



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 9/90

**KAUKO KOIKKALAINEN, HARRI HUHTA,
PERTTU VIRKAJÄRVI ja REIJO HEIKKILÄ**
Karjalan tutkimusasema

**Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus
heikosti kaliumia pidättävillä mailla**

**JOKIOINEN 1990
ISSN 0359-7652**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 9/90

KAUKO KOIKKALAINEN, HARRI HUHTA, PERTTU VIRKAJARVI JA
REIJO HEIKKILÄ

Pitkääikäisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti
kaliumia pidättävillä mailla

Karjalan tutkimusasema
82600 Tohmajärvi
973-621001

ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

ESIPUHE.....	2
TIIVISTELMÄ.....	3
1. JOHDANTO	4
2. KALIUMIN KASVIFYSIOLOGINEN MERKITYS	5
2.1. Kaliumin esiintyminen kasveissa	5
2.2. Kaliumin tehtävät kasveissa	5
2.3. Kaliumin puutos	6
2.4. Kalium maassa	6
3. MAAN JA KASVIEN KALIUMTALOUS	7
3.1. Maan kaliumtalous	7
3.2. Nurmen kaliumtalous	8
3.3. Kaliumin vaikutus nurmirehun laatuun	9
4. YMPÄRISTÖOLOJEN VAIKUTUS KASVIEN KALIUMTARPEESEEN	10
4.1. Kasvin juuristo	10
4.2. Kaliumin huuhtoutuminen	11
4.3. Maan kosteuden vaikutus kaliumlannoitustarpeeseen	11
4.4. Typpilannoituksen vaikutus kaliumin tarpeeseen	12
4.5. Sadonkorjuun vaikutus nurmen kaliumlannoitustarpeeseen	13
5. NURMEN REAGOINTI KALIUMLANNOITUKSEEN	14
6. AINEISTO JA MENETELMÄT	16
6.1. Koepaikka ja -aika	16
6.2. Koemaan ominaisuudet	18
6.3. Koejärjestelyt ja kokeen perustaminen	18
6.4. Suoritetut havainnot ja mittaukset	20
6.5. Sadosta tehdyt analyysit	20
7. TILASTOLLISET KASITTELYT	21
8. KOETULOKSET	22
8.1. Kuiva-ainesadot	22
8.2. Raakavalkuaispitoisuus ja -sadot	26
8.2.1. Rehusatojen raakavalkuaispitoisuudet	26
8.2.2. Raakavalkuaissadot	29
8.3. Rehusadon kivennäiskoostumus	30
8.3.1. Rehun kaliumpitoisuus	33
8.3.2. Rehun magnesiumipitoisuus	34
8.3.3. Rehun kalsiumpitoisuus	35
8.3.4. Rehun kivennäissuhde K/(Mg+Ca)	35
8.3.5. Rehun K/N-suhde	36
8.4. Maa-analyysitulokset	37
8.4.1. Sadossa poistunut kaliummäärä	39
9. TULOSTEN TARKASTELU.....	41
9.1. Kuiva-ainesadot ja maa-analyysitulokset	41
9.2. Kaliumlannoitus ja sadon rehuarvo	43
9.3. Kaliumlannoitus ja nurmimonokulttuurit	45
9.4. Kaliumlannoitusvaihtoehtoja	46
10. JOHTOPÄÄTÖKSET	51
KIRJALLISUUS	54
LIITTEET	60

ESIPUHE

Tutkimuksen on suunnitellut vuonna 1971 Karjalan tutkimusaseman johtaja MMK Heikki Luostarinen. MMK Reijo Heikkilä vastasi kokeen toteutuksesta vuosina 1975-85 tultuaan koeaseman johtajaksi. Kokeen kenttätöistä vastasi koko ajan tutkimusmestari Matti Laasonen. Tämän tiedotteen teksti perustuu MMK Kauko Koikkalaisen aihetta käsittelevään kasvinviljelytieteen Pro gradu -työhön. Kauko Koikkalainen ja agr. Harri Huhta ovat käsitelleet aineiston. MMK Perttu Virkajärvi on yhdessä Harri Huhtan kanssa muokannut aineiston tiedotteeksi.

Tohmajärvellä lokakuussa 1990

Kauko Koikkalainen

Harri Huhta

Perttu Virkajärvi

Reijo Heikkilä

TIIVISTELMA

Kokeen tarkoituksena oli löytää sopiva kaliumlannoitusmäärä viljeltäessä nurmea useita vuosia samalla peltolohkolla heikosti kaliumia pidättävillä mailla. Kenttäkokeet järjestettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Karjalan tutkimusasemalla vuosina 1973-1985. Kokeeseen kuului kaksi erillistä kenttäkoetta. Toinen sijaitsi metsäsaraturpeella ja toinen hietamaalla. Koekasvina oli timotei. Koemenetelmänä oli satunnaistettujen lohkojen menetelmä. Kerranteita oli neljä ja koejäseniä kuusi: 0, 50, 100, 150, 200 ja 300 kg K_2O /ha. Nurmi perustettiin käyttäen suojaviljana ohraa. Nurmi uusittiin vuosina 1977 ja -81. Typpilannoitus oli 280 kg/ha hiedalla (jaotus eri sadoille 100-100-80) ja 230 kg/ha metsäsaraturpeella (100-80-50). Kaliumlannoitus jaotettiin ensimmäistä nurmijaksoa lukuunottamatta yhtä suurena erinä jokaista satoa varten. Nurmisato korjattiin kolme kertaa kasvukaudessa säilörehuasteella. Sadosta määritettiin kuiva-aine-, raakavalkuais-, K-, Mg-, Ca- ja P-pitoisuus. Maan ravinnepitoisuuden kehittymistä seurattiin maanalyyysien avulla.

Kaliumlannoituksella oli merkitsevä vaikutus sekä kuiva-aine- että raakavalkuaissatoihin. Myös K-, Mg- ja Ca-pitoisuudet olivat tilastollisesti merkitsevästi kaliumlannoituksesta riippuvia. Maan liukoisen kaliumin pitoisuus aleni hyvin nopeasti kokeen alussa, eikä kaliumlannoituksella ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta liukoisen kaliumin pitoisuuteen maassa. Noin 150 kg K/ha näyttää säilyttävän sadon tyydyttävänä jatkuvassa nurmiviljelyssä. Useimpina vuosina tästä suuremmat kaliummäärät eivät enää lisänneet satoa merkitsevästi, mutta sadon kaliumpitoisuus pyrki kohoamaan haitallisen korkeaksi varsinkin nuorena ensimmäisen vuoden sadossa.

1. JOHDANTO

Heinäkasvinurmesta saadaan Suomen olosuhteissa runsaalla typpilannoituksella suuria, nautakarjan ruokintaan soveltuvia valkuaispitoisia satoja suhteellisen varmasti. Nurmenviljelyn voimaperäistyminen etenkin 1970-luvulla toi tullessaan kuitenkin eräitä haittoja. Lannoitteiden käytön ja korjuukertojen lisääntyessä heinien talvehtiminen heikkeni (HUOKUNA ja HIIVOLA 1974), sadon kivennäissuhteet muuttuivat eläinten kannalta epäedullisemmiksi (RINNE ym. 1978), happamuus pyrki lisääntymään ja maan ravinnevarat vähenemään (SILLANPÄÄ ja RINNE 1975).

Suuria satoja tuottava heinäkasvinurmi ottaa kaliumia runsaasti. Toisaalta nurmiheinät käyttävät maan kaliumvarat tehokkaasti tiheän juuristonsa ansiosta. Sadoissa vuosittain poistuvat kaliummäärät ovat 100 - 350 kg/ha käytetystä typpimäärästä riippuen (TAHTINEN 1979, SAARELA ym. 1981). Nurmien kaliumlannoituksen ongelmallisuus johtuu pääasiassa kahdesta seikasta: ensiksi eniten käytetyn kaliumyhdisteen, kaliumkloridin, helpoliukoisuudesta vähän savesta sisältävissä maissa ja toiseksi kasvien taipumuksesta ottaa kaliumia yli fysiologisen tarpeensa (SUONURMI-RASI ja HUOKUNA 1983).

Jos halutaan säilyttää maan kaliumtila hyvänä nurmiviljelyn aikana, joudutaan kaliumia käyttämään ainakin yhtä suurii määriä kuin typpeä (SILLANPÄÄ 1978). Savesta sisältävissä maissa kaliumlannoitustarve on savimineraalin sisältämän kaliumin vuoksi pienempi kuin karkeilla kivennäismailla tai orgaanisilla maalajeilla. Liian runsas kaliumlannoitus on haitallista. Se muuttaa kasvien kivennäispitoisuuden eläimille epäedulliseksi (ETTALA ja KOSSILA 1979). Erityisesti kasvin magnesiumpitoisuus alenee kaliumpitoisuuden noustessa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli löytää sopiva kaliumlannoitusmäärä käytettäessä runsasta typpilannoitusta viljeltäessä timoteita säilörehuksi jatkuvassa nurmiviljelyssä. Tärkeimmällä nurmiviljelyalueella pääasialliset maalajit ovat hieta, turve

ja moreenit. Koska kaliumlannoitus riippuu suuresti maalajista, tutkimuksessa keskityttiin hieta- ja turvemaahan. Tutkimuksessa verrattiin eri kaliummäärien vaikutusta nurmirehusadon määrään, kivennäispitoisuuksiin ja maan ravinnepitoisuuden muutoksiin, kun typpimäärä oli suuri. Koepaikkana oli MTTK:n Karjalan tutkimusasema Tohmajärvellä.

2. KALIUMIN KASVIFYSIOLOGINEN MERKITYS.

2.1. Kaliumin esiintyminen kasveissa

Kalium on välttämätön kaikille eläville organismeille. Normaalisti lehtien kuiva-aineessa on 1,7 - 2,7 % kaliumia (EVANS ja BORGER 1966). Sitä on aina enemmän kuin magnesiumia ja usein enemmän kuin kalsiumia. Maanesteessä kaliumia on sen sijaan vähemmän kuin kalsiumia ja magnesiumia. Kasvit ottavat kaliumin kationina (K^+).

Kalium esiintyy kasvissa pääasiassa liukoisina epäorgaanisina suoloina ja vähemmässä määrin orgaanisten happojen suoloina (FLEMING ja BRERETON 1971). Koska kalium ei sisälly suoranaisesti mihinkään kasveille välttämättömään orgaaniseen yhdisteeseen, se on helposti liikkuva. Kalium läpäisee helposti soluplasman ja liikkuu kasvinosasta toiseen sekä transpiraatiovirtauksissa että nilassa.

2.2. Kaliumin tehtävät kasveissa

Kalium on välttämätön useiden entsyymien aktivaattorina. Kasvin korkean K^+ -pitoisuuden tiedetään olevan hyödyllinen normaalille kehitymiselle (EVANS ja WILDES 1971). Kalium on solunesteen tärkeimpiä ioneja, ja sillä on huomattava merkitys solunesteen osmoottisen potentiaalin muodostumisessa. Ilmarakojen avautumismekanismi toimii osittain kaliumionien avulla (TROLLDENIER 1971). Kalium vaikuttaa kasvien kylmänkestävyyden kehittymiseen

osmoottisen potentiaalin lisääntymisen myötä. Kalium on mukana runsasenergiaisten yhdisteiden muodostamisessa ja niiden toiminnassa sekä hiilihydraatti- ja proteiinisynteesissä (TEEL 1962).

2.3. Kaliumin puutos

Kaliumin puutosoireet muistuttavat veden puutetta: lakastunut ulkoasu, kloroottisia ja ruskeita laikkuja lehtien runsaimmin haihduttavissa reunaosissa ja varsinkin vanhimpien lehtien kokoonkiertyminen (HECHT-BUCHHOLZ 1971). Kasvit eivät pysty tyydyttämään kaliumin tarvetta millään muulla alkalikationilla täysin, vaikka joidenkin kasvien on todettu hyödyntävän natriumia kaliumin saannin ollessa rajoitettu (EVANS ja WILDES 1971). Kaliumin ylimäärä vaikuttaa myös haitallisesti kasvin vesitalouteen, ja ulospäin näkyvät oireet ovat puutosoireiden kaltaisia.

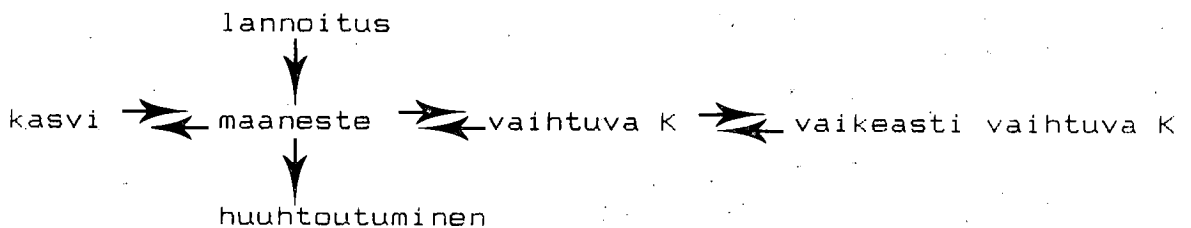
2.4. Kalium maassa

Kalium on yleinen eri mineraaleissa, mm. maasälvissä ja kiilteissä, joista se vapautuu hitaasti rapautumisen tuloksena. Osa kaliumista on adsorboituneena maahiukkasten pintaan ns. vaihtuvana kaliumina, osa on vapaana maanesteessä ja osa savi-mineraalien hilaväleissä, joissa se on tiiviimmin kiinni kuin tavallisesti adsorboituneena ns. vaikeasti vaihtuvassa muodossa (MENGEL ja KIRKBY 1980). Vaikeasti vaihtuvassa muodossa oleva kalium on kuitenkin hitaasti kasvien käytettävissä. Kivennäismaiden kokonaiskaliumpitoisuus on keskimäärin 2,4 %. Vaihtuvana on n. 1 % kokonaiskaliumista. Kalium on turvassa huuhtoutumiselta savimaissa, mutta karkeissa kivennäismaissa ja turvemaisissa huuhtoutuminen on merkittävää (JAAKKOLA 1985).

3. MAAN JA KASVIEN KALIUMTALOUS

3.1. Maan kaliumtalous

Kaliumin fraktiot ja niiden yhteys toisiinsa ovat seuraavan kaavion mukaiset:



Molempiin suuntiin osoittavat nuolet tarkoittavat sitä, että fraktioiden välillä on tasapainotila. Maanesteen ja negatiivisten maahiukkasten ulkopinnoille pidättyneiden vaihtuvien kationien välinen tasapaino saavutetaan muutamassa minuutissa. Savimineraalien ja kiilteiden hilaväleihin sitoutuneen vaikeasti vaihtuvan kaliumin tasapainottuminen kestää vähintään useita viikkoja (MENGEL ja KIRKBY 1980, SAARELA 1982).

Kalium siirtyy kasvin juureen ainoastaan veteen liuenneena. Vaihtuva kalium on kasveille käyttökelpoista, koska maahiukkasten pinnoille pidättyneitä K^+ -ioneja vapautuu maanesteeseen kasvin ottaessa kaliumia juurillaan. Kalium pidättyy yhdenarvoisena kationina orgaaniseen ainekseen hyvin heikosti.

Vaikeasti vaihtuvaa kaliumia vapautuu lähinnä kiilteistä ja niistä muodostuneista savimineraaleista. Kun ympäröivän liuoksen kaliumkonsentraatio lannoitettaessa kohoaa, diffundoituu kaliumioneja takaisin hilaväleihin. Suomen maiden kaliuminsitomistaipumus on todettu laboratoriokokeissa (KAILA 1965), mutta sen ei ole arveltu haittaavan kasvien kaliumin saantia.

Happoliukoinen reservikalium on peräisin pääasiassa kiilteistä ja savimineraaleista. Maasälpien kaliumista vain pieni osa liukenee happoon, eikä sillä ole merkitystä kasvien kaliumin lähteenä peltoviljelyssä (CAMPKIN 1985). Koska kalium ei sitoudu orgaaniseen ainekseen vaikealiukoiseksi yhdisteeksi, turvemaissa ei ole hitaasti vapautuvaa kaliumia juuri lainkaan. Savetussa suossa reservikaliumia saattaa kuitenkin olla jonkin verran, vaikka maa multavuudeltaan olisikin vielä turvetta (SAARELA 1982).

3.2. Nurmen kaliumtalous

Kasvien vaatimukset maan kaliumtilasta ovat vaihtelevia. Suuria "kaliumsatoja" tuottavien nurmien kaliumvarat ehtyvät nopeasti, ja niiden sato pienenee, ellei kaliumtaseen korjaus ole riittävä (PELTOMAA ym. 1978, TAHTINEN 1979, SAARELA ym. 1981, SUONURMI-RASI ja HUOKUNA 1983). Nurmiheinät käyttävät maan ravinnevaroja tiheän juuristonsa avulla tehokkaasti, eikä maanesteen kaliumkonsentraation tarvitse olla korkea niiden kaliuminsaannin turvaamiseksi. Pieni maanesteen kaliumkonsentraatio taas edistää reservikaliumin vapautumista ja hyväksi käyttöä.

Nurmien sadonlisäysten ja maa-analyysilukujen välillä on havaittu negatiivinen korrelaatio (SAARELA 1982), ja kaliumlannoitustarvetta on voitu ennustaa maa-analyysien avulla. Vaihtuvan kaliumin osalta on tärkeä huomata, että tulos vanhenee jopa vuodessa tai kahdessa suurten kaliummäärien poistuessa nurmen sadoissa (SEPPÄNEN 1986).

Useissa nurmikokeissa on todettu, että optimaalinen kaliumpitoisuus riippuu käytetystä typpimäärästä erittäin merkittävästi (MAC LEOD 1964, BAEROG 1977, HERNES 1978, TAHTINEN 1979, von GRUBER 1979, LEDGARD JA SAUNDERS 1982, SAARELA 1983). Kasvien rakenteen ja elintoimintojen valossa tämä on luonnollista, koska typpeä ja kaliumia tarvitaan eniten vilkkaasti

toimivissa kasvinosissa kuten lehdissä (MENGEL ja KIRKBY 1980). Nuoressa, runsaasti typpilannoitetussa heinäkavustossa lehtien osuus on suuri, ja siten myös kaliumin tarve kuiva-ainekiloa kohti on suuri.

3.3. Kaliumin vaikutus nurmirehun laatuun

Kaliumlannoitus vaikuttaa nurmisadon laatuun erittäin merkittävästi, koska se muuttaa vegetatiivisten kasvinosien kivennäiskoostumusta (mm. HALAND 1974, JOLLEY ja LEAVER 1974, BAEROG 1977, JOKINEN 1979, BAADSHAUG 1983, NILSSON 1983, SAARELA 1983, HUOKUNA 1984, SUONURMI-RASI 1985, SEPPANEN 1986). Kaliumioneina (K^+) maassa ja kasveissa esiintyvä kalium vähentää muiden alkali- ja maa-alkalimetallikationien (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) ottoa, mutta ei ilmeisesti paljonkaan vaikuta raskaiden metallien (Cu, Zn, Mn ym.) pitoisuuteen rehussa (TAHTINEN 1979). Kaliumin pitoisuus sadossa riippuu sekä kalium- että typpilannoituksesta ja nurmen iästä. Useissa kokeissa (HALAND 1974, HERNES 1978, TAHTINEN 1979) on huomattu, että kaliumlannoituksen vaikutus tulee esille vasta kolmannelta satovuodesta eteenpäin.

