkitus, sadetus, typpi- ja kaliumlannoitus. Monitekijäkokeiden tuloksia 37 p.
- 16 Saarela, I. ja Elonen, P. 1982. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977-1981. 55 p.
- 17 Saarela, I. 1982. Kaliumlannoituksen porraskokeet 1977-1981. 56 p.

