



---

**MTTK — MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**Tiedote 5/83**

**RAIJA SUONURMI-RASI**  
Maantutkimusosasto

**ERKKI HUOKUNA**  
Etelä-Savon koeasema

**Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus  
tuorerehunurmien satoihin ja maiden  
K-pitoisuuksiin**

**JOKIOINEN 1983**  
**ISSN 0359-7652**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 5/83

RAIJA SUONURMI-RASI ja ERKKI HUOKUNA/MTTK

Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehu-  
nurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin

Maantutkimusosasto

31600 JOKIOINEN

(916) 133 33

ISSN 0359-7652



## TIIVISTELMÄ

Etelä-Savon, Karjalan, Pohjois-Pohjanmaan ja Sata-Hämeen koeasemilla suoritetuissa kokeissa tutkittiin erilaisten kaliumlannoitusmäärien ja -tapojen vaikutusta timoteinurmen sadon määrään, kivennäispitoisuuksiin ja koemaiden ravinnepitoisuuksien muutoksiin. Typpilannoitus oli kaikille koejäsenille sama, 300 kg typpeä jaettuna tasan kolmelle niitolle.

Kun koemaiden kaliumtaso ennen kokeen perustamista oli vähintään tyydyttävä, alkoi kaliumlannoituksen satovaikutus näkyä vasta 2-3 koevuoden jälkeen. Sadonlisäykset olivat selvimmät turvemaalla (Karjalan koeasema) ja vähäisimmät hiesusavella (Sata-Hämeen koeasema) ja karkealla hiedalla (Etelä-Savon koeasema). Turvemaalla kaliumlannoitus lisäsi satoja kolmesta koevuodesta, jolloin pieninkin kaliumin lannoitusmäärä antoi merkitsevästi paremman sadon kuin lannoittamaton.

Lannoitustavalla ei yleensä ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kuiva-ainesatoihin. Kuitenkin turvemaalla antoi jaotus 100 kg kaliumtasolla merkitsevästi paremman sadon kuin kevätlannoitus ja hiesusavella viidentenä vuonna oli varastolannoitetun koejäsenen sato lähes merkitsevästi huonompi kuin pinalannoitettujen koejäsenten.

Kaliumin lannoitustason vaikutus satojen kaliumin pitoisuuksiin oli kaikilla koepaikoilla merkitsevä. Kaliumlannoitus vaikutti herkimmin satojen pitoisuuksiin niillä maalajeilla, joiden kaliumin pidätyskyky oli huonoin ja kaliumin taso alhaisin (turvema ja hieno hieta). Suurimmalla kaliumlannoituksella (200 kg/ha v) pitoisuudet olivat lähes aina suositeltavan pitoisuuden yläpuolella (30 mg/g ka), vaikka mainittu lannoitustaso vastaa vain n. 70 % satojen vuotuisesta kaliumin otosta.

Kaliumin lannoitustapojen vaikutus satojen kaliumin pitoisuuteen oli huomattavasti vähäisempi kuin käytetyn kaliumtason vaikutus. Pinalannoitettujen koejäsenten pitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja (viiden vuoden keskiarvot). Jaotuksella näytti kuitenkin olevan kevätsadon pitoisuuksia alentava vaikutus, mikä oli selvin turvemaalla. Vähän magnesiumia sisältävissä kevätsadoissa on korkea kaliumin pitoisuus erityisen haitallinen, koska se lisää kaliumin ja magnesiumin välistä epäsuhdetta. Kokonaisuutena jaotuksen satojen pitoisuusvaikutukset ovat paljon odotettua

vähäisemmät.

Varastolannoituksen saaneissa sadoissa oli kaliumin pitoisuus merkitsevästi alempi kuin pintalannoitetuilla Etelä-Savon karkealla hiedalla ja Sata-Hämeen hiesusavella. Varastolannoitetuissa sadoissa olivat lisäksi niitto-kertojen väliset pitoisuusvaihtelut huomattavasti vähäisempiä kuin pintalannoitetuissa sadoissa. Varastolannoitus näyttäisi siten olevan kaliumia kohtalaisen hyvin pidättävillä mailla paras lannoitustapa sadon laadun kannalta.

Kaliumin pitoisuus sadoissa laski ja magnesiumin nousi vuosien kuluessa varsin suoraviivaisesti maiden liukoisten kalivarojen aletessa.

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO
2. AINEISTO JA MENETELMÄT
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU
  - 3.1. Kuiva-ainesadot
    - 3.1.1. Kaliumtason vaikutus satojen määriin
    - 3.1.2. Kaliumin lannoitustavan vaikutus satojen määriin
  - 3.2. Satojen kivennäispitoisuudet
    - 3.2.1. Kaliumin pitoisuus
      - 3.2.1.1. Kaliumin lannoitustason vaikutus
      - 3.2.1.2. Kaliumin lannoitustavan vaikutus
      - 3.2.1.3. Nurmen iän ja niittokerran vaikutus
    - 3.2.2. Magnesiumin pitoisuudet sadoissa
      - 3.2.2.1. Kaliumin lannoitustason vaikutus
      - 3.2.2.2. Kaliumin lannoitustavan vaikutus
      - 3.2.2.3. Nurmen iän ja niittokerran vaikutus
      - 3.2.2.4. Rehuarvo
    - 3.2.3. Kalsiumin pitoisuus sadoissa
    - 3.2.4. Fosforin pitoisuus sadoissa
  - 3.3. Muutokset maan kaliumin pitoisuudessa
    - 3.3.1. Kaliumin lannoitustason vaikutus
    - 3.3.2. Kaliumin lannoitustavan vaikutus

Kuvat maiden ja rehun kaliumpitoisuuksista

Taulukot kuiva-ainesadoista

KIRJALLISUUSLUETTELO

## 1. JOHDANTO

Nurmien kaliumlannoituksen ongelmallisuus johtuu pääasiassa kahdesta seikasta, ensiksi eniten lannoitteena käytetyn kaliumyhdisteen, kaliumkloridin (= kalisuola) helppoliukoisuudesta ja liikkuvuudesta vähän savesta sisältävissä maissa ja toiseksi kasvien taipumuksesta ottaa kaliumia yli fysiologisen tarpeen (ns. luksusotto), mikäli sitä on liukoisessa muodossa saatavilla. Luksusoton seurauksena kasvin kaliumpitoisuus nousee rehuarvon kannalta yli haitallisen pitoisuuden rajan, 30 mg/g ka (ANON. 1973). Kaliumpitoisuuden noustessa alenee erityisesti magnesiumin pitoisuus kasvilla.

Eri lannoitustavoista on jaotuksen jokaiselle niitolle katsottu parhaiten takaavan rehun laadun tasaisuuden (SILLANPÄÄ 1978). MELAn ym. (1977) kokeissa lannoitustavat (kevätlannoitus, jaotus tasan niittojen kesken, syyspainotteinen lannoitus) vaikuttivat varsin vähän kuiva-ainesatojen määriin. Savimailla (Tikkurila) kevätsatojen kaliumin pitoisuus oli aina kesä- ja syys- satoja korkeampi ja lannoitustapojen aiheuttama vaihtelu sadoissa oli pieni. Sen sijaan hieta- ja saraturvemilla (Ruukki) ravinnesuhteet sadoissa riippuivat täysin kaliumin jaotustavasta eri niittokertojen kesken (MELA ym. 1977).

Voimaperäisessä viljelyssä oleva nurmi on tehokas kaliumin hyväksikäyttäjä. Sadoissa vuosittain poistuvat kaliummäärät ovat 100-350 kg/ha käytetystä typpitasosta riippuen (SAARELA ym. 1981). Jos halutaan maan kaliumtason säilyvän ennallaan voimaperäisen viljelyn aikana, joudutaan käyttämään varsin suuria kaliummääriä, vähintään sama määrä kaliumia kuin typpeäkin (SILLANPÄÄ 1978). Lannoitustarve riippuu oleellisesti myös maalajista ja on savimailla niiden luontaisten kaliumvarojen vuoksi alhaisempi kuin karkeilla kivennäismailla tai orgaanisilla maalajeilla.

Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena selvittää erilaisten kaliumin lannoitusmäärien ja -tapojen vaikutusta nurmirehusadon määrään, kivennäispitoisuuksiin ja maan ravinnepitoisuuden muutoksiin samalla typpitasolla (300 kg N/ha) neljällä, eri maalajeja edustavilla koepaikoilla.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Koeaineisto koostuu Etelä-Savon (77-81) karkealla hiedalla ja Pohjois-Pohjanmaan (77-79) hienolla hiedalla sekä Karjalan koeaseman (76-81) hietaisella metsäsaraturpeella ja Sata-Hämeen koeaseman (77-81) hiesusavella tehdyistä kenttäkokeista.