Säilörehuasteella korjatun nurmirehun optimaalisena kaliumpitoisuutena on pidetty 20 mg K kuiva-ainegrammassa (BAEROG 1977). Tämä takaa heinäkavun runsaan kasvun, mutta eläimille riittäisi paljon pienempi kaliumäärä. Runsaan kaliumlannoituksen vaikutuksista pahin lienee sadon magnesiumpitoisuuden aleneminen. Korkean kaliumpitoisuuden on todettu vähentävän ruohon magnesiumpitoisuutta ja alentavan magnesiumin imeytymistä eläinten elimistöön. Tämä lisää riskiä sairastua laidunhalvaukseen eli hypomagnesimiaan (ETTALA ja KOSSILA 1979).

Rehun kalium- ja typpipitoisuuksien suhteen on todettu osoittavan paremmin kaliumin riittävyyttä kuin kaliumpitoisuuden yksinään (SAARELA 1982). Sadon kalium-typpi -suhteen tulisi olla yksi. Niukalla typpilannoituksella sadon K-N -suhteen tulisi olla hiukan yli yksi (TAHTINEN 1979). Jos taas typpilan-

noitus on ollut saatuun satoon verrattuna hyvin suuri, esim. levitettäessä typpeä myöhään syksyllä, optimisato saavutetaan K-N -suhteen ollessa alle yhden (SAARELA ym. 1981). Heinäkasvisadon K-N -suhteen ollessa alle yhden kaliumlannoitusta pitäisi lisätä ja suhdeluvun ollessa huomattavasti yli yhden kaliummääriä tulisi vähentää. Jälkimmäisessä tapauksessa on otettava huomioon, että heinän kaliumpitoisuus alenee nurmen vanhetessa ilman lannoituksen vähennystäkin, jos kaliumlannoitus on tuntuvasti pienempi kuin satojen kaliumsisältö. Mailloja, jotka eivät sisällä mainittavasti savesta ja joiden epäorgaaninen kationinvaihtokapasiteetti on hyvin pieni, sadon K-N -suhde näyttää muuttuvan yhtä monta %-yksikköä kuin kaliumlannoitus muuttuu kilogrammoina satoa kohti (SAARELA 1982).

Luontaisesti vähän kaliumia sisältävien maiden, erityisesti turvemaiden, sadon kaliumpitoisuus on korkea, vaikka maassa on käyttökelpoista kaliumia hyvin vähän. Tällaisilla mailla nurmien kaliumlannoitus pitää antaa kasvia varten erikseen jokaiselle sadolle samaan tapaan kuin typpilannoituskin, eikä maan kaliumtilaa kannata yrittääkään pintalannoituksella parantaa (SAARELA 1986). Maan kaliumtilanne on korjattava nurmen väli vuosina tai uutta nurmea perustettaessa. Vaikka kaliumlannoitteemme ovat nurmiviljelyn kannalta pintalannoitteena liian helppoliukoisia, mullattuna niiden käyttäytyminen muuttuu. HUOKUNA (1984) totesi, että jos suurikin annos (kokeissa 650 kg/ha K) mullataan maahan, kalium ei hietamaallakaan nouse kasviin haitallisen runsaasti, vaan ruohon kaliumpitoisuus pysyy kohtuullisena.

4. YMPARISTÖOLOJEN VAIKUTUS KASVIEN KALIUMTARPEESEEN

4.1. Kasvin juuristo

Monissa tutkimuksissa on korostettu juuripinta-alan kokoa kaliumin diffuusiossa kasvin juuristoon (BARBER 1968, BARBER ym. 1971, BALDVIN 1974, NYE 1977). Kaliumin ottoa rajoittaa

suuresti K^+ -ionien pääsy juuren pinnalle, ja suurin osa ioneista tulee juurikontaktiin diffuusion seurauksena. Siksi tiheä, haarainen ja tasaisesti kehittynyt heinän juuristo on pääsyy siihen, että heinä pystyy absorboimaan suuria määriä kaliumia ja muuttamaan maan liukoisen kaliumin pitoisuuden erittäin pieneksi (ROBINSON 1985). Osaksi tämän vuoksi heinäkasvien kaliumlannoitustarve on suuri.

4.2 Kaliumin huuhtoutuminen

Kaliumin huuhtoutuminen riippuu kaliumin määrästä maanesteessä, sateiden voimakkuudesta ja sateiden jakaantumisesta kasvukauden aikana (MUNSON ja NELSON 1963, SPARKS 1980). Huuhtoutumiselle alttiin kaliumin määrään vaikuttaa maan kaliuminsitomistaipumus, joka puolestaan riippuu savemäärästä, metallioksidien ja -hydroksidien pitoisuudesta sekä orgaanisen aineen määrästä. Huuhtoutumista voidaan vähentää käytännössä pienentämällä maan liukoisen kaliumin määrää, lisäämällä juuriston syvyyttä ja aikaa, jolloin maa on kasvillisuuden peitossa. Hiekkaisilta, keveiltä mailta huuhtoutuminen on runsaampaa kuin jäykiltä savimailta. Hietamaiden viljely on vähentänyt kokeissa kaliumin huuhtoutumista 80-90 % (BERTSCH ja THOMAS 1985). JURGENS-GSCHWIND ja JUNG (1979) totesivat 15-vuotisen lysimetrikokeen tuloksista, että huuhtoutuminen lisääntyi huomattavasti märkinä vuosina.

4.3. Maan kosteuden vaikutus kaliumlannoitustarpeeseen

Maan kosteuden vaikutusta kasvin reagointiin kaliumlannoitukseen on vaikea kokeellisesti todeta. Kun veden saanti on suoraan kasvin kasvua rajoittava tekijä, suuremmilla kaliummäärillä ei ole saatu lannoituskokeissa vaikutusta. Toisaalta kun kuivuus on rajoittanut kasvin kaliumin saantia, kaliumlannoitus voi johtaa sadon lisääntymiseen osaksi siksi, että se stimuloi juuristoa ottamaan vettä syvemmistä maakerroksista.

K^+ -diffuusio ja vaikeasti vaihtuvan kaliumin vapautuminen maanesteeseen riippuu suuresti maan kosteudesta. Optimaalisissa kosteusoloissa kaliumin diffuntoituminen on vilkasta ja vaikeasti vaihtuva kalium kasveille hyödyllinen kaliumlähde (MENGEL ja BRAUNSCHWEIG 1972). Tällaisissa oloissa maassa luonnostaan oleva kalium saattaa riittää kasvin optimikasvuun, eikä kaliumlannoitus lisää satoa. Kuitenkin kuivissa oloissa samalla paikalla ja samalla kasvilla kaliumlannoitus saattaa vaikuttaa satoon. Tämä on pääsyy siihen, että samojen kasvien kaliumlannoituskokeiden tulokset vaihtelevat vuodesta toiseen samoissa paikoissa (MENGEL ja KIRKBY 1980).

Kasvit reagoivat kaliumlannoitukseen erityisesti silloin, kun pintamaa on kuivaa kasvin alkukehityksen aikana. Tässä kasvin kehityksen vaiheessa K^+ -vaatimus kasvin juuren pituusyksikköä kohti on erityisen suuri eli maanesteen K^+ -konsentraation tulee olla korkea (MENGEL ja BARBER 1974). Jos K^+ -konsentraatio on matala, kaliumin diffuntoitumisesta kasvin juureen sattaa tulla kasvua rajoittava tekijä. Useimpien kasvien kaliumin saanti kehityksen aikaisessa vaiheessa on määräävä lopullisessa sadossa, joten kaliumin saantiin tämän kasvuvaiheen aikana tulee kiinnittää erityistä huomiota pyrittäessä maksimisatoon.

4.4 Typpilannoituksen vaikutus kaliumin tarpeeseen

Koska kaliumin tarve on läheisesti yhteydessä rehusadon määrään, saatavilla oleva typpi vaikuttaa ratkaisevasti kaliumin tarpeeseen. Typpi on tavallisesti eniten satoa rajoittava ravinne nurmiviljelyssä (ROBINSON 1985). Kun sato lisääntyy typpilannoituksen vuoksi, kaliumtarve lisääntyy vastaavasti tai kaliumista tulee kasvua rajoittava tekijä.

Maan vaihtuvan kaliumin pitoisuus laskee nopeasti runsaan typpilannoituksen seurauksena, jos kaliumlannoitus on pieni (ADAMS 1973, GEORGE ym. 1979). Suomalaisissa tutkimuksissa (HUOKUNA 1984, SUONURMI-RASI 1985) maan vaihtuvan kaliumin pitoisuuden

todettiin laskevan nurmenviljelyssä kaikilla kokeissa käytetyillä kaliummäärillä heikosti kaliumia pidättävillä mailla.

ADAMSIN (1973) ja GEORGEN ym. (1979) kokeissa rehun K^+ -pitoisuus myös vähentyi lisääntyneen typpilannoituksen vaikutuksesta. Vaikutus oli selvin viimeiseen satoon syksyllä. NELSON (1968) osoitti, että typpilannoitus lisäsi kasvin K^+ -pitoisuutta, jos maan K -pitoisuus oli suuri, mutta vähensi, jos maan K -pitoisuus oli matala. KEMP (1960, 1983) huomasi tutkimuksissaan, että typpilannoitus lisäsi rehun K^+ -pitoisuutta, jos ennen lannoitusta kasvin kaliumpitoisuus oli yli 20 g/kg, mutta vähensi sitä, jos pitoisuus oli ennen lannoitusta alle 20 g/kg. Hänellä oli koekasvina raiheinä (Lolium multiflorum).

TALIBUDEEN ym. (1976) tutkivat N-K -suhteita maassa ja niiden yhteyttä N-K -suhteisiin raiheinässä. He päättelivät, että kasvit rajoittavat kaliumin ottoa typen puutteessa ja typen ottoa kaliumin puutteessa, vaikka toista ravinnetta olisi ylimäärä maassa.

4.5. Sadonkorjuun vaikutus nurmen kaliumlannoitustarpeeseen

Kun nurmi korjataan niittämällä, sen mukana poistuu huomattava määrä ravinteita. Laidunnettaessa suurin osa ravinteista vapautuu heti virtsan ja ulosteiden mukana takaisin peltoon. Kalium ei ole kasvissa orgaanisissa yhdisteissä, joten se vapautuu nopeasti märehtijän ruuansulatuselimistössä. KEMP ja GEURIK (1978) osoittivat, että korkeatuottoinen lypsylehmä erittää 80 % päivittäin ottamastaan kaliumista virtsaan ja lisäksi 10 % ulosteisiin. Vain 10 % kaliumista poistuu maidossa. Täten karjanlannan kaliumlannoitusvaikutus on huomattava, ja se tulee ottaa huomioon nurmia lannoitettaessa. Kun nurmi niitetään säilörehuasteella useita kertoja kasvukauden aikana, kaliumin poistuminen on runsaampaa kuin silloin, kun nurmi korjataan vanhempana esim. kuivaksi heinäksi. Tämä johtuu siitä, että kasvin kasvu on intensiivisintä juuri säilörehuasteella ja sen kaliumpitoisuus on tällöin suurimmillaan. Kasvin iän myötä sen

kaliumpitoisuus laskee (MENGEL ja KIRKBY 1980), kun kasvi siirtää ravinteita juuristoon.

5. NURMEN REAGINTI KALIUMLANNOITUKSEEN

Kaliumlannoitus vaikuttaa satoon, kun kasvien ravinnevaatimus ylittää maasta saatavan ravinnemäärän. Useilla nurmilla kaliumlannoitustarve on suoraan verrannollinen satomäärään, joka määräytyy ensi sijassa käytettävissä olevan typpimäärän mukaan. Siten kaliumlannoitus tulee suhteuttaa käytettävän typpimäärän ja maan kaliuminluovutuskyvyn mukaan. Kokonaiskaliummäärän tulee olla sellainen, että satomäärä on hyvä ja rehun K^+ -pitoisuus sopiva rehun käyttötarkoituksen mukaisesti.

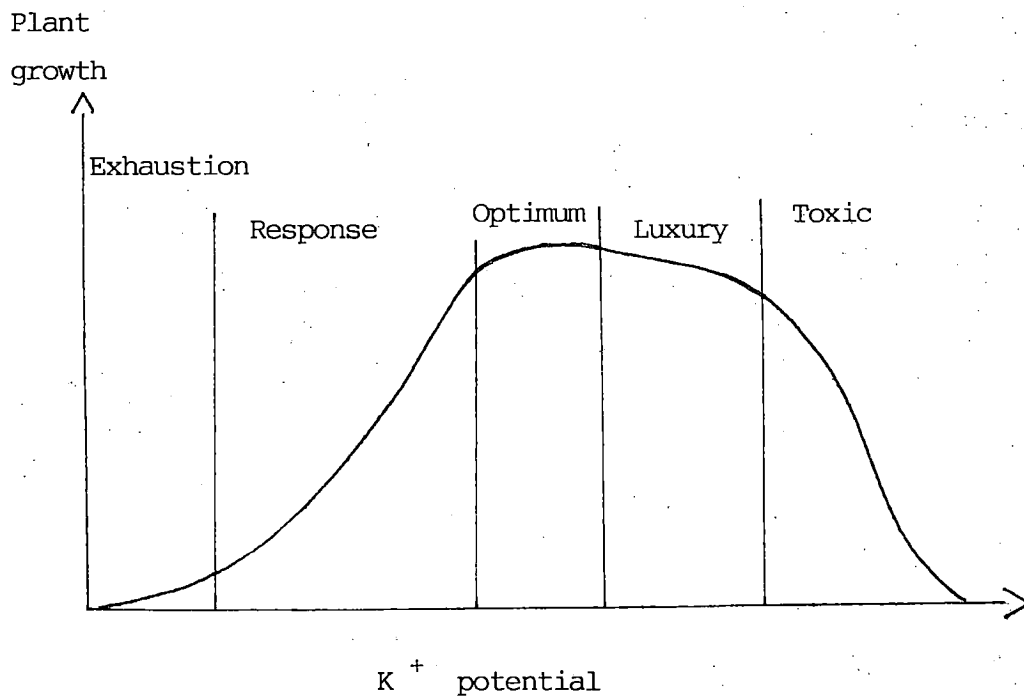
Kaliumpitoisuuteen vaikuttaa N- ja K-lannoitus sekä niiden yhteisvaikutus. Lisääntynyt typpilannoitus vähentää K^+ -pitoisuutta siellä, missä ei käytetä kaliumlannoitusta, ja tämä vaikutus lisääntyy ajan myötä. DUELL ja TROUT (1972) huomasivat, että korkea kaliummäärä suhteessa typpeen aiheutti korkean K^+ -pitoisuuden sadossa, mikä osoittaa, että typpi stimuloi kaliumin ottoa, jos kaliumia on saatavilla maasta.

PENNY ym. (1980) huomasivat, että lannoitettaessa typellä 38 kg/ha/niitto ja kaliumilla 31 kg/ha/niitto K^+ -pitoisuus pysyi sopivana ruohossa ja maan vaihtuvan kaliumin pitoisuus säilyi myös hyvänä. Kaksinkertaistettaessa sekä typpi- että kaliumlannoitus tulos oli yhtäläinen. Molemmissa kokeissa N-K -suhde oli 1:0,82. He päättelivät, että tämän N-K -suhteen lannoitteessa pitäisi täyttää ruohon ravinnevaatimukset, mutta kokeen edistyessä kasvin K^+ -pitoisuus laski joka vuosi hieman. Kuitenkin kolmen koevuoden jälkeen ruohon kaliumpitoisuus oli 23 - 26 g/kg ja maan vaihtuvan kaliumin pitoisuus n. 140 mg/kg. COOKE (1982) osoitti, että kriittinen kaliumpitoisuus viilleillä alueilla Länsi-Euroopassa on n. 16 g/kg, vaikka näin pieniä pitoisuuksia harvoin esiintyy kokeissa. Hän osoitti, että ylitettäessä 20 g/kg kaliumlannoitus ei lisää tilastöllisesti

merkitsevästi satoa, mutta eläinten sairastumisriski laidunhalvaukseen lisääntyy merkittävästi. Kuitenkin hän suosittelee viilleiden alueiden nurmille N-K -suhdetta 1:0,82 kuten PENNY ym. (1980). PALAZZO ja JENKINS (1979) suosittelevat 1:0,9 tai suurempaa arvoa sopivaksi N-K -suhteeksi viilleiden alueiden nurmikasveille.

LAUGHLIN ym. (1973) saivat sadon lähes kaksinkertaistumaan 112 kg/ha kaliumlannoitusmäärällä 6,3:sta 11,5:een tonniin hehtaaria kohti. Sadon kaliumpitoisuus lisääntyi myös kaliumlannoituksen lisääntyessä. Satomäärän ollessa suurin kaliumpitoisuus oli keskimäärin 25 g/kg ensimmäisessä niitossa ja 17 g/kg toisessa niitossa. Korkeammat kaliumpitoisuudet eivät enää lisänneet satoa. Maan vaihtuvan kaliumin pitoisuudet alenivat kaikilla kaliumlannoitusmäärillä. He olettivat ennen koetta, että 186 kg/ha tai sitä suurempi kaliummäärä riittäisi estämään maan kaliumpitoisuuden laskun. Koevuosien aikana sadossa poistuneen kaliumin määrä oli kuitenkin 100-150 % lannoituksessa annetusta kaliummäärästä.

TALIBUDEEN ym. (1976) ovat esittäneet kasvin satomäärän riippuvan käytettävissä olevasta kaliummäärästä kuvan 2 mukaan. Pienellä kaliummäärällä kasvi ryöstää maan kaliumvaroja, kaliumluvut laskevat ja sato on pieni. Tämän jälkeen kasvi reagoi nopeasti lisättyyn kaliumlannoitukseen, ja sato kohoaa lineaarisesti kaliumlannoituksen funktiona, kunnes saavutetaan kaliumlannoituksen ja sadontuoton optimikohta. Tämän jälkeen kaliumlannoitusta lisättäessä sato ei enää nouse, vaikka kasvi ottaa enemmän kaliumia kuin optimaalisessa tilanteessa. Yhä lisättäessä kaliumlannoitusta kaliumkonsentraatio maassa kasvaa niin suureksi, että kaliumista tulee kasville myrkyllinen. Tämän seurauksena sato laskee nopeasti.

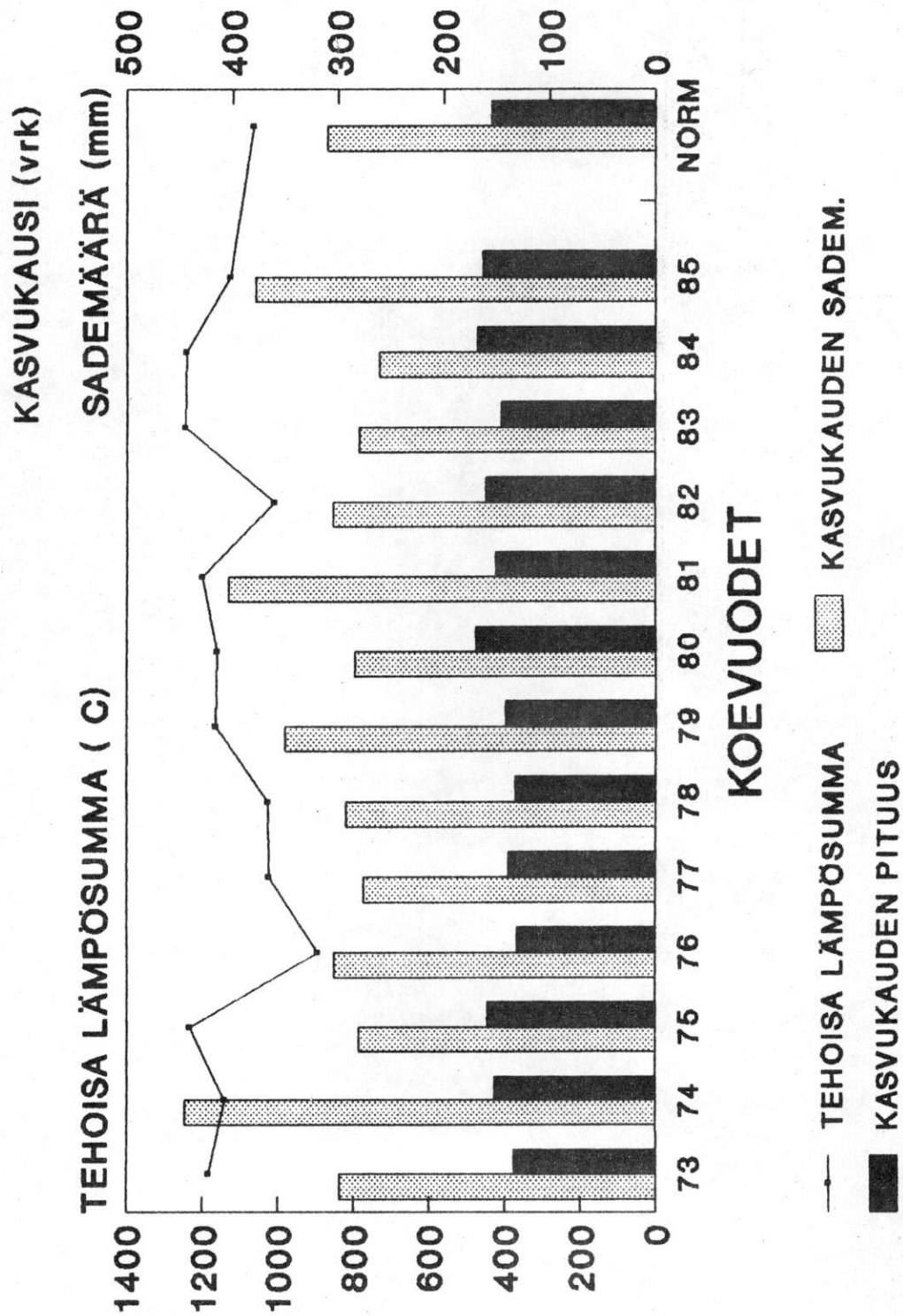


Kuva 1. Kasvin reagointi käytettävissä olevan kaliummäärän mukaan (TALIBUDEEN 1976).

6. AINEISTO JA MENETELMÄT

6.1 Koepaikka ja -aika

Kenttäkokeet järjestettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Karjalan tutkimusasemalla Tohmajärvellä. Kokeet perustettiin vuonna 1972, ja viimeinen sato korjattiin vuonna 1985.



Kuva 2. Sääolot kokeen aikana kasvukausittain ja normaaliarvo (1931 - 60).

6.2. Koemaan ominaisuudet

Koemaiden maalajit olivat metsäsaraturve (LCT) ja hieta (Ht). Ennen kokeen perustamista koepaikoilta määritettiin viljavuusluvut viljavuuspalvelun analyysimenetelmiä käyttäen. Metsäsaraturpeen viljavuusluvut olivat pH 4,8 (keskimäärin Suomessa KURJEN (1979) mukaan 5,1), johtoluku 1,9, kalsium 2256 (2139), kalium 107 (69), fosfori 12,4 (10,3) ja magnesium 201 (229) mg/l. Hietamaan viljavuusluvut olivat vastaavasti pH 5,7 (5,75), johtoluku 0,9, kalsium 941 (1327), kalium 130 (150), fosfori 6,4 (11,3) ja magnesium 59 (182) mg/l. Lohkot, joilla kokeet sijaitsivat, olivat olleet pitkään nurmi-vilja -vuoro-viljelyssä.

Kokeen aikana maan viljavuuden kehittymistä seurattiin ottamalla maanäytteet koejäsenittäin joka syksy viimeisen niiton jälkeen yhdestä kerranteesta. Maanäytteet otettiin kyntökerroksesta ja lisäksi ennen nurmen uusimista jankosta. Maanäytteet analysoitiin MTTK:n Keskuslaboratoriossa ja Maantutkimusosastolla Jokioisissa. Maanäytteistä analysoitiin pH, johtoluku, liukoinen kalsium, kalium, magnesium ja fosfori.

6.3. Koejärjestelyt ja kokeen perustaminen

Kokeeseen kuului kaksi erillistä kenttäkoetta. Toinen sijaitsi metsäsaraturpeella ja toinen hietamaalla. Koekasvina oli timotei. Timoteinurmi perustettiin käyttäen suojaviljana ohraa. Ohrasta korjattiin tuleentunut sato. Nurmesta korjattiin kolme satoa kasvukaudessa neljänä vuonna, minkä jälkeen se uusittiin samoin käyttäen suojaviljana ohraa. Suojaviljalle ei annettu kaliumlannoitusta. Tämän jälkeen nurmisato korjattiin kolmena seuraavana vuonna ja uusittiin sitten käyttäen em. perustamistapaa. Metsäsaraturpeella nurmen uusiminen epäonnistui toisella kerralla runsaiden syyssateiden vuoksi. Kokeelle nousi vesi, ja nurmi kuoli hapenpuutteeseen (-81). Nurmi perustettiin uudelleen seuraavana vuonna. Välivuoden koepaikka oli kesän-

tona. Tästä johtuen metsäsaraturpeelta on 10 satovuotta ja hietamaalta 11 satovuotta tarkasteltavassa aineistossa.

Kenttäkoemenetelmänä oli satunnaistettujen lohkojen menetelmä. Kerranteita oli neljä. Koejäseniä oli kahdessa ensiksi perustetussa nurmessa viisi, ja viimeisen nurmen perustamisen yhteydessä kahteen kerranteeseen lisättiin vielä kuudes koejäsen.

Koejäseninä olivat eri kaliumlannoitusmäärät seuraavasti:

- a. ilman kaliumlannoitusta (0 K₂O)
- b. 41,5 kg K/ha (50 K₂O)
- c. 83,0 kg K/ha (100 K₂O)
- d. 124,5 kg K/ha (150 K₂O)
- e. 166,0 kg K/ha (200 K₂O)
- f. 249,5 kg K/ha (300 K₂O)

Kaliumlannoitus jaotettiin ensimmäiselle nurmijaksolle seuraavasti (luvut K₂O/ha):

- a. ei kaliumlannoitusta
- b. keväällä 50 kg
- c. keväällä 50 kg, 1. niiton jälk. 50 kg
- d. " " , " " , 2. niiton jälk. 50 kg
- e. " " , " " , 2. niiton jälk. 100 kg
- f. ei ollut vielä ko. koejäsentä

Tämän jälkeen kaliumlannoituksen jaotusta muutettiin siten, että jokaista satoa varten annettiin yhtä suuri kaliummäärä. Kaliumlannoituksen jako koejäsenittäin oli seuraava:

- a. ei kaliumlannoitusta
- b. 13,8 kg K/ha/sato (16,7 kg K₂O)
- c. 27,7 kg K/ha/sato (33,3 kg K₂O)
- d. 41,5 kg K/ha/sato (50,0 kg K₂O)
- e. 55,3 kg K/ha/sato (66,7 kg K₂O)
- f. 83,0 kg K/ha/sato (100,0 kg K₂O)

Kaliumlannoitteena käytettiin kalisuolaa, jonka kaliumpitoisuus on 50 % (KIVISAARI 1976).

Fosforilannoitus annettiin yhtenä eränä keväällä superfosfaattina 400 kg/ha, jolloin fosforin määräksi tuli 36 kg P/ha.

Typpilannoitteena käytettiin oulunsalpietaria, joka jaotettiin erikseen joka sadolle. Metsäsaraturpeella typpilannoitus oli 230 kg N/ha jaotettuna siten, että keväällä annettiin 100 kg N/ha, ensimmäisen niiton jälkeen 80 kg N/ha ja toisen niiton jälkeen 50 kg N/ha. Hietamaalla typpeä käytettiin 280 kg/ha (100 + 100 + 80).

6.4. Suoritetut havainnot ja mittaukset

Koeruutujen pinta-ala oli 28 m². Koeruudun pituus oli 8 m ja leveys 3,5 m. Nurmisato korjattiin kolme kertaa säilörehusteella. Kuiva-ainemäärittystä varten korjattiin 1,5 m:n kaistale ruudun pituussunnassa ruudun keskikohdalta. Korjatun alan koko oli 12 m². Tästä otettiin myös valkuais- ja kivennäisainemäärittystä varten tarvittava näyte.

Keväällä kasvustosta tehtiin tiheyshavainnot. Tiheyshavainnot tehtiin myös perustamisvuosina syksyllä nurmen perustamisen onnistumisen toteamiseksi. Kasvuston korkeus mitattiin ennen niittoa. Kasvuston puhtaus määritettiin joko silmävaraisesti ennen niittoa kasvustosta tai botaanisella analyysillä, jos vieraita kasveja oli paljon. Rikkaruohot torjuttiin suojaviljasta.

6.5. Sadosta tehdyt analyysit

Satonäytteet otettiin jokaisesta niitosta erikseen koejäsenittäin. Ne kuivattiin tutkimusasemalla lämpökaapeissa ja lähetettiin Keskuslaboratorioon analysoitavaksi. Satonäytteistä

analysoitiin kokonaistyyppi, kalsium, magnesium, kalium ja fosfori. Suoritettujen analyysien ja kuiva-ainemääritysten perusteella voitiin laskea kuiva-ainesato/ha, sadon raakavalkuaispitoisuus ($6,25 \cdot N$), raakavalkuaissato/ha, rehun K-, Ca- ja Mg-pitoisuus, $K/(Mg+Ca)$, K-N -suhde ja sadossa poistunut kaliummäärä.

7. TILASTOLLISET KÄSITTELYT

Tilastolliset käsittelyt tehtiin Karjalan tutkimusasemalla IBM-mikrotietokoneella SAS-ohjelmistolla.

Sadot oli punnittu koejäsenittäin jokaisesta kerranteesta, joten niistä voitiin tehdä varianssianalyysi vuosittain. Satoanalyysit oli tehty koejäsenittäin, eikä niistä olisi voitu tehdä varianssianalyysia vuosittain koeaineiston pienuuden vuoksi. Kun kerranteiksi otettiin vuodet, voitiin testata myös laatuominaisuuksia, jotka vaikuttavat suuresti rehun ravintoarvoon nautakarjalle. Tämä ei ole tilastomatematisesti aivan hyväksyttävä tapa, sillä vuosien välillä esiintyy suurta vaihtelua. Tämä tuli esille myös varianssianalyyseissä, jossa vuosien välillä esiintyi joidenkin muuttujien kohdalla tilastollisesti merkitsevää vaihtelua. Myös maa-analyysiaineistolle tehtiin varianssianalyysi, jossa muuttujina olivat pH, johtoluku, Ca-, Mg- ja K-pitoisuus. Rehusadolle tehdyssä varianssianalyysissä olivat muuttujina kuiva-ainesato, raakavalkuaispitoisuus, raakavalkuaissato, K-, Mg- ja Ca-pitoisuus, $K/(Mg+Ca)$ ja K-N -suhde. Varianssianalyysin jälkeen suoritettiin parittaiset vertailut keskiarvoerojen testaamiseksi Student-Newman-Keuls (S-N-K)-testillä. Muuttujien ja muuttujiin vaikuttavien tekijöiden välistä riippuvuussuhdetta selvitettiin korrelaatiomatriisilla. Aineistoon sovitettiin myös regressiokäyriä.

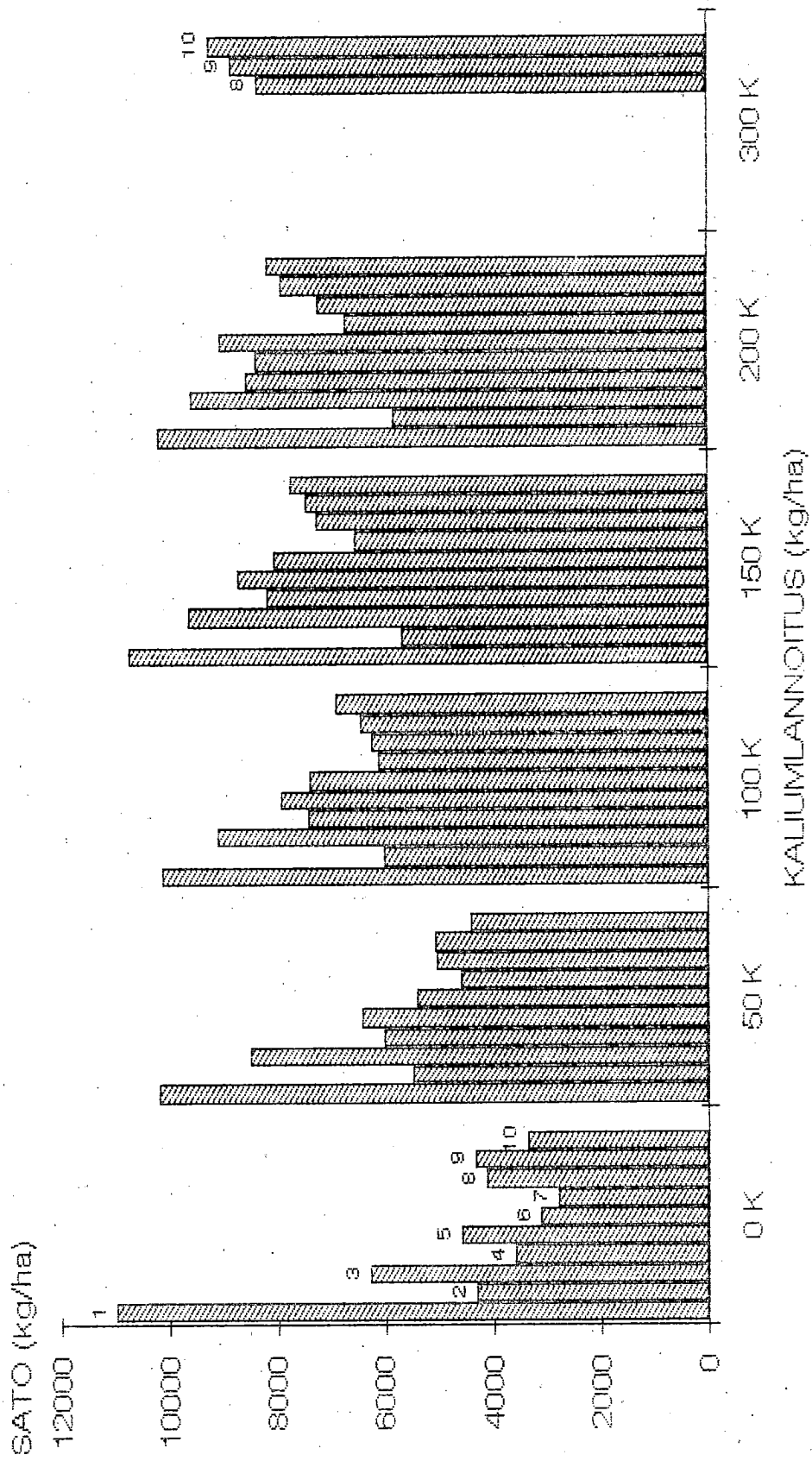
8. KOETULOKSET

8.1. Kuiva-ainesadot

Kuiva-ainesadot olivat ensimmäisenä koevuonna huomattavan suuret. Saraturvemaalla kaikkien koejäsenien kuiva-ainesato oli yli 10000 kg ka/ha. Hietamaalla sato oli n. 1000 kg pienempi. Koejäsenten välillä ei ollut suuria eroja. Toisesta satovuodesta alkaen kaliumlannoitus vaikutti merkittävästi kuiva-ainesatoihin. Kuiva-ainesadot pienenevät huomattavasti ensimmäisen vuoden sadoista. Sadonalennus oli voimakkaampaa turvemaalla kuin kivennäismaalla (kuva 3 ja 4, liite 1 ja 2). Kolmantena koevuonna kuiva-ainesadot kasvoivat, ja olivat suurimmilla lannoitusmäärillä lähellä ensimmäisen vuoden huippusatoja. Satoerot lannoittamattoman ja runsaasti kaliumia saaneen koejäsenen välillä tulivat selvästi esille. Neljäntenä koevuonna satoerot korostuivat entisestään, ja vain kaksi runsaimmin lannoitettua koejäsentä ei eronnut merkittävästi kummallakaan maalajilla. Satoerot olivat suurempia turvemaalla, jossa lannoittamaton koejäsen tuotti yli kaksi kertaa huonomman sadon kuin 200 kg K_2O :ta saanut koejäsen.

Vuosi 1977 oli nurmen osalta välivuosi. Suojaviljasta korjattiin tuleentunut siemensato, jossa havaittiin suuri tilastollisesti erittäin merkittävä satoero saraturvemaalla. Hietamaalla ei ollut merkittäviä satoeroja.