Kaikilla koepaikoilla oli koekasvina timoteinurmi, joka perustettiin v. 1976 suojaviljana ohra. Karjalan koeasemalla nurmi perustettiin jo vuonna 1975.

Kokeessa oli pääruuduissa neljä kaliumtasoa:

$$\begin{aligned} K_0 &= 0 \text{ kg K/ha kalisuolana (50 \% K)} \\ K_1 &= 50 \text{ "} \\ K_2 &= 100 \text{ "} \\ K_3 &= 200 \text{ "} \end{aligned}$$

Osaruuduissa oli neljä jaotustapaa:

- 1) 0
- 2) koko kaliumlannoitus keväällä
- 3) kalium jaettuna tasan joka niitolle
- 4) kolmen vuoden tarve suojaviljalle

Poikkeuksena edellisestä Karjalan koeasemalla koe toteutettiin satunnaisesti lohkojen menetelmällä, jossa oli 0-tason lisäksi kolme kaliumin lannoitustasoa (50, 100 ja 200 kg K/ha) ja jokaisella tasolla (paitsi 0 vain kerran) kaksi kaliumin lannoitustapaa (kevätlannoitus ja jaotus).

Kaikki koejäsenet saivat vuosittain saman peruslannoituksen:

$$\begin{aligned} &100 \text{ kg typpeä amm.salpietarina joka niitolle} \\ &60 \text{ kg fosforia superfosfaattina keväisin} \end{aligned}$$

Kokeessa oli neljä kerrannetta. Tilastolliset analyysit on tehty MTTK:n laskentatoimistossa. Merkitsevyydet on laskettu 0,001, 0,01 ja 0,05 tasoilla ja keskiarvojen erot testattu Duncanin tai Tukey-Hartleyn testillä (STEEL & TORREY 1960 s. 107-109, SNEDECOR & COCHRAN 1957 s. 271-274).

Koemaista analysoitiin ennen kokeen alkua kerranteittain pH, johtoluku,

Ca, K, Mg ja P. Kokeen kolmantena ja viidentenä vuonna otettiin näytteet ruuduittain em. analyysiä varten. Pohjois-Pohjanmaalta on maa-analyysitulokset koejäsenittäin kaikilta koevuosilta. Sadot niitettiin kolmeen kertaan vuosittain, ruutusadot punnittiin ja kasvianalyysit tehtiin jokaisesta niitosta koejäsenittäin.

### 3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

#### 3.1. Kuiva-ainesadot

##### 3.1.1. Kaliumin lannoitustason vaikutus kuiva-ainesatoihin

Kaliumlannoituksen vaikutus riippuu TÄHTISEN (1979) mukaan maan kaliumtasosta ja käytetystä typpilannoitustasosta. Kokeessa mukana olleissa maissa oli kaliumin pitoisuus vähintään tyydyttävällä tasolla (asetelmas. 11) minkä vuoksi kaliumlannoituksen satovaikutus alkoi näkyä vasta 2-3 vuoden viljelyn jälkeen. Selvimmät sadonlisäykset saatiin turvemaalla ja vähäisimmät hiesusavella (Taulukko 9) ja karkealla hiedalla (Taulukko 8). Kahden viimeksimainitun maan luontaiset kaliumvarat ovat niiden sisältämän saveksen johdosta oleellisesti suuremmat kuin turvemaan.

Turvemaalla kaliumlannoitus lisäsi satoja kolmannelta koevuodesta alkaen verrattuna lannoittamattomaan koejäseneseen. Tällöin sadon lisäys oli yleensä merkitsevä suurimman ( $B_6$  ja  $B_7$ ) ja pienimmän ( $B_2$  ja  $B_3$ ) kaliumlannoitustason välillä (Taulukko 1).

Taulukko 1. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus sadon määrään (kg/ha ka) eri vuosina turvemaalla (Karjalan koeasema)

Vuosi	Kaliumin lannoitustaso (kg K/ha) ja -tapa (jaotus/kevät)						
	$B_1 = 0$	Kevätlannoitus			Jaotus		
		$B_2 = 50$ kg	$B_3 = 100$	$B_4 = 200$	$B_5 = 50$	$B_6 = 100$	$B_7 = 200$
1	7259ab	7796ab	6802a	7617ab	7363ab	7822ab	6942ab
2	8541a	8228a	8065a	8161a	8366a	8183a	8267a
3	8522a	9148ab	9911b	10048b	9311ab	9670b	10230b
4	7470a	9074b	9719bc	10022bcd	9590bc	10169cd	10802d
5	4891a	6794bc	7460bcd	8660e	6404b	7709cde	8290de

Satojen välinen ero on merkitsevä eri kaliumtasojen välillä saman vuoden sisällä, mikäli indeksit eroavat toisistaan.



### 3.1.2. Kaliumin lannoitustavan vaikutus kuiva-ainesatoihin

Kaliumin lannoitustavan vaikutus kuiva-ainesatoihin oli eri maalajeilla erilainen. Hiesusavella (Sata-Hämeen koeasema) ilmeni vasta viidentenä koevuonna 5 %:n tasolla merkitseviä eroja eri lannoitustavoilla. Tällöin pintalannoitetut (kevätlannoitus, jaotus) antoivat paremman sadon kuin varastolannoituksen saanut tai lannoittamaton koejäsen. Suojaviljalle annettu varastolannoitus oli mitoitettu noin kolmen vuoden tarvetta varten, joten sadon aleneminen oli odotettavissa kokeen loppuvaiheessa. Viimeisen vuoden sääolosuhteet olivat nurmien kasvulle edulliset, jonka vuoksi sadot olivat koekauden suurimmat ja ravinnepuutokset tulivat siten herkästi esiin (Taulukko 9).

Etelä-Savon karkealla hiedalla ei lannoitustapa vaikuttanut kuiva-ainesatojen määriin (Taulukko 8).

Myöskään Pohjois-Pohjanmaan hienolla hiedalla, jossa kokeen kesto oli vain kolme vuotta, ei saatu tilastollisesti merkitsevää satoeroa eri lannoitustapojen välille (Taulukko 11).

Karjalan koeaseman turvemaalla koetekijöistä puuttui varastolannoitus. Keskimmaisella kaliumin lannoitustasolla saatiin kaliumin jaottamisella merkitsevästi parempi sato kuin kevätlannoituksella. 100 kg kaliumia hehtaarille vuodessa oli sadonmuodostuksen kannalta niukka lannoitus. Jos se annettiin yhdessä erässä, tuli se lähinnä ensimmäisen niittokerran sadon käyttöön viimeisten niittojen kärsiessä kaliumin puutteesta. Suuremmalla lannoitustasolla (200 kg K/ha v:ssa) ei lannoitustavan vaikutus ollut tilastollisesti merkitsevä sadon määrän kannalta. Pienin kaliummäärä (50 kg/ha v:ssa) oli liian pieni sadon tarpeeseen nähden, eikä lannoitustavalla ollut vaikutusta kokonaissadon määrään (Taulukko 2).

Taulukko 2. Kaliumin lannoitustavan ja -tason yhteisvaikutus kuiva-ainesatoihin (kg/ha) keskimäärin Karjalan koeaseman turvemaalla

	<u>50 kg</u>	<u>100 kg</u>	<u>200 kg</u>
Kevätlannoitus	8262	8391a**	8902
Jaotus	8207	8711b**	8906

Keskiarvojen ero on merkitsevä samalla kaliumtasolla, kun indeksit poikkeavat toisistaan.

### 3.2. Satojen kivennäispitoisuudet

#### 3.2.1. Kaliumin pitoisuus

##### 3.2.1.1. Kaliumin lannoitustason vaikutus

Kaikilla koeasemilla kaliumin lannoitustason vaikutus sadon kaliumin pitoisuuksiin oli erittäin merkitsevä (Taulukko 3). Karjalan koeaseman turvemaalla ja Etelä-Savon koeaseman karkealla hiedalla aiheutti jo 50 kg lisäys vuotuisessa kaliumlannoituksessa merkitsevän eron satojen kaliumin pitoisuuksiin. Kaliumlannoitus nosti voimakkaimmin satojen kaliumin pitoisuuksia Pohjois-Pohjanmaan koeaseman hienolla hiedalla ja Karjalan koeaseman metsä-saraturpeella. Suurimmalla kaliumtasolla olivat satojen kaliumin pitoisuudet Pohjois-Pohjanmaalla 15 % ja Karjalassa 32 % suuremmat kuin pienimmän kaliumtason sadoissa.

Taulukko 3. Kaliumin lannoitustason vaikutus kuiva-ainesatojen kaliumin pitoisuuksiin eri koepaikoilla

Kaliumtaso	ESA	SAH	KAR	PPO
0 kg/ha	26,8a	24,5a	20,4a	33,5a
50 "	28,6b	27,0b	24,6b	34,1a
100 "	30,0b	29,0bc	28,0c	37,6ab
200 "	32,0c	31,4c	33,7d	40,0b

Keskiarvojen väliset erot ovat tilastollisesti merkitseviä samalla koeasemalla, mikäli indeksit eroavat toisistaan (Tuckey-Hartleyn testi).

##### 3.2.1.2. Kaliumin lannoitustavan vaikutus

Kaliumin pintalannoitustavoilla (kevätlannoitus ja jaotus joka niitolle) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta satojen kaliumin pitoisuuksiin (Taulukko 4).

Pintalannoitettujen koejäsenten sadoissa oli kaliumin pitoisuus 11 kertaa 30:stä yli 30 mg/g ka, jonka yli nousevia pitoisuuksia pidetään haitallisen korkeina rehuarvon kannalta (ANON. 1973). Varastolannoituksen

saaneiden koejäsenten sadoissa kaliumin pitoisuus oli merkittävästi alhaisempi Sata-Hämeessä ja lähes merkittävästi Etelä-Savossa. Pintalannoitettuihin verrattuna niiden pitoisuudet vaihtelivat eri niittokertojen sadoissa huomattavasti vähemmän (Kuvat 1 ja 2). Hiesusavella ja kokeen karkealla hiedalla, jonka kaliumin pidätyskyky on melko hyvä, näyttäisi varastolannoitus olevan jopa parempi vaihtoehto kuin pintalannoitusvaihtoehdot. Kokeessa käytetty kaliumlannoitus oli niukka satojen ottamiin kaliummääriin ja kokeen keston nähden.

Taulukko 4. Kaliumin lannoitustavan vaikutus kuiva-ainesatojen kaliumin pitoisuuksiin (K mg/g ka)

Kaliumin lannoitustapa	ESA KHT	SAH HsS	KAR LCT	PPÖ HHT
Kevät	30,6b*	30,6a**	28,9	37,7
Jaotus	30,6b*	30,4a**	28,8	37,6
Varasto	29,4a*	26,5b**		36,4

Indeksien merkitys sama kuin taulukossa 3.

### 3.2.1.3. Nurmen iän ja niittokerran vaikutus kaliumin pitoisuuksiin

Kaikilla koepaikoilla kaliumin pitoisuudet laskivat erittäin merkittävästi nurmen vanhetessa (Taulukko 4). Kevätsatojen kaliumin pitoisuudet olivat yleensä alhaisempia kuin kesä- ja syysatojen pitoisuudet (Taulukko 5).

Taulukko 5. Satojen kaliumin pitoisuudet (mg/g ka) eri vuosina ja eri niitoissa keskimäärin

Vuosi	ESA KHT	SAH HsS	KAR LCT	PPÖ HHT
1	35,8e	32,2c	41,8d	48,1c
2	32,3d	31,4c	34,6c	35,2b
3	29,5c	28,8b	21,7b	28,4a
4	27,8b	26,8a	22,2ab	
5	25,7a	26,5a	20,4a	

Taulukko 5. jatkuu

Niittokerta				
1	27,8a	25,8a	29,5b	31,1a
2	30,7b	30,7b	30,1b	38,8b
3	33,2c	31,0b	26,9a	41,8b

Koepaikan keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi, mikäli indeksit ovat erilaiset.

Nurmien vanhenemisen myötä tapahtuva satojen kaliumin pitoisuuden aleneminen eteni maan kaliumin pitoisuuksien laskun kanssa samansuuntaisesti (Kuvat 1-4). Karjalan koeaseman turvemaalla satojen kaliumin pitoisuus las-  
ki kaikkein voimakkaimmin, mutta toisaalta verrattain pienikin lannoitus näkyi selvänä sadon pitoisuuden nousuna. Ilman kaliumlannoitusta olivat sadon kaliumin pitoisuudet ensimmäisenä ja toisena koevuonna 37 ja 26 mg/g ka. Kolmena viimeisenä vuonna sadoissa oli vain 14-11 mg/g ka, mikä on niin alhainen kaliumin pitoisuus, että se rajoittaa jo sadonmuodostusta (MENGEL 1965 s. 277).

Kaikilla koepaikoilla oli niittoajankohdalla erittäin merkitsevä vaikutus sadon kaliumin pitoisuuksiin. Kivennäismailla kevätsadon pitoisuus oli merkitsevästi alhaisempi kuin myöhempien niittojen (Taulukko 5). Jos lannoitus annettiin keväällä yhdessä erässä, oli kevätsadon pitoisuus aina korkeampi kuin joka sadolle jaotetulla lannoituksella.

Turvemailla, missä kevätsadon ja kesäsadon kaliumpitoisuudet olivat keskimäärin yhtä korkeat, alensi jaotus selvästi kevätsadon pitoisuuksia (Kuva 4). Kevätsatojen kaliumin pitoisuuksien aleneminen parantaa rehun K/Mg-suhdetta magnesiumin pitoisuuden ollessa keväisin alhaisimmillaan.

### 3.2.2. Magnesiumin pitoisuudet sadoissa

Magnesiumin pitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä olivat kaliumin lannoitus-  
taso, maalaji, niittoajankohta, nurmen ikä sekä eräissä tapauksissa myös lannoitustapa.

### 3.2.2.1. Kaliumin lannoitustason vaikutus

Kalium vaikuttaa antagonistisesti kasvin magnesiumin ottoon. Kaliumin lannoitustason nousu 50 kg:sta 200 kg:aan/ha vuodessa laski magnesiumin pitoisuuksia 0,4-0,5 mg (\*\*\*) muilla koepaikoilla paitsi Etelä-Savossa lasku oli 0,2 mg (\*\*) kuiva-ainegrammaa kohden.

Kaikilla maalajeilla korkeimmat magnesiumin pitoisuudet olivat pienimmän kaliumlannoituksen saaneilla koejäsenillä kahtena viimeisenä vuonna toisessa ja kolmannessa niitossa (1,8-4,0 mg/g ka) ja pienimmät magnesiumin arvot korkeimmalla kaliumlannoituksella ensimmäisen vuoden kevätsadoissa (1,1-1,46 mg/g ka).

Niillä koejäsenillä, jotka eivät saaneet kaliumlannoitusta ollenkaan, noudattivat magnesiumin pitoisuuksien vaihtelut täysin samoja säännönmukaisuuksia kuin lannoitetut koejäsenetkin, mutta pitoisuudet olivat tasoltaan korkeampia ja nousivat nurmen vanhetessa jyrkemmin.

### 3.2.2.2. Kaliumin lannoitustavan vaikutus

Kaliumin lannoitustavalla ei ollut vaikutusta magnesiumin pitoisuuksiin paitsi Sata-Hämeen hiesusavella, jossa se oli melkein merkitsevä ollen varastolannoituksen saaneella koejäsenellä keskimäärin korkein (2,37 mg/g ka) ja kaliumin jaettuna saaneella koejäsenellä alhaisin (2,17 mg/g ka).

### 3.2.2.3. Nurmen iän ja niittokerran vaikutus

Kaikilla neljällä koepaikalla satojen magnesiumin pitoisuudet kohosivat nurmen vanhetessa vuosien välisten erojen ollessa tilastollisesti erittäin merkitseviä. Pitoisuuden nousu oli suurin hiesusavella kasvaneissa sadoissa (1,1:stä 4,0:ään mg/g ka) ja pienin Pohjois-Pohjanmaalla (1,26:sta 1,54:ään mg/g ka) hienolla hiedalla kasvaneissa sadoissa.

Niittoajankohdan vaikutus satojen magnesiumin pitoisuuksiin oli kaikilla koepaikoilla hyvin samansuuntainen, kevätsadoissa pitoisuus oli pienenin ja syyssadoissa korkein. Vastaavia pitoisuusvaihteluita ovat todenneet mm. RINNE ym. 1974. Yleensä pitoisuusero oli runsaat 0,5 mg/g ka, mutta Etelä-Savossa vain 0,3 mg/g.

#### 3.2.2.4. Rehuarvo

Kirjallisuuden mukaan korkea kaliumpitoisuus ja mahdollisesti myös typpi- (valkuais-) pitoisuus rehussa alentavat rehun magnesiumin käyttökelpoisuutta naudan aineenvaihdunnassa. Niinpä magnesiumin tarve kasvaa jyrkemmin suhteessa kaliumin ja typpipitoisuuden nousuun. Jos kaliumin pitoisuus on alle 3 % ja typpipitoisuus 3,2 %, on 0,20 % magnesiumia ka:ssa (ANON. 1973) riittävä määrä.