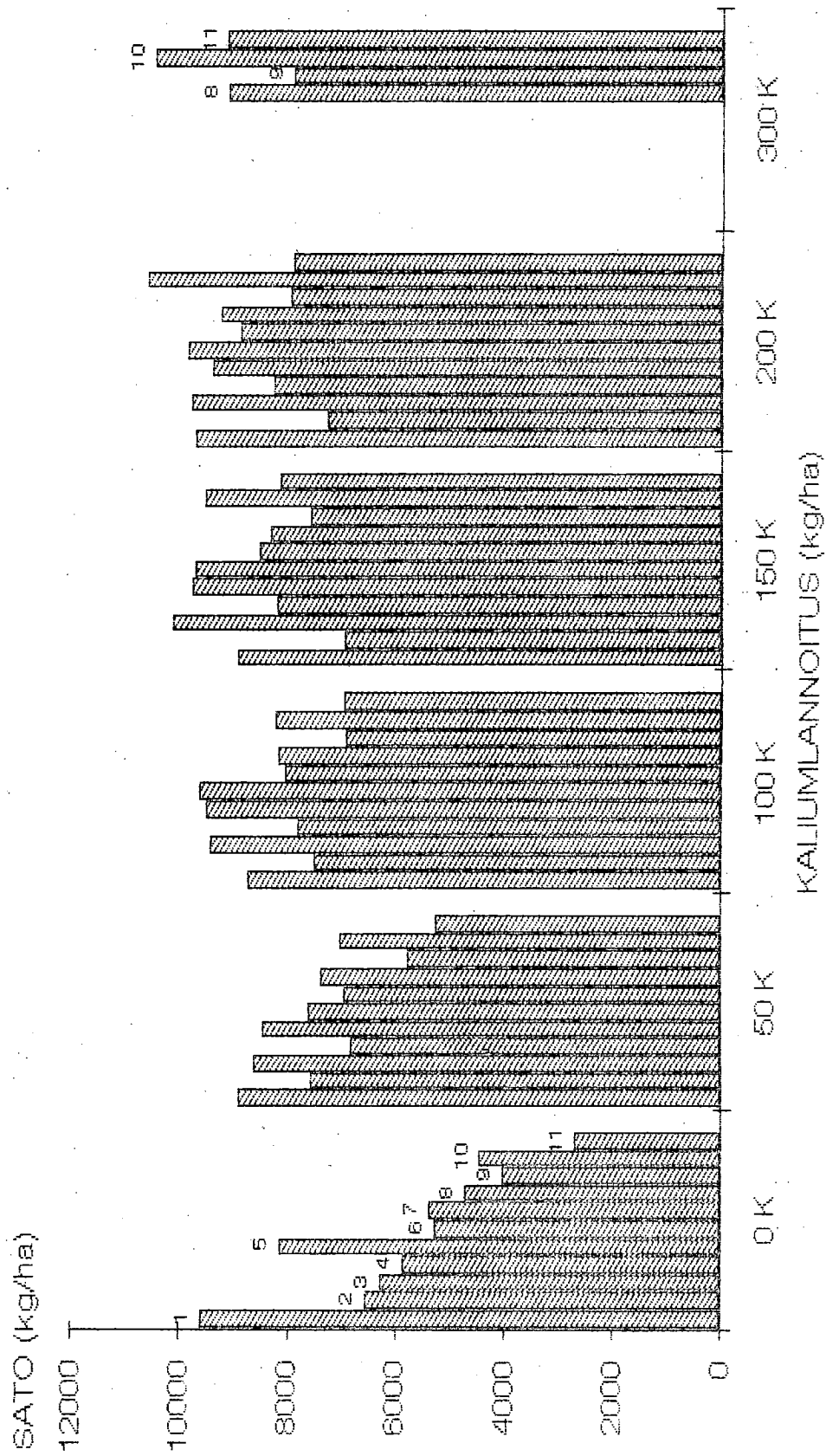
Kun nurmi oli perustettu uudelleen, satoerot tasoittuivat jonkin verran. Erot olivat kuitenkin erittäin merkittäviä lannoittamattomaan koejäseneseen verrattuna. Hietamaalla ilman kaliumlannoitusta viidettä vuotta viljeltävä nurmi tuotti yli 8000 kg ka/ha. Yli 100 kg K_2O :ta saaneet koejäsenet tuottivat vastaavasti n. 1500 kg ka/ha enemmän. Turvemaalla satoerot olivat huomattavasti suuremmat. Kuudentena satovuonna kuiva-ainesatojen erot kasvoivat entisestään. Turvemaalla satoero pienimmän ja suurimman koejäsenen välillä oli noin kolminkertainen.



Kuva 3. Vuosittaiset kuiva-ainesadot koejäsenittäin (Lct)

1 = 1973, 2 = 1974, 3 = 1975, 4 = 1976, 5 = 1978, 6 = 1979

7 = 1980, 8 = 1983, 9 = 1984, 10 = 1985



Kuva 4. Vuosittaiset kuiva-ainesadot koejäsenittäin (Ht)

1 = 1973, 2 = 1974, 3 = 1975, 4 = 1976, 5 = 1978, 6 = 1979

7 = 1980, 8 = 1982, 9 = 1983, 10 = 1984, 11 = 1985

Hietamaalla satoero oli suurentunut kaksinkertaiseksi. Lannoittamaton ja 50 kg K_2O /ha saanut koejäsen erosivat tilastollisesti merkitsevästi muista koejäsenistä. Seitsemäntenä satovuonna satoerot tasoittuivat hieman. Tilastollisesti erot pysyivät kuitenkin merkitsevinä. Turvemaalla lannoittamattoman koejäsenen sato oli pudonnut alle 3000 kg ka/ha. Runsaammin lannoitettu koejäsen tuotti ka-satoa n. 6700 kg/ha. Hietamaalla vastaavat arvot olivat n. 5400 kg ka/ha ja 8900 kg ka/ha.

Vuosi 1981 oli nurmen osalta välivuosi. Nurmi uusittiin käyttäen suojaviljana ohraa, josta korjattiin tuleentunut sato. Saraturvemaalla nurmen perustaminen epäonnistui ja sinne tuli toinenkin välivuosi. Epäonnistumisen syynä oli syksyllä koeruu-
duilla ollut vesi. Kokeeseen lisättiin kumpiinkin päihin uusi koejäsen, joka sai kaliumia K_2O :na 300 kg.

Kahdeksannen koevuoden rehusadot pysyivät jokseenkin muuttumattomina hietamaalla verrattuna edellisen satovuoden rehusatoihin. Ainoa merkittävä ero oli siinä, että lannoittamattoman koejäsenen sato aleni ja kaikkien muiden koejäsenten sato kohosi hieman. Erot olivat lannoittamattoman ja muiden koejäsenten välillä merkitseviä. Turvemaalta ei ole tuloksia tältä satovuodelta.

Yhdeksäntenä satovuonna hietamaalla sadot alenivat, mutta satoerot säilyivät, ja olivat tilastollisesti merkitseviä. Turvemaalla kahden välivuoden jälkeen kaikkien koejäsenten sadot kohosivat. Lannoittamattoman koejäsenen kohdalla sadon nousu oli suurin. Sadon lisääntymisestä huolimatta tilastollisesti merkitsevät erot säilyivät lannoittamattoman ja 50 kg K_2O :ta saaneen koejäsenen kohdalla. Seuraavana koevuonna sadot kohosivat molemmilla maalajeilla. Sadon lisääntyminen oli suurempaa runsaammin lannoitetuilla koejäsenillä, joten satoerot suure-
nivat. Hietamaalla suurimmat sadot olivat yli 10000 kg ka/ha.

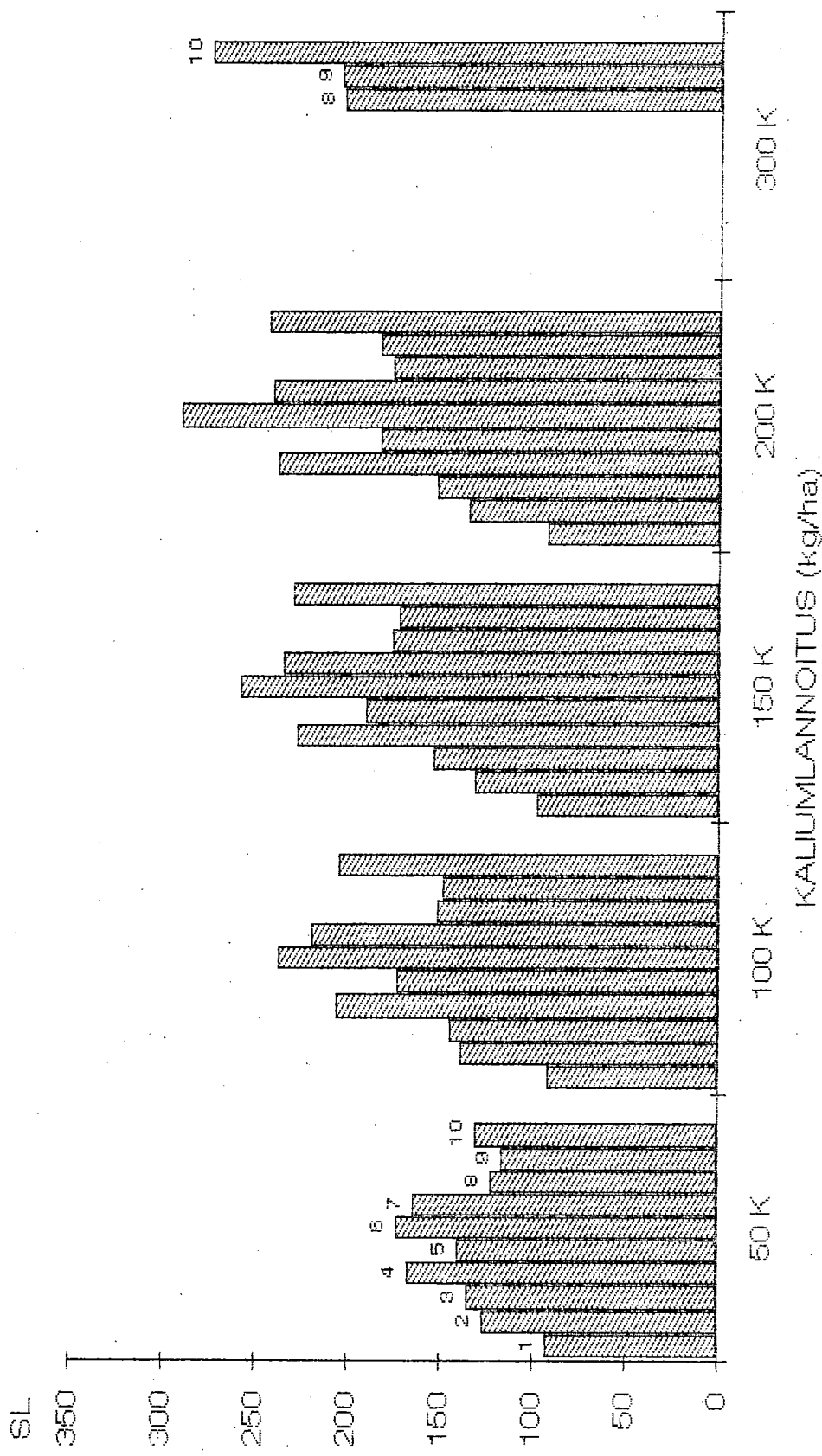
Viimeisenä koevuonna sadot pienenevät lukuunottamatta turvemaan neljää eniten lannoitettua koejäsentä. Kuiva-ainesatoerot koejäsenten välillä suurenevät. Pienimmän ja suurimman koejäsenen välinen ero oli hietamaalla yli kolminkertainen ja turvemaalla n. 2,5-kertainen (kuvat 5 ja 6).

8.2. Raakavalkuaispitoisuus ja -sadot

Rehusadon raakavalkuaispitoisuus ja -sadon määrä vaikuttaa paljon kotieläinten lisävalkuaisstarpeeseen ja tätä kautta kotieläintuotannon kannattavuuteen. Runsastuottoistenkin lypsylehmien valkuaisstarve voidaan tyydyttää hyvin pitkälle nurmisäilörehun avulla, jos sen raaka-aineen valkuaispitoisuus on sopiva. Sopivana raakavalkuaispitoisuutena säilörehuasteella olevassa nurmessa on pidetty 16 - 18 %, mutta nyttemmin on esitetty optimin olevan vain 15 - 16 % (SETALA 1989, HUOKUNA 1990).

8.2.1. Rehusatojen raakavalkuaispitoisuudet

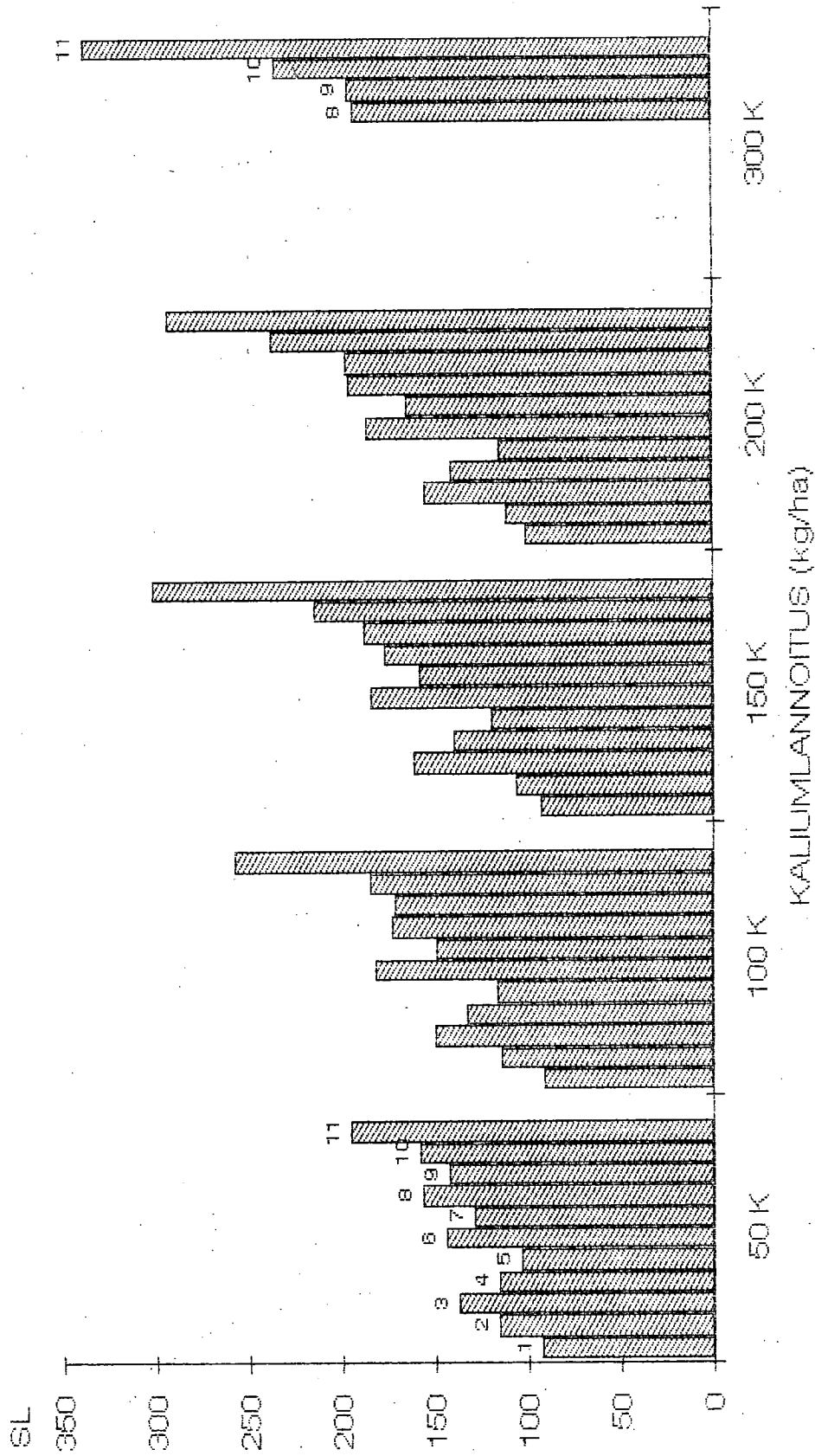
Rehusatojen raakavalkuaispitoisuudet vaihtelivat huomattavasti vuosittain ja niitoittain, mutta myös kaliumlannoituksella oli vaikutusta raakavalkuaispitoisuuteen. Suurimmat raakavalkuaispitoisuuden arvot mitattiin lannoittamattomalta koejäseneltä sekä turve- että hietamaalta. Pienimmät valkuaispitoisuuden arvot olivat runsaimmin kaliumia saaneilla koejäsenillä. Valkuaispitoisuus vaihteli koko koeaineistossa turvemaalla 13,2 - 29,0 % ja hietamaalla 12,8 - 27,4 % yksittäisissä niitoissa. Vuosittain laketuissa keskiarvoissa vaihtelu oli pienempi (taulukko 1). Suurin valkuaispitoisuus oli hietamaalla 23,4 % ja pienin 13,4 %. Vastaavat arvot turvemaalla olivat 22,6 % ja 14,4 %, joten vaihtelu oli pienempää turvemaalla.



Kuva 5. Vuosittaiset kuiva-ainesadot koejäsenittäin suhdelukuina.

Koejäsen 0 K = 100. Ict.

- 1 = 1973, 2 = 1974, 3 = 1975, 4 = 1976, 5 = 1978,
- 6 = 1979, 7 = 1980, 8 = 1983, 9 = 1984, 10 = 1985



Kuva 6. Vuosittaiset kuiva-ainesadot koejäsenittäin suhdelukuina. Koejäsen 0 K = 100. Ht.

1 = 1973, 2 = 1974, 3 = 1975, 4 = 1976, 5 = 1978,

6 = 1979, 7 = 1980, 8 = 1982, 9 = 1983, 10 = 1984, 11 = 1985

Taulukko 1. Raakavalkuaispitoisuuden keskiarvot koko koeaikana. Raakavalkuaispitoisuuksien välinen ero on tilastollisesti merkitsevä eri kaliummäärillä samalla maalajilla, jos indeksit (a ja b) eroavat toisistaan (SNK-testi).

kaliumlannoitus		RAAKAVALKUAISPITOISUUS (%)	
		hietamaa	turvema
0	K	19,39 a	19,61 a
50	K	18,03 a b	18,47 a b
100	K	17,71 a b	17,21 a b
150	K	17,02 a b	17,12 a b
200	K	17,03 a b	16,67 b
300	K	16,68 b	17,03 a b

Kaikista koejäsenistä laskettu raakavalkuaispitoisuuden keskiarvo oli sama molemmilla maalajeilla. Keskiarvo 17,7 % osoittaa, että korjuuajankohta oli ollut lähellä oikeaa, koska koevuosina vallinneen käsityksen mukaan hyvältä säilörehulta vaadittiin 18 - 19 % valkuaispitoisuutta, ja tiedetään, että korjuuajan viivästyessä valkuaispitoisuus alenee nopeasti varsinkin kevätsadossa (MELA ym. 1977).

8.2.2. Raakavalkuaissadot

Raakavalkuaissadot vaihtelivat 500 - 1 500 kg/ha turvemaalla ja 600 - 1 700 kg/ha hietamaalla kaliumlannoituksen ja vuoden mukaan (kuvat 7 ja 8). Raakavalkuaissato oli tilastollisesti merkitsevästi kaliumlannoituksesta riippuva (taulukko 2). Vuosittainen vaihtelu ei ollut merkitsevää tilastollisesti, vaikka vaihtelut olivatkin suuria.