Kokeen sadoista vain Sata-Hämeessä 0,2 % magnesiumia ka:ssa -pitoisuusvaatimus yleensä ylitettiin. Suurin magnesiumin vajaus oli Pohjois-Pohjanmaan sadoissa, joiden kaliumin pitoisuudet olivat 3-6 %, typpipitoisuudet noin 4 % magnesiumin pitoisuuksien ollessa vain 0,1 % rehun kuiva-aineesta.

Eläimen aineenvaihdunnan kannalta lienee edellä kuvattu typen, kaliumin ja magnesiumin keskinäinen suhde perustellumpi magnesiumin tarpeen kuvajana kuin kaliumin suhde magnesiumin ja kalsiumin summaan (ekvivalenttipainoina). Nautakarja sairastuu laidunhalvaukseen, vaikka vm. ekvivalenttisuhte olisi riittävän alhainenkin (alle 2,2), jos magnesiumin minimitarvetta ei tyydytetä (n. 20-100 mg/l veriseerumissa).

On ilmeistä, että magnesiumin lisäys kivennäisrehuna on lähes aina tarpeen erityisesti kevätrehua syötettäessä naudoille ja lampaille. Dolomiittikalkituksella ennen nurmen perustamista voidaan parhaiten kohottaa sadon magnesiumin pitoisuutta ja samalla vähentää maan happamuutta, jota mm. runsas typpilannoitus aiheuttaa (SAARELA ym. 1981).

#### 3.2.3. Kalsiumin pitoisuus sadoissa

Kalsiumin pitoisuus tuorerehusadoissa nousi yleensä erittäin merkittävästi nurmen vanhetessa. Poikkeuksena oli Pohjois-Pohjanmaan koeaseman hieno hietä, jossa kolmen vuoden sadoista keskimmäisenä vuonna oli korkein kalsiumin pitoisuus. Pohjois-Pohjanmaata lukuunottamatta olivat kaikilla koe- paikoilla ensimmäisen sadon pitoisuudet yleensä erittäin merkittävästi alhaisempia kuin muiden satojen pitoisuudet, minkä seikan on todennut mm. PELTOMAA ym. 1979 nurmikokeissaan. Pohjois-Pohjanmaan hietamaalla ei eri niittojen välillä ollut merkittävä eroa.



Kaliumlannoitustason noustessa laski kalsiumin pitoisuus KAR:n, PPO:n ja ESA:n sadoissa erittäin merkittävästi, mutta SAH:neen hiesusavimaalla sillä ei ollut vaikutusta.

Niiden koejäsenten sadot, jotka eivät olleet saaneet kaliumlannoitusta ollenkaan ( $K_0$ ), sisälsivät kalsiumia keskimäärin enemmän kuin kaliumia saaneet koejäsenet. Muuten  $K_0$ -koejäsenten pitoisuusvaihtelut olivat samansuuntaisia kuin muidenkin koejäsenten.

#### 3.2.4. Fosforin pitoisuus sadoissa

Korkeimmat fosforipitoisuudet olivat Karjalan koeaseman saraturpeella kasvaneissa ja Pohjois-Pohjanmaan hienolla hiedalla kasvaneissa sadoissa, 4,07 ja 4,12 mg/g ka. Keskimääräinen pitoisuus Sata-Hämeen hiesusavella oli 3,50 ja alhaisin pitoisuus oli Etelä-Savon karkealla hiedalla kasvaneissa sadoissa, 3,04 mg/g ka.

Pitoisuuksissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja eri vuosina, mutta ne eivät muuttuneet systemaattisesti suuremmiksi tai pienemmiksi nurmen vanhetessa, vaan vaihtelivat säännöttömästi.

Eri niittokerroista pitoisuudet olivat pienimpiä kevätsadoissa ja korkeimpia syysadoissa. Erot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Kaliumin lannoitustasoilla tai kaliumin lannoitustavoilla ei näyttänyt olevan vaikutusta fosforipitoisuuteen. Kuitenkin kaliumpitoisuuden ja fosforipitoisuuden välinen positiivinen korrelaatio oli Karjalan saraturpeella kasvaneissa sadoissa +0,42 (\*\*\*) ja Pohjois-Pohjanmaan hienolla hiedalla + 0,666 (\*\*\*) .

Niiden koejäsenten sadot, jotka eivät olleet saaneet kaliumlannoitusta ollenkaan, eivät poikenneet fosforipitoisuuksiltaan muiden koejäsenien sadoista.

### 3.3. Muutokset maan kaliumin pitoisuudessa

Maiden kaliumpitoisuudet koepaikoilla ennen kokeen alkua olivat (mg/l maata) seuraavat:

			Viljavuus- luokka	(KURKI 1982 s. 42)
Etelä-Savo	KHT	375	hyvä	
Karjala	LCT	85	välttävä	
Pohjois-Pohjanmaa	HHT	140	tydyttävä	
Sata-Häme	HsS	208	tydyttävä	

Etelä-Savon karkean hiedan kaliumin pitoisuus oli korkea. Ko. koeasema sijaitsee moreenialueella, jonka kallioperässä on kiilteisiä kivilajeja. Huuhtoutumattomat moreenimaat sisältävät yleensä myös savesta ja kiilteitä, jotka pidättävät ravinteita vaihtuvaan muotoon. Muiden koepaikkojen pitoisuudet olivat kokeen alussa tavanomaisia paitsi turvemaalla, jonka kaliumtaso oli vain välttävä.

#### 3.3.1. Kaliumin lannoitustason vaikutus

Jyrkin muutos maan kaliumin pitoisuudessa tapahtui Etelä-Savon karkealla hiedalla, missä liukoisen kaliumin pitoisuuskin oli korkein (Taulukko 6). Kolmessa vuodessa oli maan kaliumin pitoisuus laskenut 0-100 kg K/ha v. Etelä-Savossa lannoituksella välttäväksi ja muilla koeasemilla huononlaiseksi. Suurimmalla kaliumlannoituksella (200 kg K/ha v) oli maan pitoisuus tyydyttävä ja muilla koeasemilla huononlainen.

Viiden koevuoden jälkeen olivat Etelä-Savossa ja Sata-Hämeessä suurimman kaliumlannoituksen saaneiden maiden kaliumin pitoisuudet merkittävästi parempia pienimpiin lannoitustasoihin verrattuna. Karjalan turvemaalla ei ollut eroja maiden pitoisuuksissa eri lannoitustasoilla.

Hiesusavella ei lannoittamattomankaan maan kaliumin pitoisuus laskenut alle 70 mg/l maata viidessä vuodessa. Tällöin on ilmeisesti maan luontaisen kaliumvarojen vapautuminen estänyt pitoisuuden jatkuvan alenemisen (Taulukko 6).

Pohjois-Pohjanmaan hienolla hiedalla pitoisuus oli koken vuoden kuluttua ilman kaliumlannoitusta 20 mg/l maata. Suurimmalla lannoitustasolla

pitoisuus oli 97 mg/l maata. Tällä koepaikalla oli lannoitettujen ja lannoittamattomien maiden kaliumin pitoisuuksissa selvät erot jo kolmen vuoden viljelyn jälkeen. Tämän hietamaan kaliumin pidätyskyky on ilmeisesti vähäinen, minkä vuoksi lannoitteena annettu kalium nostaa nopeasti ja herkästi maan ja kasvin kaliumpitoisuutta.

Karjalan koeaseman turvemaan liukoisen kaliumin pitoisuus määritettiin ainoastaan ennen kokeen alkua ja sen päätyttyä. Eri lannoitustasoilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa viiden vuoden viljelyn jälkeen maan kaliumin pitoisuuksiin, jotka olivat 43-51 mg/l maata.

Satoerot eri kaliumin lannoitustasojen välillä ja kasvien matalat kaliumin pitoisuudet osoittavat, että kasvin kaliumin saanti ilman lannoitusta ja pienimmällä lannoitustasolla oli liian niukkaa sadonmuodostuksen kannalta, mihin nähden maiden kaliumin pitoisuudet olivat yllättävän korkeita kokeen lopussa turvemaalla.

Taulukko 6. Kaliumlannoitustason (K kg/ha v) vaikutus maiden kaliumin pitoisuuteen (mg/l maata) 3 v:n ja 5 v:n kuluttua kokeen alkamisesta eri koepaikoilla

K-lann.	Etelä-Savo			Sata-Häme			Pohj.-Pohjanmaa			Karjala	
	ennen koetta	3 v.	5 v.	ennen koetta	3 v.	5 v.	ennen koetta	3 v.	5 v.	ennen koetta	5 v.
0	375	109a	43a	208	71a	70a	140	57	20	85	43a
50	"	122ab	48a	"	82ab	71ab	"	63	23	"	45a
100	"	146b	51a	"	83ab	76ab	"	113	47	"	48a
200	"	196c	71b	"	113b	90b	"	163	97	"	51a

Keskiarvot poikkeavat toisistaan merkitsevästi tietyllä koeasemalla, mikäli indeksit ovat erilaiset (Tuckey-Hartleyn testi).