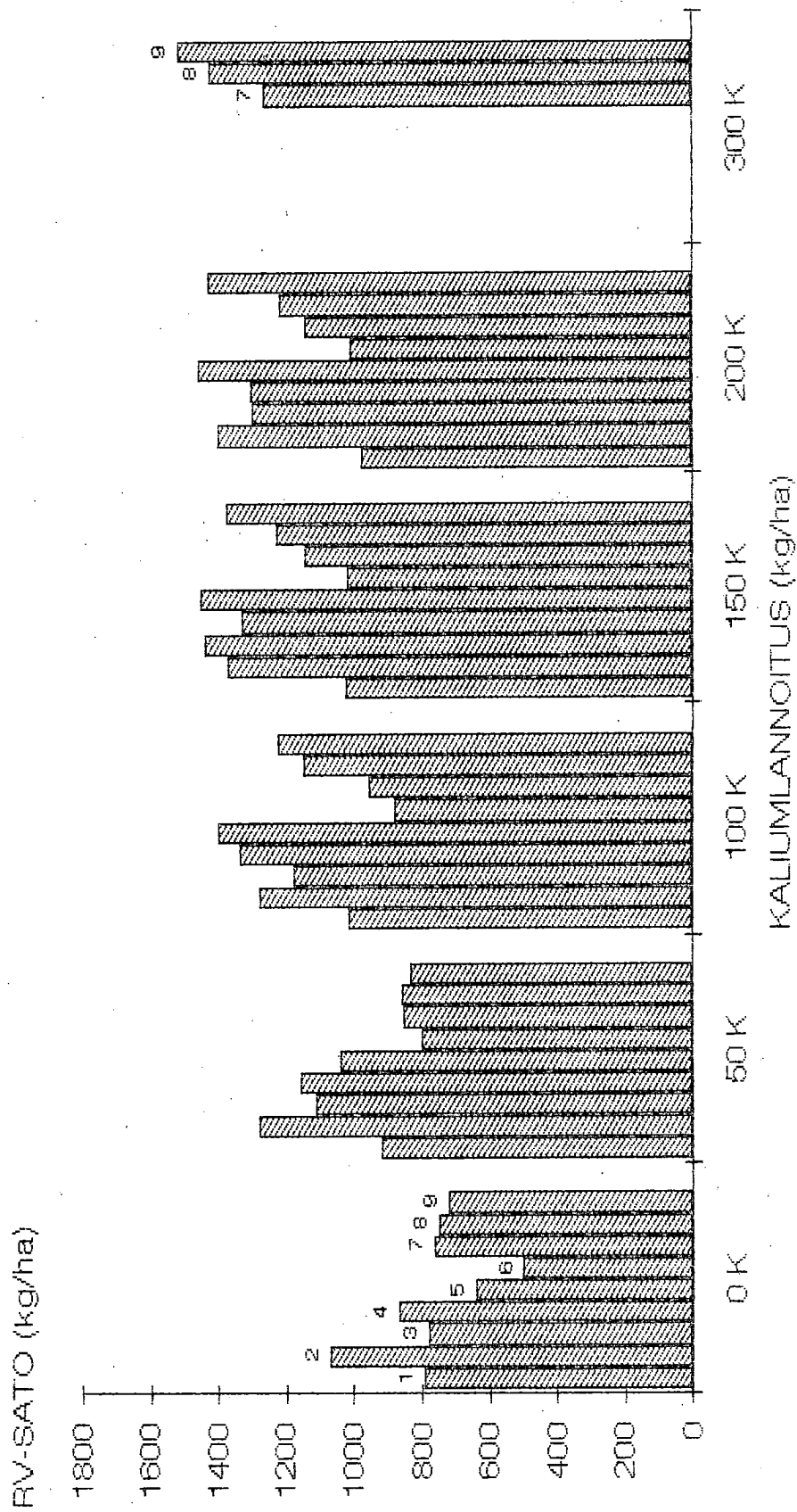
Raakavalkuaissato jäi pienimmäksi ilman kaliumlannoitusta kummallakin maalajilla. Turvemaalla erot alkoivat näkyä ensimmäisistä koevuosista alkaen, mutta hietamaalla ne näkyivät selvästi vasta kuudennesta satovuodesta alkaen.

Taulukko 2. Raakavalkuaissadot eri kaliummäärillä. Kun indeksit eroavat toisistaan, raakavalkuaissatojen välinen ero on tilastollisesti merkitsevä saman maalajin kohdalla.

kaliumlannoitus		RAAKAVALKUAISSADOT (kg/ha)	
		hietamaa	turvemaa
0	K	1000 b	765 b
50	K	1192 a b	984 a b
100	K	1353 a	1168 a b
150	K	1362 a	1268 a
200	K	1397 a	1259 a
300	K	1405 a	1403 a

8.3. Rehusadon kivennäiskoostumus

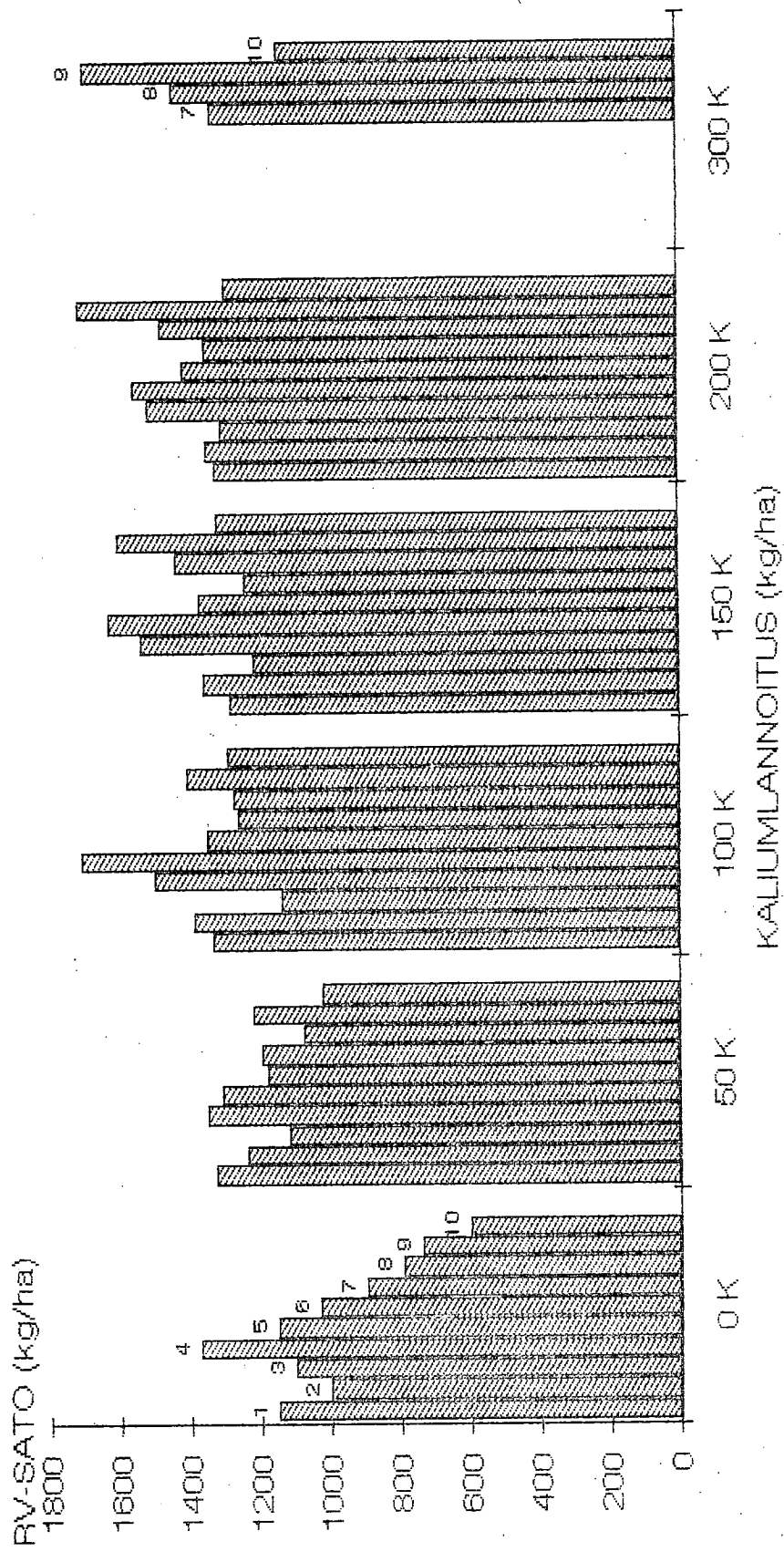
Rehun kivennäiskoostumuksella on merkitystä eläinten ruokinnassa. Pelkkä kivennäisaineiden määrä ei yksin ratkaise, vaan niiden keskinäisellä suhteella on merkitystä tarkasteltiinpa asiaa kasvin tai eläimen kannalta. Kalsium, magnesium ja kalium kilpailevat keskenään kasvien ravinteiden otossa; jos yhtä on maassa liikaa, se vähentää muiden ravinteiden ottoa. Kalium syrjäyttää kuitenkin helpommin magnesiumia ja kalsiumia kuin päinvastoin (SEPPÄNEN 1986).



Kuva 7. Vuosittaiset raakavalokuaissadot (Ict).

1 = 1974, 2 = 1975, 3 = 1976, 4 = 1978, 5 = 1979,

6 = 1980, 7 = 1983, 8 = 1984, 9 = 1985



Kuva 8. Vuosittaiset raakavalkuaissadot (Ht).

1 = 1974, 2 = 1975, 3 = 1976, 4 = 1978, 5 = 1979, 6 = 1980,

7 = 1982, 8 = 1983, 9 = 1984, 10 = 1985

8.3.1. Rehun kaliumpitoisuus

Rehun liian korkean K-pitoisuuden on todettu olevan haitallinen eläimille. Rehun K-pitoisuus vaihteli sekä vuosittain että koejäsenittäin erittäin merkittävästi. Koejäsenistä vain kahden suurimman koejäsenen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Kasvin kannalta riittäväksi kaliumpitoisuudeksi on esitetty 1,7 % kuiva-aineessa (SUONURMI-RASI ja HUOKUNA 1983). Tässä kokeessa rehun K-pitoisuus nousi em. rajan yli jo, kun käytettiin 50 kg K₂O/ha sekä hietamaalla että turvemaalla (taulukko 3). Kaikkien koejäsenten sadon K-pitoisuus oli yli suositellun raja-arvon kahtena ensimmäisenä koevuonna. Neljännestä koevuodesta alkaen turvemaalla kolmen pienimmän koejäsenen K-pitoisuus ei noussut yli 1,7 %. Hietamaalla 0 ja 50 kg K₂O/ha saanut koejäsen jäivät K-pitoisuudessa yhtä vuotta lukuunottamatta alle 1,7 %. Suurimmat K-pitoisuudet mitattiin suurimmilla kaliumlannoitusmäärillä, ja ne olivat molemmilla maalajeilla yli 3 %.

Kaliumpitoisuudet olivat keskimäärin suurimmat toisen vuoden nurmilla ja alenivat nurmen vanhetessa. Ensimmäisen ja toisen vuoden nurmen ero oli hyvin pieni.

Taulukko 3. Keskimääräiset kaliumpitoisuudet eri kaliumlannoitusmäärillä. Kaliumpitoisuuden erot ovat merkitseviä, mikäli indeksit eroavat toisistaan maalarikohtaisesti.

kaliumlannoitus		KALIUMPITOISUUS (%)	
		hietamaa	turvamaa
0	K	1,39 a	1,25 a
50	K	1,62 b	1,52 b
100	K	1,99 c	1,81 c
150	K	2,37 d	2,26 d
200	K	2,65 e	2,49 e
300	K	2,67 e	2,63 e

Kaliumlannoituksen ja kaliumpitoisuuden välillä oli erittäin merkitsevä riippuvuus. Korrelaatiokertoimen arvo oli 0,62 molemmilla maalajeilla eli mitä enemmän rehua oli lannoitettu, sitä korkeammaksi sen K-pitoisuus tuli, ja K-pitoisuuden voitiin osoittaa riippuvan kaliumlannoituksesta.

8.3.2. Rehun magnesiumpitoisuus

Runsaan kaliumlannoituksen on todettu vähentävän rehun magnesiumpitoisuutta, ja tästä on ollut haittaa varsinkin, kun rehun nitraattipitoisuus on samalla ollut korkea (SEPPÄNEN 1986). Sadon magnesiumpitoisuudet olivat pienimmillään kokeen alussa ja nousivat varsinkin hietamaalla kokeen jatkuessa. Lannoittamattoman koejäsenen magnesiumpitoisuuden arvot olivat suurimmat kummallakin maalajilla (taulukko 4). Kaliumlannoituksella todettiin olevan erittäin merkitsevä (***) vaikutus sadon magnesiumpitoisuuteen. Tulokset olivat samansuuntaiset sekä hietamaalla että turvemaalla.

Taulukko 4. Keskimääräiset magnesiumpitoisuudet koejäsenittäin.

Tilastollisesti magnesiumpitoisuuden erot ovat merkitseviä silloin, kun indeksit eroavat saman maalajin kohdalla.

kaliumlannoitus		MAGNESIUMPITOISUUS (mg/ka g)	
		hietamaa	turvema
0	K	2,80 a	3,03 a
50	K	2,41 b	2,70 b
100	K	2,06 c d	2,33 c
150	K	1,81 c d	2,12 c d
200	K	1,66 d	1,84 d
300	K	1,81 c d	1,81 d

Kaikkien koejäsenten magnesiumpitoisuuden arvot olivat korkeampia turvemaalla. Tämä on selitettävissä sillä, että turvemaassa oli viljavuustutkimuksen mukaan liukoista magnesiumia enemmän kuin hietamaassa.

8.3.3. Rehun kalsiumpitoisuus

Kalsium on magnesiumin ohella toinen kationi, jonka pitoisuuden kaliumlannoituksen tiedetään vaikuttavan. Sadon kalsiumpitoisuus vaihteli enemmän kuin magnesiumpitoisuus. Vuosittainen vaihtelu oli suurempaa turvemaalla kuin hietamaalla. Hietamaalla kalsiumpitoisuus oli pienimmillään aivan kokeen alussa ja lisääntyi kokeen edetessä kaikkien lannoitusmäärien kohdalla. Kalsiumpitoisuuden arvot olivat suurimmillaan kokeen lopussa. Tällöin myös eri koejäsenten väliset erot olivat suurimmillaan. Vanhimmassa nurmessa kalsiumpitoisuus oli korkeampi kuin nuoressa ensimmäisen vuoden nurmessa.

Turvemaalla kalsiumpitoisuuden muuttuminen ei ollut yhtä suoraviivaista kuin hietamaalla (taulukko 5). Kalsiumpitoisuuden riippuminen kaliumlannoituksesta oli kuitenkin tilastollisesti erittäin merkitsevää (***) .

Taulukko 5. Keskimääräiset kalsiumpitoisuudet koejäsenittäin.

Indeksien merkitys sama kuin taulukossa 4.

kaliumlannoitus		KALSIUMPITOISUUS (mg/ka g)	
		hietamaa	turvema
0	K	6,08 a	5,48 a
50	K	5,45 b	4,94 b
100	K	4,32 b c	4,58 b c
150	K	4,32 c	4,20 d c
200	K	4,12 c	3,91 d
300	K	4,58 c	3,78 d

8.3.4. Rehun kivennäissuhde K/(Mg+Ca)

Pelkkä yksittäisen kivennäisaineen määrä ei ratkaise rehun soveltuvuutta ja sen arvoa eläinten ruokinnassa vaan kivennäisaineiden keskinäiset suhteet. K/(Mg+Ca) -suhde on osoit-

tautunut hyväksi arvioitaessa rehun kivennäispitoisuutta ja sen soveltuvuutta märehitjölle. Kun ravinnesuhteen arvo on ollut alle 2,2 milliekvivalentteina laskettuna, kivennäissuhde on ollut hyvä eläinten terveyden kannalta (ETTALA ja KOSSILA 1979). Kaikkien koejäsenten em. suhde oli kolmena ensimmäisenä koevuonna yli kahden. Neljännessä koevuodesta alkaen kaikkien koejäsenten kivennäisaineiden ekvivalenttisuhte oli alle kahden lukuunottamatta saraturvemaan suurinta koejäsentä viimeisenä koevuonna. Pienimmillään suhde on ollut alle 0,5 sekä hietamatta turvemaalla. Koko koeaineistosta lasketuissa keskiarvoissa ekvivalenttisuhteen arvo ei ylittänyt arvoa 2,2 millään kaliumlannoitusmäärällä (taulukko 6).

K/(Mg+Ca)-suhteen ekvivalenttisarvo riippui erittäin merkittävästi kaliumlannoituksesta. Myös vuosittainen vaihtelu oli erittäin merkittävää. Korrelaatiokerrointen arvot olivat 0,57 hietamalla ja 0,63 turvemaalla.

Taulukko 6. K/(Mg+Ca)-suhteen ekvivalenttisarvot. Indeksien merkitys on sama kuin edellä.

kaliumlannoitus		K/(Mg+Ca) EKVIVALENTTIARVO	
		hietamaa	turvemaa
0	K	0,83 a	0,64 a
50	K	1,00 b	0,92 b
100	K	1,32 c	1,19 c
150	K	1,77 d	1,59 d
200	K	2,05 e	1,89 e
300	K	1,82 d	2,00 e

8.3.5. Rehun K/N-suhde

Rehun K/N-suhteen avulla pystytään arvioimaan kasvin kasvulle riittävää kaliumin saantia. Tässä kokeessa K/N-suhde vaihteli

erittäin merkitsevästi koejäsenittäin sekä hieta- että turvemaalla. Pienimmän kaliummäärän saaneilla koejäsenillä K/N-suhde jäi alle 0,5:n, mikä osoittaa, että kasvi kärsi kaliumin puutetta (taulukko 7). Turvemaalla kaikki muut koejäsenet paitsi kaksi suurinta koejäsentä erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Hietamaalla erot olivat pienempiä siten, etteivät 0 ja 1 eivätkä 4 ja 5 eronneet toisistaan. Muut erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

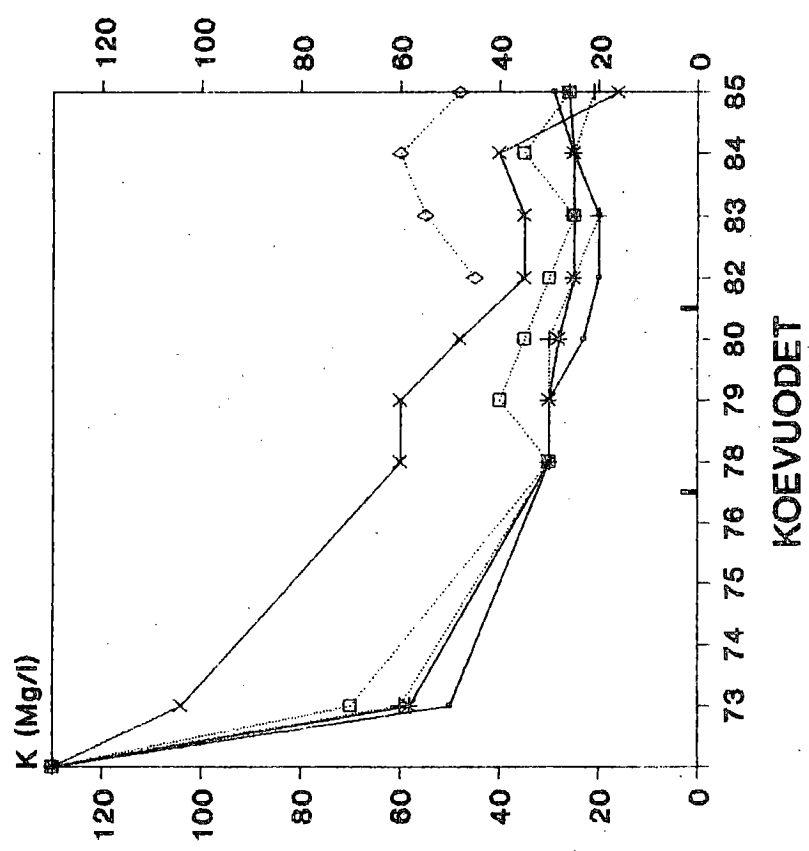
Suurimmillakin lannoitusmäärillä suhteen K/N arvo kohosi vain 1,05:een. Tämä arvo saavutettiin hiedalla. Turvemaalla suurin keskimääräinen arvo koko koeajalta oli 1,00. Yksittäisten niittojen ja vuosien arvot poikkesivat tästä huomattavasti.