### 3.3.2. Kaliumin lannoitustavan vaikutus maan pitoisuuksiin

Pintalannoituksella ja suojaviljalle annetulla varastolannoituksella oli merkitsevä ero vain hiesusavella (Taulukko 7). Maan kaliumin pitoisuus aleni varastolannoitetuilla nopeammin kuin pintalannoitetuilla, mutta eri lannoitustavat eivät aiheuttaneet eroja viljavuusluokissa.

Taulukko 7. Kaliumin lannoitustavan vaikutus maiden kaliumin pitoisuuksiin (mg/l maata) eri koepaikoilla 3 vuoden ja 5 vuoden kuluttua

Lannoitus- tapa	Etelä-Savo, KHT		Sata-Häme, HsS		Karjala, LCt
	3 v.	5 v.	3 v.	5 v.	5 v.
Kevät	147	52	94ab**	82b**	48
Jaotus	162	58	97b**	83b**	55
Varasto	157	62	85a**	73a**	-

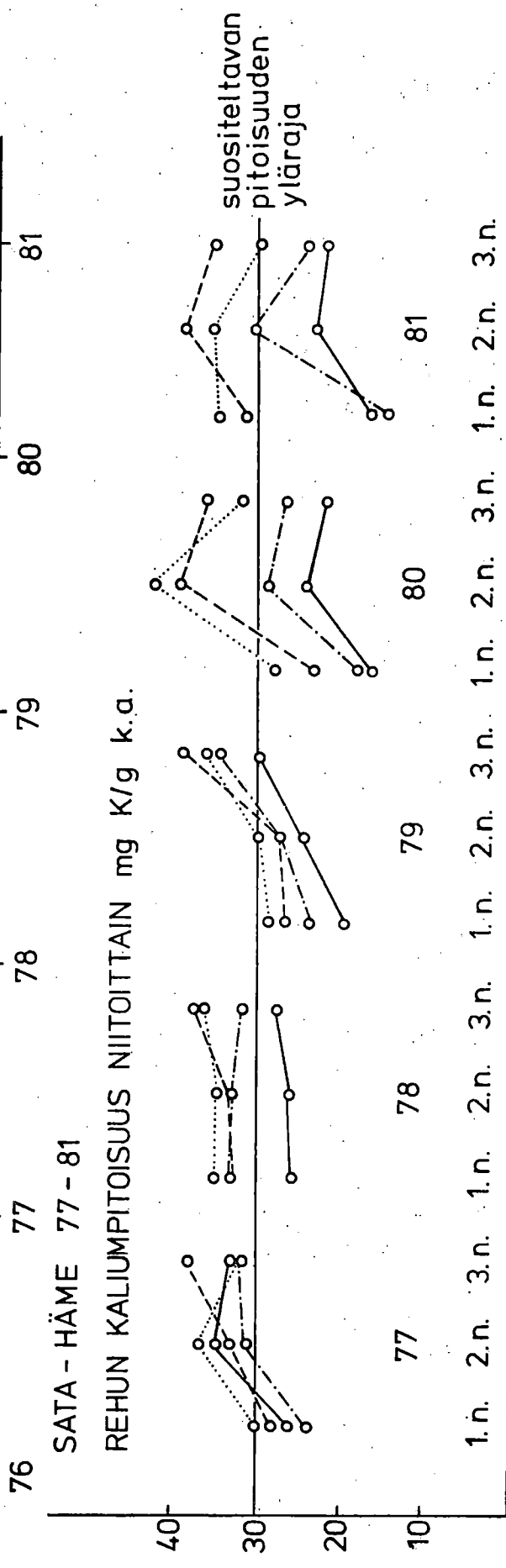
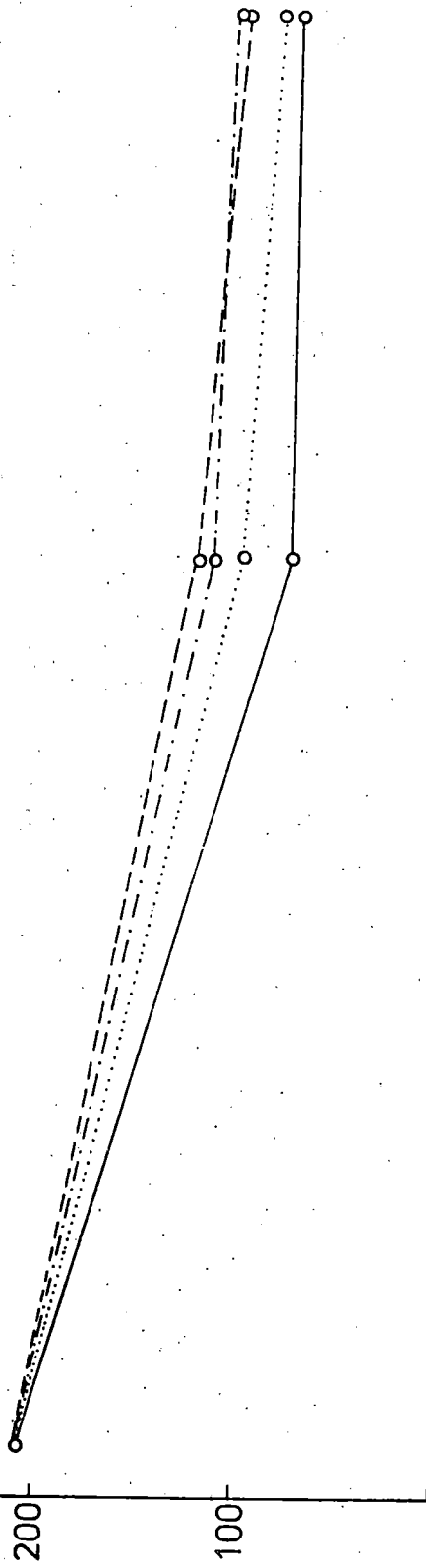
Keskiarvot poikkeavat toisistaan merkitsevästi tietyllä koeasemalla, mikäli indeksit ovat erilaiset.

Maan kaliumtason säilymiseen ei lannoitustavalla voida kovin paljon vaikuttaa. Voimaperäisessä nurmiviljelyssä maan kaliumtaso laskee aina, jos kaliumlannoitus pidetään riittävän korkeana satotason säilyttämiseksi, mutta samalla riittävän matalana sadon rehuarvon kannalta. Jos maa pidättää kaliumia vaihtuvaksi, voidaan nurmen uusimisen yhteydessä antaa varastolannoitus, jolloin pintalannoitusta tarvitaan kolmannen vuoden jälkeen.

Myös kaliumia heikosti pidättävillä hieta- ja turvemilla on syytä pyrkiä kohottamaan maan kaliumin pitoisuutta ennen nurmen uusimista. Jos maan kaliumtaso on likimain tyydyttävä, ei ensimmäisen vuoden nurmi tarvitse kaliumlannoitusta lainkaan. Kevyiden maalajien kaliumlannoitus on sen jälkeen syytä antaa jaottaen se kaikille sadoille. Jos sato jää hyvin alhaiseksi kuivuuden yms. vuoksi, on se otettava huomioon kaliumlannoituksessa. Muutoin seuraavan sadon kaliumin pitoisuus voi nousta korkeaksi.

Voimaperäisessä nurmiviljelyssä olevista maista tulisi tehdä viljavuusanalyysi vähintään kerran viljelykierron aikana, jotta kaliumtasoon ja happamuuden muutoksiin säilyisi jonkinlainen tuntuma.