Taulukko 7. K/N-suhteen arvot koejäsenittäin. Indeksien merkitys sama kuin edellä.

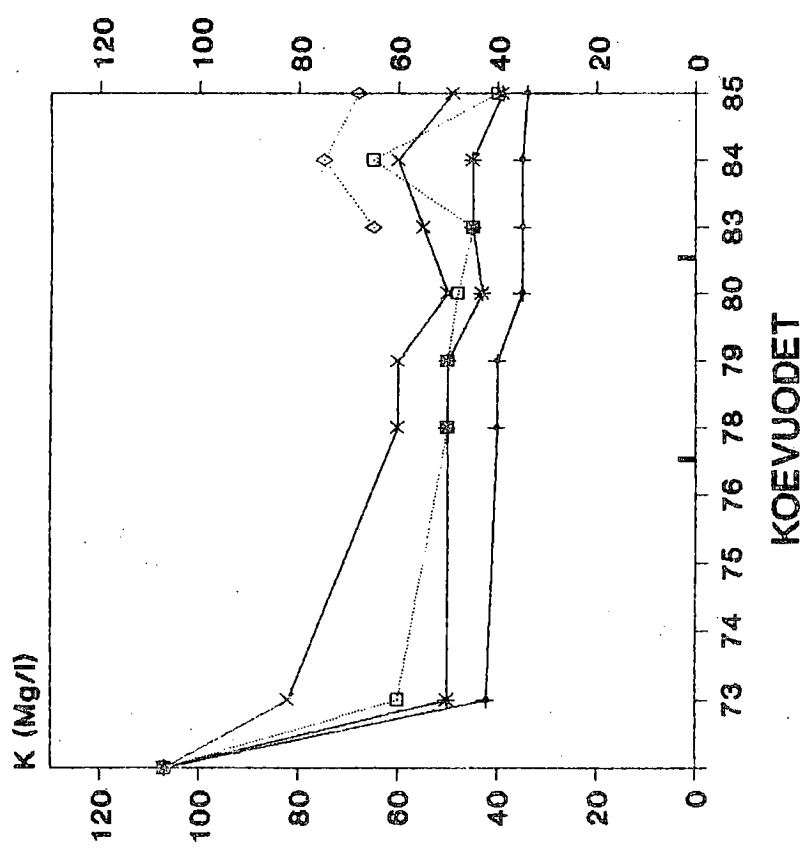
kaliumlannoitus		K/N-SUHDE	
		hietamaa	turvema
0	K	0,48 a	0,37 a
50	K	0,59 a	0,50 b
100	K	0,72 b	0,63 c
150	K	0,89 c	0,81 d
200	K	1,03 d	1,00 e
300	K	1,05 d	0,99 e

8.4. Maa-analyysitulokset

Kokeen alussa suhteellisen korkealla ollut vaihtuvan kaliumin pitoisuus laski nopeasti kokeen alussa. Kaliumluvun aleneminen ei ollut tilastollisesti kaliumlannoituksesta riippuvaa. Aleneminen oli melkein yhtä voimakasta kaikilla kaliumlannoitusmäärillä (kuvat 9 ja 10). Ainoastaan kaikkein suurin kaliumlannoitusmäärä erosi parittaisessa vertailussa muista koejäsenistä.



Kuva 10. Maan kaliumluvun muuttuminen kokeen aikana (Ht).
 Kokeen alussa kaliumluku oli 130 mg/l.

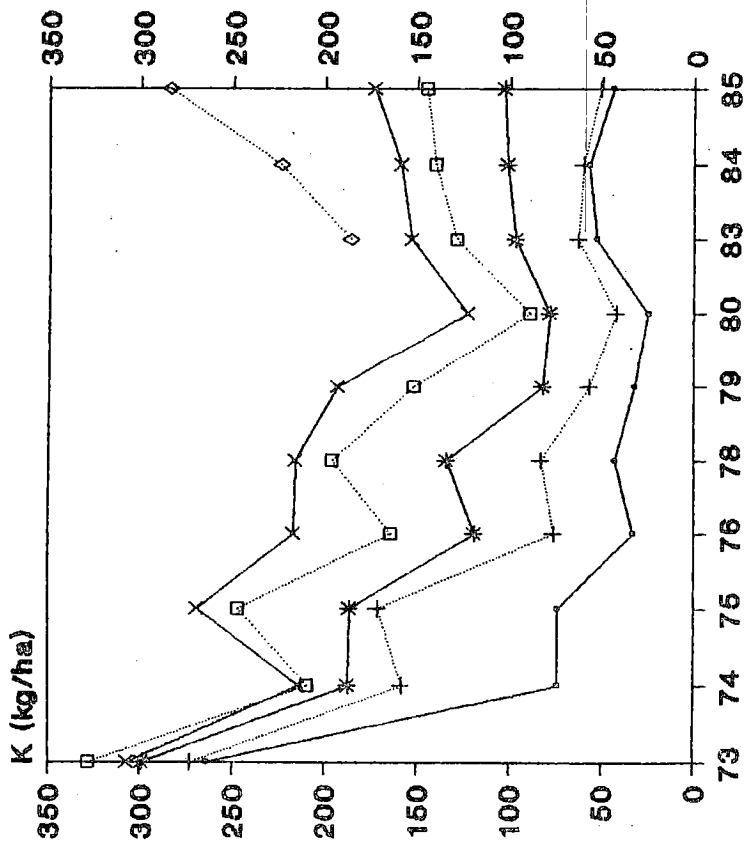
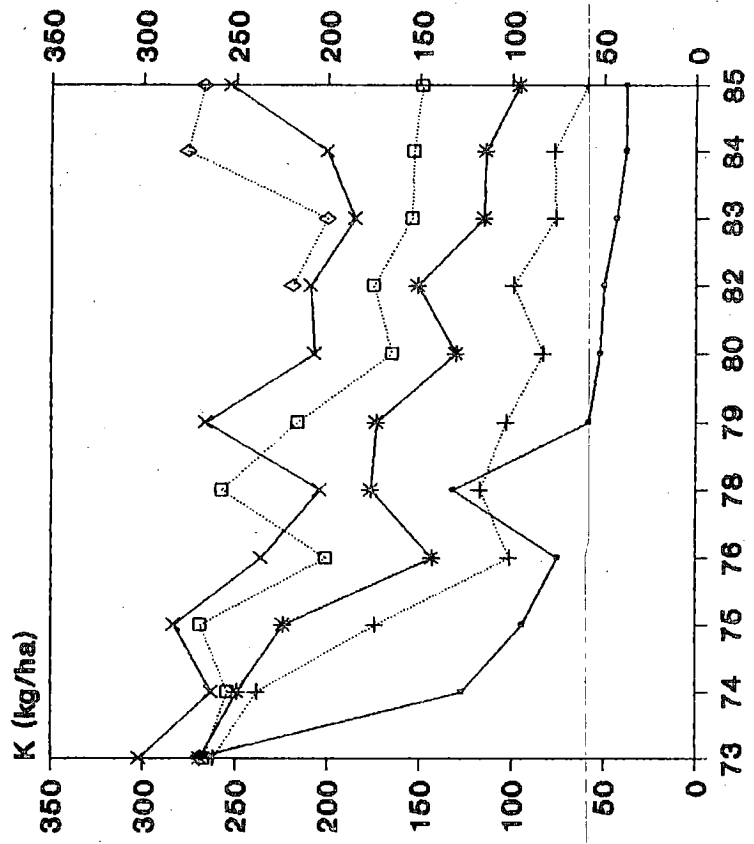


Kuva 9. Maan kaliumluvun muuttuminen kokeen aikana (Lct). Kokeen alussa kaliumluku oli 107 mg/l.

Hietamaalla kaliumlannoituksella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus johtolukuun. Suurimman koejäsenen arvo erosi merkittävästi muista koejäsenistä. Turvemaalla johtoluku pysyi melkein muuttumattomana. pH-arvoon kaliumlannoitus ei vaikuttanut kummallakaan maalajilla. Ca-pitoisuuden arvo riippui merkittävästi kaliumlannoituksesta hietamaalla. Suurimman koejäsenen Ca-luku erosi muista koejäsenistä. Turvemaalla Ca-pitoisuudessa ei ollut tilastollisesti merkittäviä eroja. Mg- ja fosforipitoisuuteen kaliumlannoituksella ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta, vaikka suurimman koejäsenen Mg-pitoisuus erosikin S-N-K-testissä muista koejäsenistä hietamaalla.

8.4.1. Sadossa poistunut kaliummäärä

Laskettaessa sadossa poistuneita ravinnemääriä huomattiin, että ne olivat kokeen alussa suurempia kuin lannoituksessa oli annettu (kuvat 11 ja 12). Kokeen edetessä sadossa poistuneet ravinnemäärät ja lannoituksessa annetut ravinnemäärät vastasivat melko hyvin toisiaan lukuunottamatta ilman kaliumlannoitusta jäänyttä koejäsentä. Tällä koejäsenellä maasta poistui jatkuvasti kaliumia, vaikka sitä ei lannoituksessa annettukaan. Hietamaalla sadossa poistuneet ravinnemäärät olivat keskimäärin suuremmat kuin turvemaalla. Hietamaan sadot olivat noin 10 % suurempia kuin turvemaan sadot. Maan K-pitoisuus oli hietamaalla korkeampi kuin turvemaalla, ja se laski hietamaalla enemmän ja alemmaksi kuin turvemaalla (kuvat 9 ja 10). Tässä tulee esille turvemaan puskurointikyky ravinnemuutoksia vastaan.



Kuva 11. Sadossa poistunut kalium (Lct).

Kuva 12. Sadossa poistunut kalium (Ht).

9. TULOSTEN TARKASTELO

9.1 Kuiva-ainesadot ja maa-analyysiluvut

Kaliumlannoituksen vaikutus riippuu TAHTISEN (1979) mukaan maan kaliumpitoisuudesta ja käytetystä typpilannoituksesta. Tässä kokeessa typpilannoitus oli sama kaikilla koejäsenillä: hietamaalla 280 kg/ha ja saraturvemaalla 230 kg/ha. Sopivina nitraattilukuina heinäkasveilla pidetään 30-50 mg/l (ANON. 1984). Tämä vastaa timoteivaltaisella säilörehunurmella saraturvemaalla 40-60 kg N/ha ja hietamaalla 70-90 kg N/ha korjuukertaa kohti, kun säilörehu korjataan kolme kertaa kesässä. Tässä kokeessa turvemaan N-lannoitus oli suositeltua suurempi ja hietamaalla suosituksen mukainen. Turvemaan runsas typpilannoitus on kuitenkin perusteltua, koska koepaikka sijaitsee viileähköllä alueella ja tällöin typen mobilisaatio turpeesta on vähäistä. Kun otetaan huomioon se, että tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia nurmen kaliumtarvetta runsaalla typpilannoituksella, valittuja typpimääriä on pidettävä oikeaan osuneina kokeen luonteen mukaisesti. Eri tutkijoiden typpilannoituskokeiden tuloksista laskettujen tulosten mukaan säilörehunurmen typpilannoituksen taloudellinen optimi asettuu lähelle 300 kg/ha (HEIKKILÄ 1980).

Kaliumluvut olivat kokeen alussa 107 mg/l metsäsaraturpeella ja hietamaalla 130 mg/l. Metsäsaraturpeen ja hietamaan kaliumluvut olivat viljavuustutkimuksen tulkintaohjeen mukaan viljavuusluokassa tyydyttävä. Nurmiviljelyn kannalta maan vaihtuvan kaliumin pitoisuus oli ilmeisen riittävä, koska ensimmäisenä vuonna kaliumlannoitettujen ja lannoittamattomien koejäsenten välille ei tullut satoeroja. Ilman kaliumlannoitusta jäänyt koejäsen tuotti huomattavan suuren sadon. Runsaat sadot ottivat kuitenkin nopeasti maassa olevan vaihtuvan kaliumin, ja maan kaliumluvut laskivat nopeasti jopa suurimmillakin kaliumlannoitusmäärillä.

Kaliumluvut alenivat siten, että turvemaalla kaliumluku laski luokkaan huononlainen kaikilla muilla paitsi 300 kg:n kaliumlannoituskoejäsenellä, joka jäi luokkaan välttävä. Hieta- maalla lasku ei ollut aivan yhtä nopea, mutta laskua tapahtui kuitenkin koko kokeen ajan, ja aivan kokeen lopussa kaliumluku oli luokassa huono kaikilla muilla paitsi korkeimmalla (300 kg/ha) kaliumlannoitusmäärällä. Turvemaalla kaliumluku sen sijaan säilyi viljavuusluokassa huononlainen viidellä pienim- mällä koejäsenellä, ja suurimmalla se oli luokassa välttävä. Lannoittamatonkaan koejäsen ei pudonnut luokkaan huono.

Verrattaessa viljavuuslukuja ja satotuloksia keskenään huoma- taan, että nurmiviljelyn aikana ei kannata asettaa tavoitteeksi hyvän viljavuusluokan säilyttämistä kaliumin kohdalla tai pyrkiä kohottamaan viljavuusluokkaa, mikäli se on luokkaa hyvä alempi. Tähän tarvittaisiin erittäin suuria määriä kaliumlan- noitetta. SILLANPÄÄN (1978) mukaan kaliummäärien tulisi olla ainakin yhtä suuria kuin typpimäärätkin, jos käytetään kalium- kloridiin verrattavia helppoliukoisia kaliumlannoitteita ja maaperä on heikosti kaliumia pidättävää. Tässä tutkimuksessa typen kanssa yhtä suuri kaliummäärä ei riittänyt säilyttämään maan kaliumlukua ennallaan, mutta sadon aleneminen ei ollut merkittävää pienemmilläkään kaliummäärillä.

Voimaperäisessä nurmiviljelyssä maan kaliumluku laskee aina heikosti kaliumia pidättävillä mailla, jos kaliumlannoitus pidetään riittävän korkeana satotason säilyttämiseksi, mutta samalla riittävän matalana sadon rehuarvon kannalta (SUONURMI- RASI ja HUOKUNA 1983). Kun maan kaliumpitoisuus oli viljavuus- tutkimuksen tulkintaohjeen mukaisesti huono tai huononlainen, TAHTINEN (1979) sai runsaalla kaliumlannoituksella (100 kg K/ha/niitto) keskimäärin tilastollisesti merkitsevästi suurem- man kuivaainesadon. Hänellä ei ollut vertailuarvona täysin ilman kaliumlannoitusta jäänyttä koejäsentä, vaan 50 kg K/ha/- niitto saanut koejäsen. Jos kaliumluku oli huononlaista parem- pi, satoero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kun maan

kaliumluku oli vähintään välttävä, jo 50 kg K/ha/niitto oli riittävä satomäärän säilyttämiseksi.

Tässä tutkimuksessa oli pienimpänä koejäsenenä täysin ilman kaliumlannoitusta jäänyt koejäsen. Tästä johtuen tuli tilastollisesti erittäin merkitseviä satoeroja pienimmän ja muiden koejäsenten välille, mutta muiden koejäsenten välillä oli harvemmin merkitseviä satoeroja. Numeeristen satoerojen perusteella arvioituna useimpina vuosina tämän tutkimuksen perusteella n. 150 kg/ha olisi optimi kaliummäärä sekä hieta- että turvemaalla kun käytetään runsaasti typpeä. Kalium olisi ilmeisesti hyvä jaottaa kaikille sadoille yhtä suurina määrinä (MELA ym. 1977). Tässä kokeessa sato korjattiin kolme kertaa kesässä, ja ensimmäisiä nurmivuosia lukuunottamatta kalium jaotettiin jokaiselle sadolle yhtä suurina erinä.

9.2 Kaliumlannoitus ja sadon rehuarvo

Kaliumlannoituksella oli useimpina vuosina merkitsevä vaikutus nurmen rehuominaisuuksiin. Kun kaliumlannoitusta ei annettu lainkaan tai se oli pieni, sadon rehuominaisuudet olivat hyvät, mutta satomäärä oli pieni. Runsaalla kaliumlannoituksella taas oli epädullisia vaikutuksia sadon rehuominaisuuksiin. Kaliumin vaikutus tuli esille varsinkin ensimmäisessä niitossa ja nuorressa ensimmäisen vuoden sadossa.

Kaliumlannoituksen vaikutus rehuominaisuuksiin oli myös riippuvainen maan liukoisen kaliumin pitoisuudesta. Ensimmäisinä koevuosina kaliumlannoitusmäärien välillä ei ollut kovin suuria eroja. Tällöin maan liukoisen kaliumin pitoisuus oli vielä korkea. Kun liukoisen kaliumin pitoisuudet alenivat nopeasti ensimmäisen vuoden jälkeen, alkoi eroja koejäsenten välillä ilmetä. Maan liukoisen kaliumin aleneminen oli lähes yhtä voimakasta kaikkien koejäsenten kohdalla, ja kasvin käytettävissä oleva kalium oli suurimmaksi osaksi peräisin lannoitekaliumista.

Tarkasteltaessa sadoissa poistuneita kaliummääriä huomataan, että ensimmäisinä vuosina satojen mukana poistuneet kaliummäärät olivat huomattavasti suurempia kuin lannoituksessa oli annettu. Sadoissa poistuneet kaliummäärät ja lannoituksessa annetut määrät vastasivat kokeen loppuvuosina melko hyvin toisiaan. Ainoastaan lannoittamaton koeruutu poikkesi muista tässä suhteessa, koska siltä poistui noin 50 kg K/ha vuosittain, vaikka se ei saanut lannoitteena yhtään kaliumia. Samanaikaisesti maan liukoisen kaliumin pitoisuudet olivat erittäin pieniä. Nollaruudun "kaliumsadosta" suurin osa oli peräisin ensimmäisen niiton sadosta. Kasvien kaliumpitoisuus oli lannoittamattomilla ruuduilla n. 1 % ja K-N -suhde alle 0,5, joten kasvit kärsivät selvästi kaliumin puutteesta eivätkä jaksaneet tuottaa useita satoja vuodessa.

Rehun kaliumpitoisuus kohosi keskimäärin kaliumlannoituksen funktiona lineaarisesti. Jo 100 kg K_2O /ha aiheutti sen, että kasvit pyrkivät ottamaan kaliumia yli oman fysiologisen tarpeensa, mikäli kriittisenä rajana pidetään COOKEN (1982) esittämää 1,6 % kaliumia kasvin kuiva-aineessa.

Ilmeisesti parempi vertailuarvo olisi kaliumin suhde magnesiumin ja kalsiumin määrään. Tämä arvo ekvivalentteina laskettuna ei kohonnut keskimäärin yli ETTALAN ja KOSSILAN (1979) suosittelemaa arvoa, joka on 2,2. Yksittäisissä sadoissa oli kuitenkin huomattavia poikkeuksia ja rajan ylittävät arvot esiintyivät pääasiassa nuoressa ensimmäisen vuoden sadossa. On kuitenkin huomattava, että säilörehuksi valmistettavasta heinäkavustosta otetut kivennäisainenäytteet eivät välttämättä ole edustavia arvioitaessa rehun soveltuvuutta eläimille ja tarvittavia kivennäisainetäydennyksiä, koska säilörehun puristeneskeen mukana joutuu huomattavia määriä kivennäisaineita hukkaan ja kivennäisaineet huuhtoutuvat eri tavalla.

Raakavalkuaispitoisuuteen kaliumlannoitus vaikutti negatiivisesti. Tämä johtui siitä, että annettu typpimäärä jakaantui suurempaan kasvimassaan, koska kaliumlannoitus lisäsi kuiva-

ainesatoa. Pinta-alaa kohti saatu raakavalkuaissato sen sijaan kasvoi kaliumlannoituksen lisääntyessä. Kaliumlannoitus siis lisäsi suhteellisesti enemmän satomäärää kuin vähensi raakavalkuaispitoisuutta. Hietamaalla raakavalkuaissato lisääntyi vähän, kun lannoitus ylitti 100 kg K_2O /ha. Turvemaalla raakavalkuaissato sen sijaan kasvoi aivan suurimpaan lannoitusmäärään saakka. Raakavalkuaissadon taloudellinen merkitys korostuu siirryttäessä yhä enemmän kotovaraiseen ruokintaan.

Tarkasteltaessa kaliumin ja typen suhdetta rehussa huomataan, että vasta lannoituksen ollessa 200 kg K_2O /ha tai sen yli ko. arvo saavutti arvon yksi, jota pidetään runsaan kasvun edellytyksenä. Pienemmillä lannoitusmäärillä kasvin kasvu ei ole ollut riittävää, mikä näkyy myös kuiva-ainesadoista. Tämä tutkimus tukee hypoteesia, jonka mukaan kasvin kalium-typin suhteen tulisi olla lähellä yhtä, kun käytetään runsaasti typpilannoitetta.

9.3. Kaliumlannoitus ja nurmimonokulttuurit

Kun samaa kasvia viljellään vuodesta toiseen samalla paikalla, sen sato alenee teorian mukaan aluksi jyrkästi, mutta muutaman vuoden kuluttua sato kohoaa ja asettuu n. 80 % normisadosta. Tässä tutkimuksessa sato aleni ensin romahdusmaisesti, minkä voi olettaa johtuvan osaksi kaliumin puutteesta. Satotuloksia tarkasteltaessa huomataan, että sato aleni kaikkien koejäsenten kohdalla suhteellisesti yhtä voimakkaana. Kuitenkin riittävästi kaliumia saaneiden koejäsenten sadot palasivat myöhempinä koevuosina ensimmäisen koevuoden satojen suuruisiksi. Tämän perusteella ei voida yleistää viljojen kohdalla havaittua yksipuolisen viljelyn huonontavaa vaikutusta nurmia koskevaksi.

Nurmien satoa heikentävänä tekijänä voidaan pitää talvehtimisvaurioita. Talvehtimistä haittaa joko pakkanen, jääpolte tai talvituhosienet. Tässä tutkimuksessa talvehtimistä seurattiin tiheyshavaintojen avulla. Havaintojen niukkuuden vuoksi niitä

ei voitu testata tilastollisesti. Tiheyshavaintoja on esitetty liitteessä 5. Kuitenkin tarkasteltaessa tiheyshavaintojen perusteella laskettuja talvituhoprosentteja havaitaan, että suurimpia talvituhoja kärsivät ilman kaliumia jääneet ruudut varsinkin kokeen loppuvuosina. Ilmeisesti kasvien elinvoima alentui kaliumin puutteessa. Joinakin vuosina kokeella esiintyi lumi- ja pahkahometta sekä jäävaurioita, joiden ei tosin voi olettaa olevan lannoituksesta johtuvaa. Lumi- ja pahkahomeen esiintymiseen ja varsinkin kasvien kestävyys- ja toipumiseen kalium saattoi vaikuttaa.

Kaliumin on todettu vaikuttavan kasvien kylmänkestävyyttä parantavasti. Kaliumilla katsotaan olevan suuri merkitys eri aineiden kulkeutumiseen kasvissa ja hiilihydraattien muodostumiseen. Kun kasvin sokeripitoisuus lisääntyy, solujen jäätympiste alenee. Täten hyvä kaliumin saanti voi parantaa heinäkasvien talvenkestävyyttä. Kasvukauden viimeiselle sadolle annettu runsas typpilannoitus vaikuttaa kasvua lisäävästi ja alentaa juurten ja sängin hiilihydraattipitoisuutta ja vaikuttaa täten heikentävästi talvehtimiseen. Runsaan typpilannoituksen yhteydessä kaliumin merkitys talvehtimiseen korostuu entisestään pakkaselle alttiilla alueilla. Tämän tutkimuksen kenttäkokeet sijoittuvat runsaan lumen alueelle, jossa myös lumiaika on pitkä. Lumipeitteen kesto on SOLANTIEN (1975) mukaan 170 vrk. Tällaisilla alueilla pääasiallisia talvehtimisvaurioita aiheuttavat talvituhosienet. Varastohiilihydraattien väheneminen talven aikana altistaa kasvit osaksi sienitaudeille. Näin pitkän lumiajan pääasialliset talvehtimisvaurioita aiheuttavat sienet ovat PULLIN (1984) mukaan Typhula ja Sclerotinia. Tässä kokeessa suurimmat talvituhovauriot esiintyvät turvemaalla.

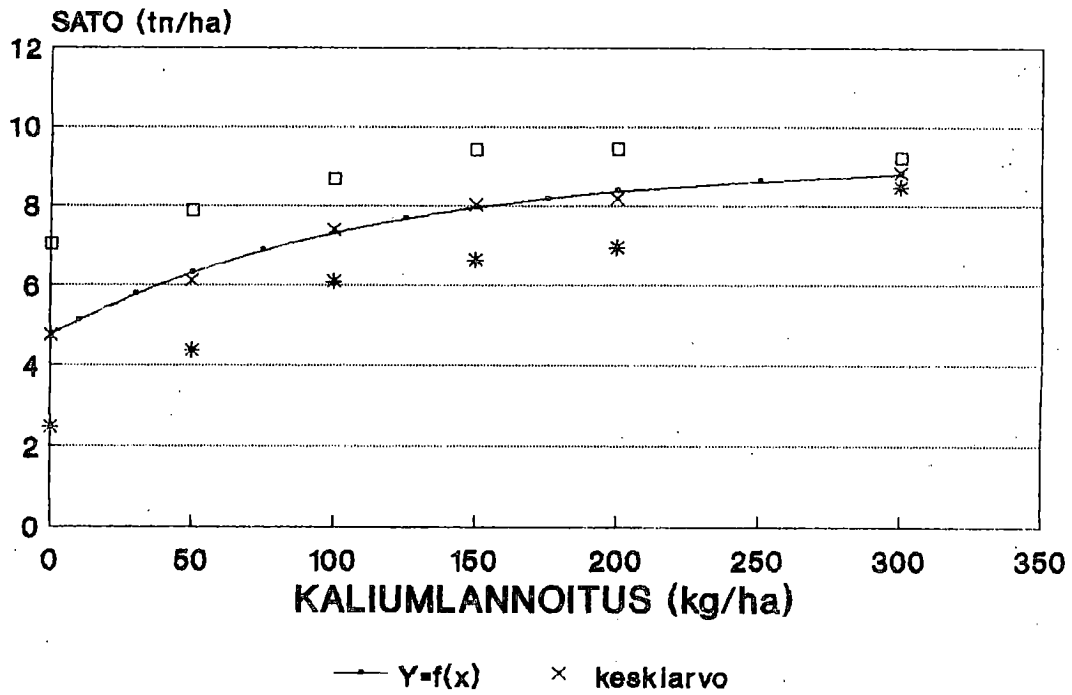
9.4. Kaliumlannoitusvaihtoehtoja

Lannoitussuositukset annetaan tavallisesti maaperän sisältämien ravinteiden ja kasvilajivaatimusten mukaan. Viljavuustutkimuksessa selvitetään maan liukoisen kaliumin pitoisuus, joka tämän

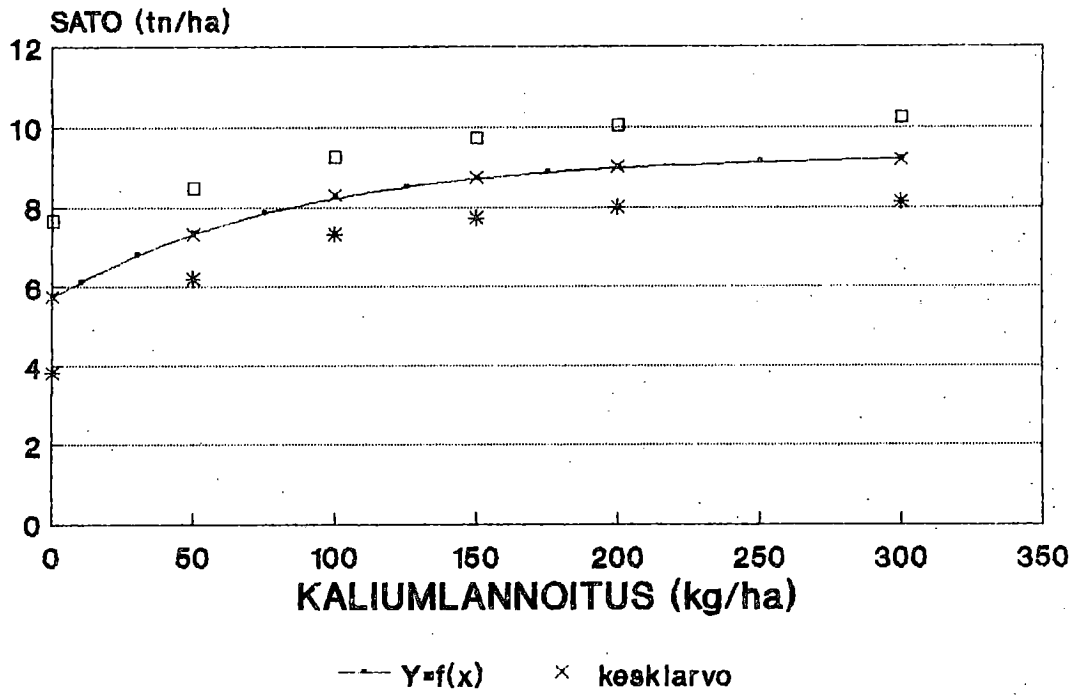
tutkimuksen mukaan laskee runsaallakin kaliumlannoituksella jo muutaman nurmiviljelyvuoden jälkeen. Jos kaliumlannoituksessa pyrittäisiin säilyttämään maan kaliumtila hyvänä, jouduttaisiin käyttämään erittäin suuria määriä nopealiukoisia kaliumlannoitteita. Hidasliukoisista kaliumlannoitteista markkinoilla on vain biotiittia, jonka käyttömäärät hehtaaria kohti ovat suuren pienen kaliumpitoisuuden vuoksi, ja kuljetuskustannuksista muodostuu kannattavuusongelma. Nopealiukoisten kaliumlannoitteiden runsas kerta-annostus taas nostaa rehun kaliumpitoisuuden liian korkeaksi, mistä on haittaa sitä syövien eläinten terveydelle. Rehun kaliumpitoisuuden ja kaliumlannoituksen välillä oli positiivinen korrelaatio, joten kaliumpitoisuus nousee kaliumlannoituksen lisääntyessä. Lannoitusvaihtoehtoja valittaessa joudutaan tekemään kompromissi maksimisadon ja rehun kaliumpitoisuuden välillä.

Ensimmäisen vuoden koko sadon ja vanhempien nurmien kevätlannoitukseen tulisi käyttää vähän kaliumia sisältävää lannoitetta, koska yleensä ensimmäisen vuoden nurmessa ja kevätsadossa kaliumpitoisuus pyrkii helpoimmin olemaan liian korkea. Mitä pitempään nurmea on viljelty samassa paikassa, sitä runsaampi tulisi kaliumlannoituksen olla. Jos käytetään yhtä suurta typymäärää kuin tässä kokeessa (LCT 230 kg/ha ja Ht 280 kg/ha), kaliumin vuotuinen tarve näyttäisi olevan 150 - 170 kg/ha. Tällöin kaliumpitoisuus ei vielä nouse haitallisen korkeaksi, ja sadon lisääntyminen ei ole enää suuremmilla kaliummäärillä merkittävää.

Aineistoon sovitettujen regressiokäyrien mukaan kalium ei anna enää kuiva-ainelisäystä merkittävässä määrin em. lannoitusmäärän jälkeen kummallakaan maalajilla (kuvat 13 ja 14). Regressiokäyrien selitysasteet olivat hyvät, hietamaalla 98 % ja turvemaalla 95 %. Regressiokäyrien valinnan perusteet on selitetty liitteessä 9.



Kuva 13. Kuiva-ainesadon ja kaliumlannoituksen välinen regressio-
käyrä (Lct). Neliön ja tähden väli osoittaa standardi-
hajonnan ja x eri vuosien keskiarvosadon käytetyillä
kaliummäärillä. $Y = 9083 - 4339e^{-0.009x}$.
Selityssaste 95 %.



Kuva 14. Kuiva-ainesadon ja kaliumlannoituksen välinen regressio-käyrä (Ht). Merkinnät kuten kuvassa 13.

$$Y = 9313 - 3589e^{-0.12x}. \text{ Selitysaste } 98 \%$$

Pyrittäessä em. typpi- ja kaliummääriin valittavana olevien lannoitteiden avulla joudutaan lannoitus suunnittelemaan useampaa lannoitetta käyttäen. Useissa tapauksissa kahden lannoitteen käyttö on perusteltua tilakohtaisten tekijöiden ja hintasuhteiden mukaan. Yhtä lannoitetta käytettäessä vain vähäfosforisella Y-lannoksella päästään lähelle asetettuja ravinnemääriä sekä hieta- että turvemaalla. Tällöin käyttömäärä olisi n. 1300 kg/ha turpeella ja 1550 kg/ha hiedalla. Taulukossa 8 esitetään lannoitusvaihtoehtoja ja lannoitekustannukset pyritäessä em. ravinnemääriin.

Taulukosta 8. ilmenee, että hietamaan edullisin lannoitusvaihtoehto olisi vähäkalisen Y- ja NK-lannoksen käyttö niin hieta- kuin turvemaallakin. Tällöin maahan tulisi kaliumia 165 kg/ha/-vuosi (Ht) ja lannoituskustannus olisi 1808 mk/vuosi/ha. Turvemaan kaliumannos olisi 135 kg/ha/vuosi, ja kustannus, joka tästä aiheutuisi, olisi 1562 mk/vuosi/ha. Myös muita soveltuvia vaihtoehtoja on, mutta ne ovat hinnaltaan kalliimpia. Maan fosforitila vaikuttaa tietysti lannoitevalintaan.

Taulukko 8. Lannoitusvaihtoehtoja käytettäessä moniravinteisia lannoitteita ja niiden kustannukset.

levityskerta	lannoitelaji	käyttömäärä		hinta	
		kg/ha		mk	
		hieta	turve	hieta	turve
1.levitys	Vähäfosforinen Y	550	550		
2.levitys	Typpirikas Y 3	600	500	2172	1832
3.levitys	Vähäfosforinen	450	300		
	kaliumia/ha	192	162		
1.levitys	Typpirikas Y 2	500	500		
2.levitys	Vähäfosforinen Y	600	500	1997	1665
3.levitys	Vähäfosforinen Y	400	250		
	kaliumia/ha	160	130		
1.levitys	Vähäkalinen Y	500	500		
2.levitys	NK-lannos	500	400	1808	1562
3.levitys	NK-lannos	400	300		
	kaliumia/ha	165	135		
1.levitys	Vähäkalinen Y	500	500		
2.levitys	Vähäfosforinen Y	550	500	2027	1828
3.levitys	Vähäfosforinen Y	450	350		
	kaliumia/ha	150	132		
1.levitys	Vähäfosforinen Y	550	550		
2.levitys	Vähäfosforinen Y	550	450	2055	1724
3.levitys	Vähäfosforinen Y	450	300		
	kaliumia/ha	186	156		

10. JOHTOPÄÄTÖKSET

Pitkäaikaisessa samalla paikalla tapahtuvassa nurmenviljelyssä kaliumlannoitus tuottaa ongelmia helppoliukoisia kaliumlannoit-

teita käytettäessä, jos maa on huonosti kaliumia pidättävää. Jos maan kunnan kehittymistä seurataan viljavuustutkimuksessa käytetyn maan helppoliukoisen kaliumin pitoisuuden avulla huomataan, että jo muutaman nurmivuoden jälkeen viljavuusluokat laskevat luokkaan huononlainen tai huono runsastakin kaliumlannoitusta käytettäessä. Nurmen kuiva-ainesadot eivät alene merkittävästi, jos sadossa poistunut kalium korvataan kaliumlannoituksella seuraavaa satoa varten. Aivan ensimmäisiä nurmivuosia lukuunottamatta sadossa poistunut ja lannoituksessa annettu kaliummäärä vastaavat hyvin toisiaan. Ilman kaliumlannoitusta viljelty nurmi tuottaa kohtuullisen kuiva-ainesadon ensimmäisessä niitossa keväällä, mutta jälkisadot ovat lähes olemattomia. Kaliumlannoituksen ollessa 150 kg/ha näyttää kalium riittävän pitämään kuiva-ainesadon hyvänä jatkuvassa nurmenviljelyssä.

Rehun laatuun kaliumlannoituksella on myös huomattava vaikutus nurmiviljelyssä. Raakavalkuaispitoisuus alenee kaliumlannoituksen lisääntyessä. Tämä johtuu siitä, että annettu typpimäärä jakaantuu suurempaan kasvimassaan, koska kaliumlannoitus lisää kuiva-ainesatoa. Raakavalkuaissato hehtaaria kohti sen sijaan lisääntyy. Rehun kaliumpitoisuus lisääntyy kaliumlannoituksen lisääntyessä. Kaliumpitoisuus ei kuitenkaan nouse haitallisen korkeaksi keskimäärin millään kokeessa olleella kaliummäärällä, vaikka kaliumpitoisuus vaihtelee huomattavasti.