SATA-HÄME 76,79,80  
 MAAN KALIUMPITOISUUS mg K/l maata  
 Hiesusavi



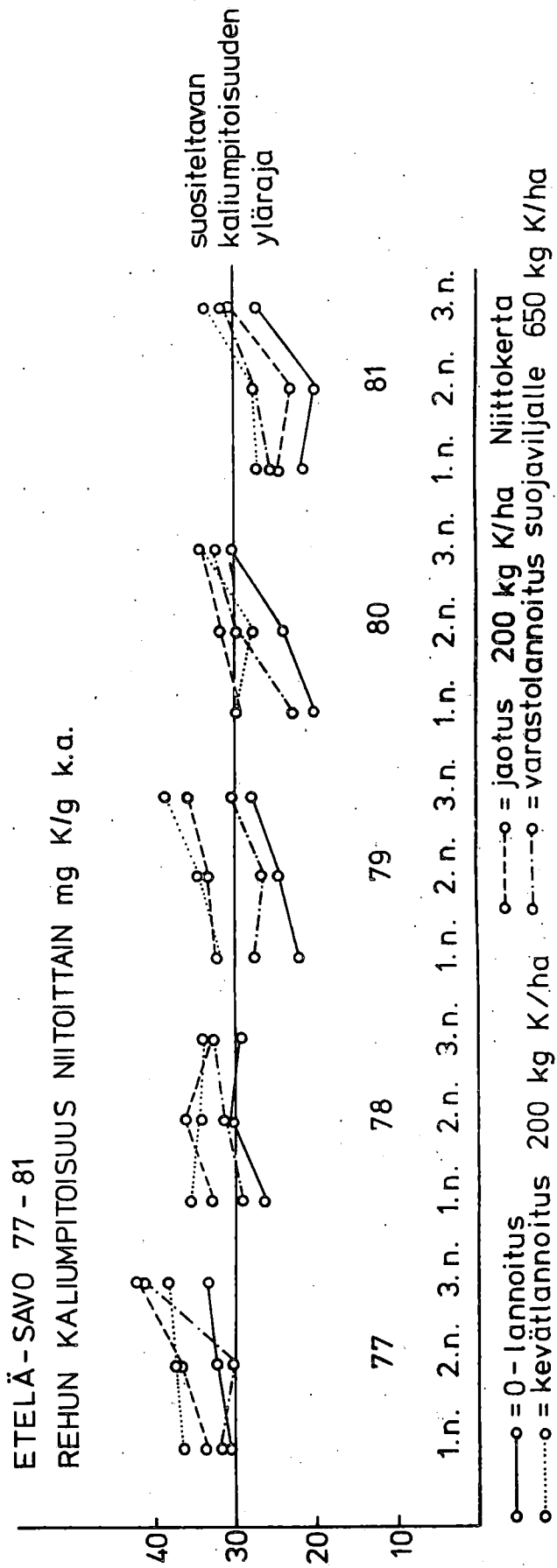
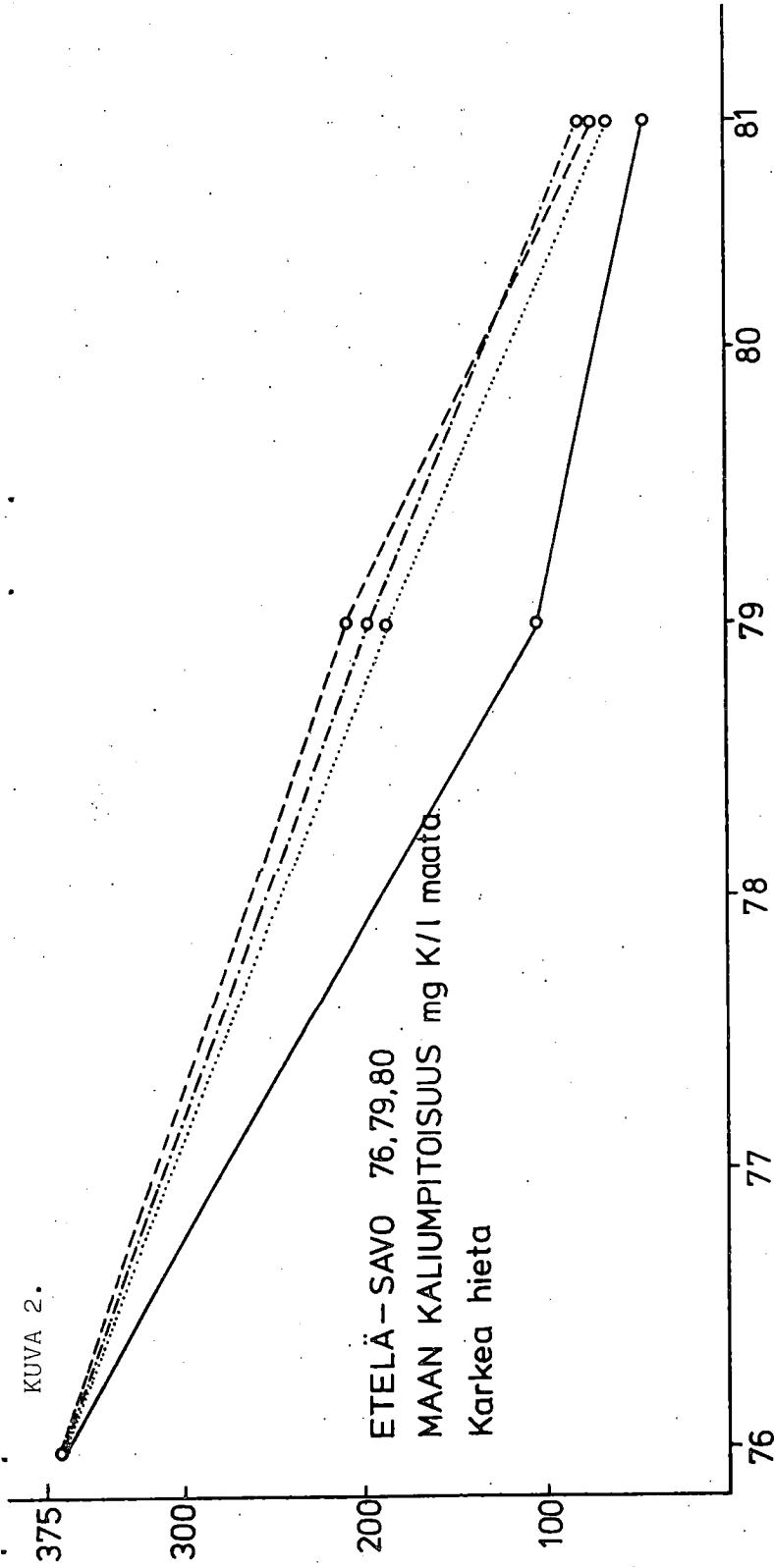
1.n. 2.n. 3.n. 1.n. 2.n. 3.n. 1.n. 2.n. 3.n. 1.n. 2.n. 3.n.

○ = 0-lannoitus  
 ○ = kevätlannoitus 200 kg K/ha  
 ○ = jaotus 200 kg K/ha  
 ○ = varastolannoitus 200 kg K/ha

Niittokerta  
 Niittokerta  
 Niittokerta

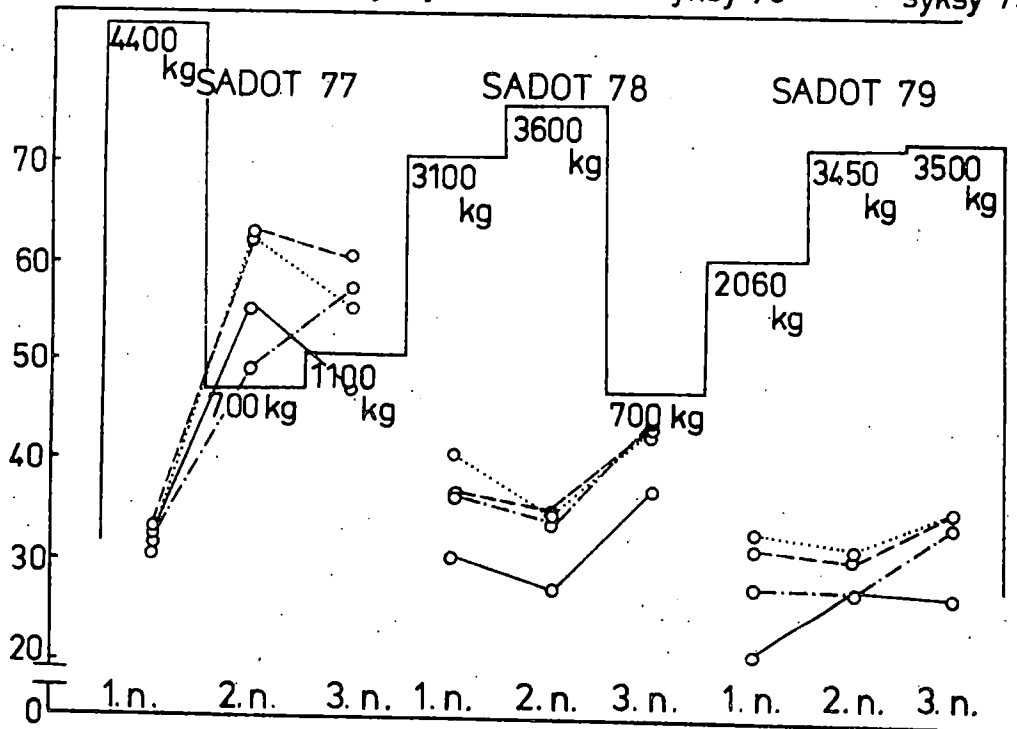
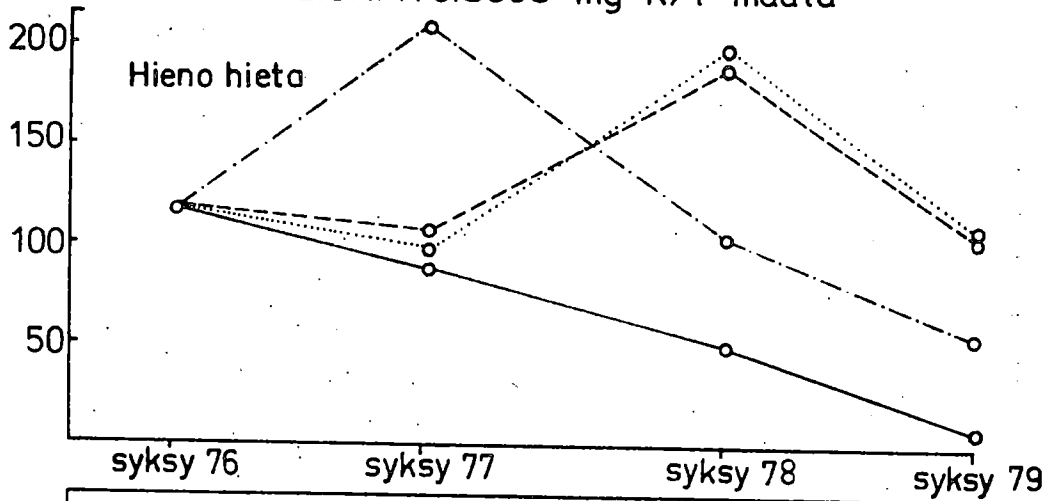
suositeltavan pitoisuuden yläraja

KUVA 2.





POHJOIS-POHJANMAA 77-79  
 MAAN KALIUMPITOISUUS mg K/l maata

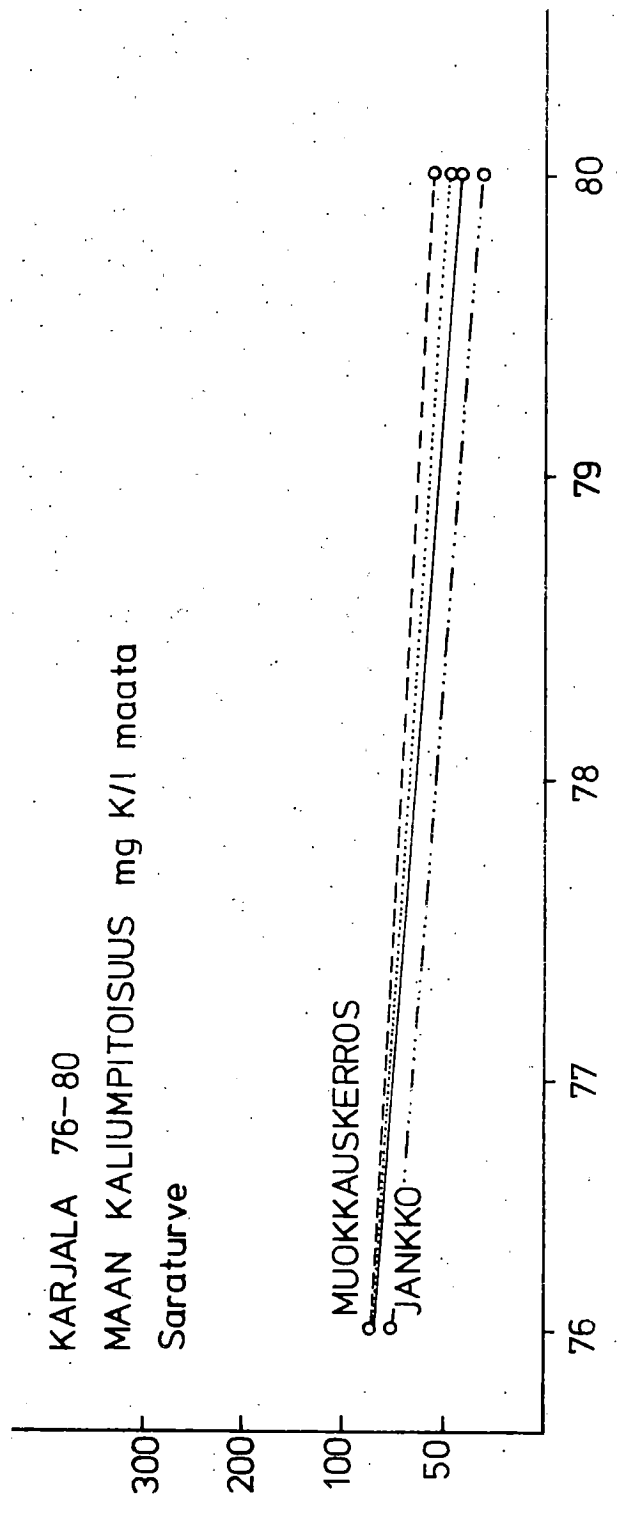


REHUN KALIUMPITOISUUS mg K/l  
 REHUSADOT NIITOITTAIN (kaikkien käsittelyjen keskiarvona)

- = 0-lannoitus
- = kevätlannoitus 200 kg K/ha
- = jaotus 200 kg K/ha
- = varastolannoitus suojaviljalle 650 kg K/ha

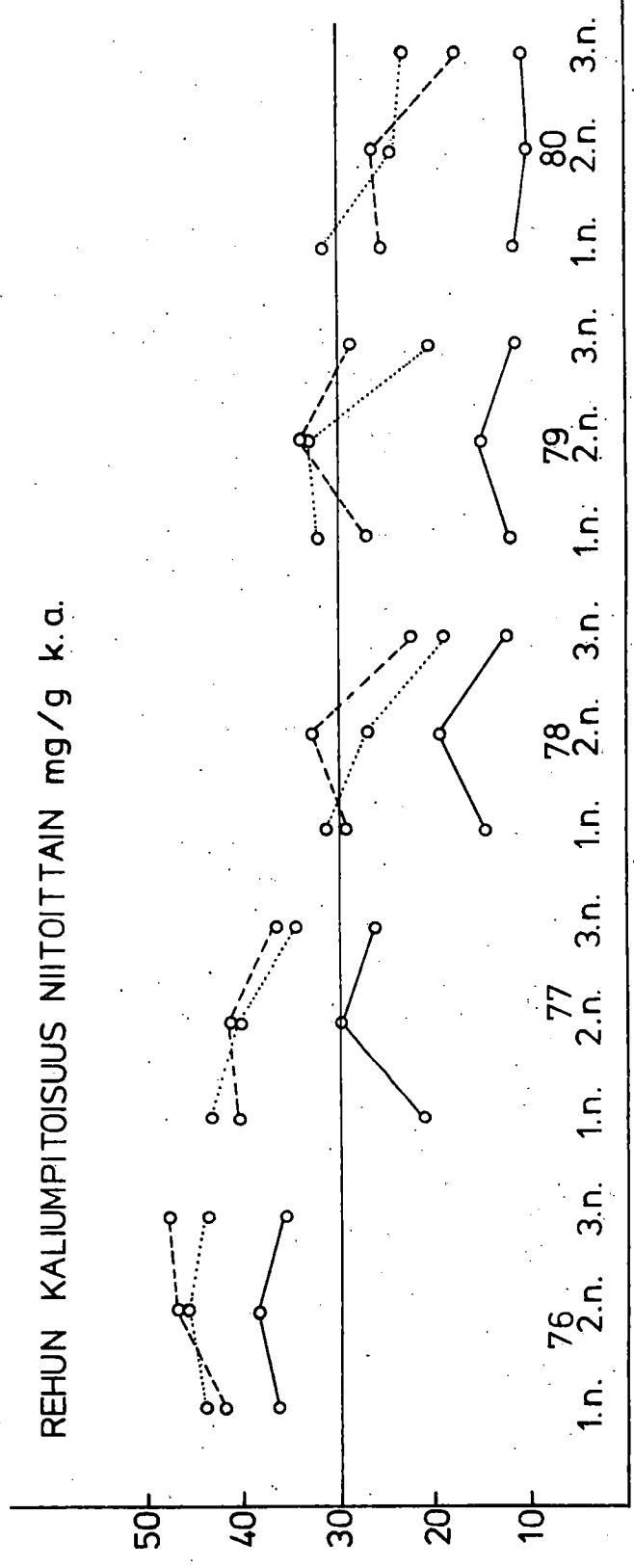
KARJALA 76-80  
 MAAN KALIUMPITOISUUS mg K/l maata  
 Saraturve

MUOKKAUSKERROS  
 JANKKO



REHUN KALIUMPITOISUUS NIITOITTAIN mg/g k.a.

suositeltavan  
 kaliumpitoisuuden  
 yläraja



○ — ○ = 0-lannoitus  
 ○ ····· ○ = kevätlannoitus 200 kg K/ha

○ - - - ○ = jaotus 200 kg K/ha  
 ○ ····· ○ = JANKKO

Taulukko 8. Kuiva-ainesadot Etelä-Savon koeasemalla eri kaliumlannoituksilla ja -lannoitustavoilla vuosittain ja niitoittain

Vuosi/niitto- kerta	K 50 kg/ha				K 100 kg/ha				K 200 kg/ha			
	0	Kevät	Jaotus	Varasto	0	Kevät	Jaotus	Varasto	0	Kevät	Jaotus	Varasto
1977 1. n	3970	4010	3820	3400	3980	3790	3740	3150	4120	3900	3850	2730
2. n	3860	3410	3650	3720	3790	3840	3200	3940	3810	3570	3750	4710
3. n.	2240	2310	3490	2320	2300	2240	2380	2080	2260	2230	2200	2300
yht.	10070	9730	9950	9450	10070	9870	9320	9170	10180	9700	9800	9730
1978 1. n	4680	4530	5080	4630	4420	4720	4800	4940	4650	4540	4890	5160
2. n	2580	2440	2280	2080	2570	2200	2220	1850	2290	2200	2170	2350
3. n	720	690	760	700	670	770	680	700	740	880	790	790
yht.	7970	7660	8120	7410	7670	7700	7700	7490	7680	7610	7850	8300
1979 1. n	1870	1830	2380	2260	1770	2140	2070	2240	1780	1820	1810	2460
2. n	3110	2880	2480	3130	2770	2640	2510	2910	2750	2560	2190	2500
3. n	2570	2250	2450	2550	2370	2570	2260	2440	2490	2400	2490	2520
yht.	7540	6970	7320	7950	6910	7340	6840	7590	7010	6790	6480	7480
1980 1. n	2980	2830	3120	3020	2790	3090	2910	2920	3000	3520	3310	3010
2. n	2500	2150	2180	2440	2250	2610	2140	2590	2580	2670	2470	2500
3. n	1190	1130	1130	1230	1320	1350	1350	1360	1410	1270	1280	1410
yht.	6670	6160	6430	6690	6370	7040	6400	6860	6990	7460	7060	6920
1981 1. n	4390	4030	4220	4020	4060	4260	4300	4010	4180	4170	4450	4170
2. n	3200	2930	3230	3550	3190	3300	3080	2690	3180	2770	2810	3450
3. n	1460	1350	1330	1370	1460	1570	1440	1550	1410	1370	1540	1410
yht.	9060	8300	8780	8940	8710	9130	8810	8250	8770	8300	8800	9040

Taulukko 9. Kuiva-ainesadot Sata-Hämeen koeasemalla eri kaliumlannoituksilla ja -lannoitustavoilla vuosittain ja niitoittain

Vuosi/niitto- kerta	K 50 kg/ha				K 100 kg/ha				K 200 kg/ha			
	0	Kevät	Jaotus	Varasto	0	Kevät	Jaotus	Varasto	0	Kevät	Jaotus	Varasto
1977 1. n	2600	2560	2890	2740	3150	2880	3290	2980	2780	2890	3230	2830
2. n	1660	1680	1650	2000	1660	1680	1880	1830	1710	1720	1750	1850
3. n	1970	2110	2070	2030	2050	2050	2000	2040	2250	2090	2210	2020
yht.	6230	6350	6610	6770	6860	6610	7170	6860	6740	6690	7190	6700
1978 1. n	3280	3140	2870	3250	2950	3060	2940	3120	2920	3190	2920	3130
2. n	2550	2370	2480	2570	2380	2490	2380	2650	2520	2080	2130	2400
3. n	2020	1800	1880	1950	1870	1880	1890	1890	2080	1830	2020	1980
yht.	7860	7310	7230	7780	7200	7430	7210	7660	7520	7100	7070	7510
1979 1. n	3150	3090	3200	3080	3080	3230	3070	2990	3110	3280	3400	3210
2. n	2890	3240	2890	3480	2940	3090	3450	2730	2640	3510	3280	2680
3. n	1400	1400	1490	1330	1400	1470	1320	1400	1480	1300	1460	1500
yht.	7440	7720	7570	7890	7420	7800	7840	7130	7230	8100	8140	7390
1980 1. n	3630	3880	3590	3630	3870	3700	3870	3510	3800	3540	4330	3980
2. n	1770	1840	1750	1760	1600	1630	1640	1650	1640	1680	1780	1900
3. n	1480	1570	1470	1510	1440	1460	1430	1550	1380	1490	1470	1490
yht.	6880	7290	6820	6900	6910	6790	6940	6710	6820	6710	7590	7370
1981 1. n	4080	4090	4080	4110	3680	4280	4140	3920	3900	4400	4600	4070
2. n	2020	2270	2310	2090	2270	2120	2350	2120	2030	2520	2420	2250
3. n	1710	1820	1840	1750	1610	1920	1900	1750	1820	2010	1960	1810
yht.	7810	8190	8220	7950	7550	8320	8390	7790	7750	7920	7970	8140

Taulukko 10. Kuiva-ainesadot (kg/ha) Karjalan koeasemalla eri kalium-  
lannoituksilla (K kg/ha) ja -lannoitustavoilla vuosittain  
ja niitoittain

Vuosi/niitto- kerta	Kevätlannoitus				Jaotus		
	0	50	100	200	50	100	200
1976 1. n	2870	2850	1530	2810	2400	2790	2080
2. n	2660	3210	3650	3010	3140	3250	3150
3. n	1720	1730	1620	1810	1830	1780	1720
yht.	7260	7790	6800	7630	7370	7820	6950
1977 1. n	2810	3330	3090	2860	2900	2810	3070
2. n	4450	3700	3900	4200	4180	4180	4180
3. n	1290	1200	1070	1100	1290	1190	1020
yht.	8540	8230	8060	8160	8370	8180	8270
1978 1. n	3910	4480	4660	4630	4220	4460	4800
2. n	3270	3330	3570	3680	3400	3430	3730
3. n	1340	1610	1690	1740	1700	1790	1710
yht.	8520	9420	9920	10050	9320	9680	10240
1979 1. n	2940	4080	4240	4380	4080	4290	4510
2. n	2380	2650	2670	2660	2640	2770	2850
3. n	2150	2340	2810	2980	2870	3110	3440
yht.	7470	9070	9720	10020	9590	10170	10800
1980 1. n	1170	2070	2200	2460	1830	2170	2270
2. n	2170	2610	2300	3340	2350	2670	3020
3. n	1550	2120	2460	2370	2220	2880	3000
yht.	4890	6800	6960	8170	6400	7720	8290

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANON. 1973. Tracing and treating mineral disorders in dairy cattle.  
Julkaisija: Centre for Agricultural Publishing and Documentation,  
Wageningen, The Netherlands.
- KURKI, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. 181 p. Helsinki.
- MELA, T., HAKKOLA, H. & ÄYRÄVÄINEN, K. 1977. Typpi- ja kalilannoituksen  
jaotuksen vaikutus nurmen satoon ja nurmirehun laatuun. Kasvinviljely-  
laitoksen tiedote 6. 27 p.
- MENGEL, K. 1965. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 331 p. Jena.
- PELTOMAA, R., POHJANHEIMO, O. & HUOKUNA, E. 1979. Pintakalkituksen vaiku-  
tus nurmen satoon ja sen N-, P-, Ca- ja Mg-pitoisuuteen. Maantutkimus-  
laitoksen tiedote 6. 24 p.
- RINNE, S-L., SILLANPÄÄ, M., HUOKUNA, E. & HIIVOLA, S-L. 1974. Effects of  
heavy nitrogen fertilization on potassium, calcium, magnesium and  
phosphorus contents in ley grasses. Ann. Agric. Fenn. 13: 96-108.
- SAARELA, I., HAKKOLA, H., LINNOMÄKI, H. & KÖYLIJÄRVI, J. 1981. Nurmen  
pintakalkitus, sadetus, typpi- ja kaliumlannoitus. Monitekijäkokeiden  
tuloksia. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 15. 37 p.
- SILLANPÄÄ, M. 1978. Lannoitus ja kalkitus "vihreän linjan" viljelyssä.  
Maantutkimuslaitoksen tiedote 4. 16 p.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. 1957. Statistical Methods. 534 p. Ames.
- STEEL, R. D. G. & TORREY, J. H. 1960. Principles and procedures of  
statistics with special reference to the biological sciences.  
481 p. New York & London.
- TÄHTINEN, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. Maanvilje-  
lyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 9. 42 p.