Yksittäisissä sadoissa kaliumpitoisuus on joinakin vuosina huomattavan korkea. Magnesium- ja kalsiumpitoisuudet alenevat yleensä kaliumlannoituksen lisääntyessä. Typpi- ja kaliumpitoisuuden suhde rehussa osoittaa kaliumlannoituksen olevan riittävän silloin, kun kaliumia annetaan yli 150 kg/ha/vuosi.

Pitkäaikaisessa nurmenviljelyssä maan kaliumtilaa ei kannata pyrkiä pitämään hyvänä, vaan kaliumlannoitus tulee suunnitella siten, että lannoituksessa korvataan sadon maasta ottama kalium. Nurmen perustamisvuonna lannoituksen tulisi olla kaliumin osalta pienempi kuin myöhempinä nurmivuosina, koska ensimmäisenä vuonna nurmen kaliumpitoisuus pyrkii helpoimmin

nousemaan haitallisen korkeaksi ja tällöin maassakin on yleensä vielä liukoista kaliumia. Kun nurmiviljely on jatkunut samalla peltolohkolla useita vuosia, maan liukoisen kaliumin pitoisuus on laskenut hyvin paljon, jos maa ei sisällä savesta, ja tällöin lannoituksessa tulee antaa kaikki kasvin tarvitsema kalium. Tarvittava vuotuinen kaliummäärä on typpilannoituksesta riippuva. Tämän tutkimuksen typpilannoitemääriä käytettäessä sopiva vuotuinen kaliummäärä olisi n. 150 kg/ha/vuosi jaotettuna eri sadoille helppoliukoista kaliumia käytettäessä.

KIRJALLISUUS

- ADAMS, S. N. 1973. The response of pastures in Northern Ireland to N, P and K fertilizers and to animal slurries: 1. Effects on dry-matter yield, 2. Effects on mineral composition. *J. Agric. Sci.* 81: 411-428.
- ANON. 1984. Viljavuustutkimuksen hyväksikäyttö. Viljavuuspalvelu Oy. 19 p.
- BAADSHAUG, O. H. 1983. Gjødsling og kalking av udyrka fjellbeite. 2. Virkninger på fôrkvalitet og avbeiting. *Forskn. Fors. Landbr.* 34: 251-258.
- BAEROG, R. 1977. Nitrogen, kalium, magnesium og svovel tilleng på Sør-østlandet. 1. Avlinger og jordanalyser. *Forskn. Fors. Landbr.* 28: 533-548.
- BALDWIN, J. P. 1974. Potassium supply to plant root systems. *J. Sci. Food Agric.* 25: 883-884.
- BARBER, S. A. 1968. Mechanisms of potassium absorption by plants. The role of potassium in agriculture. (toim. V. J. Kilmer ym.) p. 293-303.
- MUNSON, R. D. & DANCY, W. B. 1971. Production, marketing and use of potassium fertilizers. Fertilizer technology and use. (toim. R. A. Olsen) p. 303-332.
- BERTSCH, P. M. & THOMAS, G. W. 1985. Potassium status of temperate region soils. Potassium in agriculture. (toim. R. D. Munson) p. 131-162.
- CAMPKIN, R. 1985. Model for calculating potassium requirements for grazed pastures. *N. Z. J. Exp. Agric.* 13: 27-37.
- COOKE, G. W. 1982. Fertilizing for maximum yields. 3rd ed. London. 465 p.
- DUELL, R. W. & TROUT, J. R. 1972. Quantitative removal of major nutrients by three pasture grasses. *Agron. J.* 64: 739-743.
- ETTALA, E. & KOSSILA, V. 1979. Mineral content in heavily nitrogen fertilized grass and its silage. *Ann. Agric. Fenn.* 18: 252-262.
- EVANS, H. J. & SORGER, G. 1966. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 17: 47-76.

- & WILDES, R. A. 1971. Potassium and its role in enzyme activation. Potassium in biochemistry and physiology. Proc. 8th Collog. Int. Potash Inst. p. 13-39 Bern.
- FLEMING, G. A. & BRERETON, A.J. 1971. The distribution of potassium, calcium and magnesium between aerial organs of five grasses at early maturity. Potassium in biochemistry and physiology. Proc. 8th Collog. Int. Potash Inst. p. 141-144.
- GEORGE, J. R. , PINHEIRO, M. E. & BAILEY, T. B., Jr. 1979. Longterm potassium requirements of nitrogen-fertilized smooth brome-grass. Agron. J. 71: 586-591.
- GRUBER, P. von 1979. Ein Beitrag zur Klärung der Wirkung der Pflanzennährstoffe Stickstoff und Kalium auf Grünland. Die Bodenkultur 30: 352-376.
- HEIKKILÄ, T. 1980. Typpilannoitteiden taloudellisesta käytöstä koetulosten perusteella. Maatal. tal. tutk. lait. tiedonanto 70. 45 p.
- HECHT-BUCHHOLZ, C. 1971. The effect of potassium deficiency on the fine structure of proplastids. Potassium in biochemistry and physiology. Proc. 8th Collog. Int. Potash Inst. p. 40-44.
- HERNES, O. 1978. Stigende mengde kalium og nitrogen till eng. Summary: Increasing rates of potassium and nitrogen on meadow land. Forskn. Fors. Landbr. 29: 533-544.
- HUOKUNA, E. 1984. Tarkennetaan säilörehunurmen lannoitusta. Käytännön Maamies 1984, 4: 62-63.
- HUOKUNA, E. 1990. Tarkistetaan säilörehunurmen viljelyohjeita. Käytännön maamies 1990, 4: 38-39.
- & HIIVOLA, S-L. 1974. The effect of heavy nitrogen fertilization on sward density and winter survival of grasses. Selostus: Runsaan typpilannoituksen vaikutus nurmen tiheyteen ja kasvien talventimiseen. Ann. Agric. Fenn. 13: 88-95.
- HALAND, A. 1974. Kalium og nitrogen till eng i Vest-Norge. Forskn. Fors. Landbr. 25: 145-167.
- JAAKKOLA, A. 1985. Onko pelto ravinteiden hukkaputki? Käytännön Maamies 1985, 3: 18-20.
- JOKINEN, R. 1979. Magnesium-, kalium- ja typpilannoituksen vaikutus kevätiljojen ja nurmen satojen ravinnepitoisuuksiin sekä -suhteisiin. Ann. Agric. Fenn. 18: 188-202.

- JOLLEY, L. C. & LEAVER, D. D. 1974. Grass tetany. The mineral species and status of 16 pastures north eastern Victoria and southern New South Wales. Aust. Vet. J. 50: 98-104 (Ref. Mundy, G. N. 1983).
- JURGENS-GSCHWIND, S. & JUNG, J. 1979. Results of lysimeter trials at the Limburgerhof facility 1927-1977: The most important finding from 50 years of experiments. Soil Sci. 127: 146-160.
- KAILA, A. 1965. Fixation of potassium in Finnish soils. Selostus: Kaliumin pidätyimisestä maissamme vaikeasti vaihtuvaksi. Matal. Tiet. Aikak. 37: 116-126.
- KEMP, A. 1960. Hypomagnesaemia in milking cows: The response of serum magnesium to alterations in herbage composition resulting from potash and nitrogen dressing of pasture. Neth. J. Agric. Sci. 8: 281-304.
- & GEURIK, J. H. 1978. Grassland farming and minerals in cattle. Neth. J. Agric. Sci. 26: 161-169.
- 1983. Effect of fertilizer treatment of grassland on the biological availability of magnesium to ruminants. Neth. J. Agric. Sci. 8: 281-304.
- KIVISAARI, S. 1976. Väkilannoitteet. Maanviljelyskemian laitos. Helsingin Yliopisto. 36 p.
- KURKI, M. 1979. Suomen peltojen viljavuuden kehityksestä. Viljavuuspalvelu Oy. 110 p.
- LAUGHLIN, W. M., MARTIN, P. F. & SMITH, G. R. 1973. Potassium rate and source influences on yield and composition of bromegrass forage. Agron. J. 65: 85-87.
- LEDGARD, S. F. & SAUNDERS, W. M. H. 1982. Effects of nitrogen fertilizers and urine on pasture performance and the influence of soil phosphorus and potassium status. N. Z. J. Agric. Res. 25: 541-547.
- MACLEOD, L. B. 1964. Effect of nitrogen and potassium on the yield and chemical composition of alfalfa, bromegrass, orchardgrass and timothy grown as pure species. Agron. J. 57: 261-266.

- MELA, T., HAKKOLA, H. & AYRAVAINEN, K. 1977. Typpi- ja kalilannoituksen jaotuksen vaikutus nurmen satoon ja nurmirehun laatuun. 12 p.
- MENGEL, D. B. & BARBER, S. A. 1974. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field condition. Agron. J. 66 (3): 399-402.
- MENGEL, K. & BRAUNSCWEIG, C. C. 1972. The effect of soil moisture upon the availability of potassium and its influence on the growth of young maize plants (*Zea mays*). Soil. Sci. 134: 142-148.
- & KIRKBY, E. A. 1980. Potassium in crop production. Adv. Agron. 33: 59-110.
- MUNSON, R. D. & NELSON, W. L. 1963. Movements of potassium in soils. J. Agric. Food. Chem. 11: 193-201.
- NELSON, W. L. 1968. Plant factors affecting potassium availability and uptake. The role of potassium in agriculture. (toim. V. J. Kilmer ym.) p. 355-383.
- NILSSON, L. G. 1983. Vallarnas växtnäringsförsörjning och dess betydelse för djurhälsa och produktion. Sveriges Lantbruksuniversitet. Growfoder Rapp. nr. 1: 39-51.
- NYE, P. H. 1977. The rate-limiting step in plant nutrient absorption from soil. Soil. Sci. 123: 292-297.
- PALLAZZO, A.J. & JENKINS, T. F. 1979. Land application of waste water; effect on soil and plant potassium. J. Environ. Qual. 8: 309-312.
- PENNY, A., WIDDOWSON, F. W. & WILLIAMS, R. S. B. 1980. An experiment begun in 1958 measuring effects of N, P and K fertilizers on yield and N, P and K contents of grass: 1. Effects during 1964-67. J. Agric. Sci. 95: 575-582.
- PELTOMAA, P., POHJANHEIMO, O. & HUOKUNA, E. 1978. Pintakalkituksen ja K-lannoituksen vaikutus nurmen satoon ja sen N-, P-, K-, Ca- ja Mg-pitoisuuteen. MTTK. Maantutkimuslaitos 24 p.
- PULLI, S. 1984. Nurmien talvehtiminen. Nurmen viljelytekniikka. tieto tuottamaan 31: 96-100.

- RINNE, S-L., SILLANPÄÄ, M., HUOKUNA, E. & HIIVOLA, S-L. 1978. The effect of nitrogen fertilisation on K/(Ca+Mg) ratio in grass. *Ann. Agric. Fenn.* 17: 83-88.
- ROBINSON, D. L. 1985. Potassium nutrition of forage grasses. *Potassium in agriculture.* (toim. R. D. Munson) p. 895-914.
- SAARELA, I. 1982. Kaliumlannoituksen porraskokeet 1977-1981. MTTK:n maaviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote n:o 17: 1-56.
- . 1983. Response of timothy to increasing rates of potassium. *Selostus: Kaliumin määrän vaikutus timotein satoon.* *J. Sci. Agric. Soc. Finl.* 55: 163-178.
- . 1986. Viljan, öljykasvin ja nurmen kaliumlannoitus. *Koetoim. ja Käyt.* 28.1.1986.
- ., HAKKOLA, H., LINNONMÄKI, H. & KÖYLIJÄRVI, J. 1981. Nurmen pintakalkitus, sadetus, typpi- ja kaliumlannoitus; monitekijäkokeiden tuloksia. MTTK:n maaviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote n:o 15: 1-37.
- SEPPÄNEN, H. 1986. Voimaperäisen nurmenviljelyn vaikutus maahan ja rehuun. *Ravinneruhteet ratkaisevia.* *Karjatalous* 1986, 4: 13-15.
- SETÄLÄ, J. 1989. Voimaperäisesti typpilannoitettu nurmirehu valkuaislähteenä. *Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote* 12. p 35-42.
- SILLANPÄÄ, M. 1978. Lannoitus ja kalkitus "vihreänlinjan" viljelyssä. *Maantutkimuslaitoksen tiedote n:o 4:* 1-16.
- . & RINNE, S-L. 1975. The effect of heavy nitrogen fertilization the uptake of nutrients and on some properties of soils cropped with grasses. *Ann. Agric. Fenn.* 14: 210-226.
- SOLANTIE, R. 1975. Talvikauden sademäärän ja lumensyvyyden alueellinen jakautuma Suomessa. *Ilmatiet. lait. tiedonantoja* 28. 66 p.
- SPARKS, D. L. 1980. Chemistry of soil potassium in Atlantic Coastal Plain soils. *Soil Sci. Plant. Anal.* 11: 435-449.
- SUONURMI-RASI, R. 1985. Tuorerehunurmien kaliumlannoitus. *Koetoim. ja Käyt.* 25.1.1985.

- . & HUOKUNA, E. 1983. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. MTTK:n tiedote n:o 5: 1-21.
- TALIBUDEEN, O., PAGE, M. B. & MITCHELL, J. D. D. 1976. The interaction of nitrogen and potassium nutrition on dry matter and nitrogen yields of the gramineae: Perennial ryegrass (Lolium perenne). J. Sci. Food Agric. 29: 999-1004.
- TEEL, M. R. 1962. Nitrogen-potassium relationships and biochemical intermediates in grass herbage. Soil Sci. 93: 50-55.
- TROLLDENIER, G. 1971. Recent aspects of the influence of potassium on stomatal opening and closing. Potassium in biochemistry and physiology. Proc. 8th Collog. Int. Potash Inst. Bern. p. 130- 133.
- TAHTINEN, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. MTTK:n maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote n:o 9: 1-42.

LIITE 1. Numeroaineistoa kuiva-ainesadoista: koevuosi, niittopai-
väämäärä, korjuukerta, kaliumlannoitus K₂O:na ja tilastol-
linen merkitsevyys (LCT).

vuosi	n.p./kk.	0K	50K	100K	150K	200K	300K	merk.
-73	18.6. 1.	4650	3800	3720	4210	3730	--	--
	26.7. 2.	4020	4300	4140	4440	4420	--	--
	12.9. 3.	2310	2100	2270	2100	2060	--	--
	yht.	10980	10200	10130	10750	10220	--	--
	sl.	100	93	92	98	93	--	
-74	17.6. 1.	910	930	1110	1030	1070	--	--
	16.7. 2.	2340	2610	2830	2520	2520	--	--
	11.9. 3.	1070	1930	2060	2150	2250	--	***
	yht.	4320	5480	6010	5700	5840	--	***
	sl.	100	127	139	132	135	--	
-75	13.6. 1.	2250	3840	3840	4070	3940	--	***
	22.7. 2.	2900	3320	3580	3670	3670	--	***
	11.9. 3.	1130	1340	1690	1920	1980	--	***
	yht.	6280	8500	9120	9650	9590	--	***
	sl.	100	135	145	154	155	--	
-76	24.6. 1.	2040	3390	3530	4070	4110	--	***
	5.8. 2.	1420	2420	3520	3460	3770	--	***
	21.9. 3.	140	210	390	660	690	--	***
	yht.	3600	6020	7430	8190	8580	--	***
	sl.	100	167	206	227	238	--	
-77 nurmen uusimisvuosi								

-78	20.6. 1.	1090	1950	2530	2700	2250	--	***
	27.7. 2.	2410	3290	3680	4210	3920	--	***
	4.10. 3.	1080	1200	1730	1830	2230	--	**
	yht.	4580	6440	7950	8740	8400	--	***
	sl.	100	141	174	191	183	--	
-79	18.6. 1.	1380	2030	2460	2860	3120	--	***
	26.7. 2.	1170	2150	3040	3130	3740	--	***
	27.9. 3.	570	1240	1900	2080	2200	--	***
	yht.	3120	5420	7410	8070	9060	--	***
	sl.	100	173	237	258	290	--	
-80	23.6. 1.	1600	2250	2880	3130	3000	--	***
	28.7. 2.	450	850	1070	1280	1460	--	**
	3.9. 3.	740	1480	2180	2170	2290	--	***
	yht.	2790	4590	6130	6570	6740	--	***
	sl.	100	164	219	235	241	--	
-81 nurmen uusimisvuosi								
-82 nurmen uusiminen epäonnistui edellisellä vuonna								
-83	13.6. 1.	2070	2100	2610	3000	2900	4080	***
	27.7. 2.	1500	2140	2580	3080	3060	2960	***
	29.9. 3.	560	810	1060	1190	1310	1330	***
	yht.	4120	5050	6260	7270	7260	8370	***
	sl.	100	123	152	176	176	203	

-84	14.6. 1.	1980	2400	3370	3880	4100	4640	***
	1.8. 2.	1890	2270	2440	2830	3120	3380	***
	3.10. 3.	460	390	640	760	710	850	***
	yht.	4330	5070	6450	7470	7940	8870	***
	sl.	100	117	149	173	183	205	
-85	24.6. 1.	2880	2900	3900	4330	4410	4970	**
	12.8. 2.	720	1130	2150	2450	2820	3240	***
	30.9. 3.	180	380	860	980	960	1050	***
	yht.	3770	4410	6910	7760	8200	9260	***
	sl.	100	117	183	206	217	245	

LIITE 2. Numeroaineistoa kuiva-ainesadoista: koevuosi, niittopäivämäärä, korjuukerta, kaliumlannoitus K₂O:na ja tilastollinen merkitsevyys

vuosi	n.p./kk.	0K	50K	100K	150K	200K	300K	merk.
-73	15.6. 1.	3710	3360	3680	3330	3480	--	--
	26.7. 2.	3650	3380	3190	3420	4100	--	--
	12.9. 3.	2250	2180	1880	2180	2150	--	---
	yht.	9610	8920	8750	8930	9730	--	--
	sl.	100	93	91	94	101		
-74	14.6. 1.	1230	1150	1040	1120	1050	--	--
	17.7. 2.	3370	3930	4090	3510	3890	--	***
	13.9. 3.	1940	2500	2380	2330	2370	--	***
	yht.	6550	7590	7520	6960	7300	--	***
	sl.	100	116	115	106	112	--	
-75	13.6. 1.	2370	3760	3670	3840	3790	--	***
	21.7. 2.	2120	2770	3200	3340	2980	--	***
	16.9. 3.	1790	2110	2560	2960	3030	--	***
	yht.	6290	8640	9440	10150	9800	--	***
	sl.	100	137	150	161	151	--	
-76	23.6. 1.	2870	3540	3590	4070	4010	--	***
	4.8. 2.	2400	2620	3500	3300	3400	--	***
	20.9. 3.	610	680	740	860	900	--	***
	yht.	5880	6840	7830	8230	8310	--	***
	sl.	100	116	133	140	141	--	
-77 nurmen uusimisvuosi								

-78	19.6. 1.	3450	3600	3640	3680	3710	--	--
	27.7. 2.	2870	2940	3720	3710	3490	--	***
	5.10. 3.	1830	1950	2170	2380	2220	--	*
	yht.	8150	8480	9520	9780	9410	--	***
	sl.	100	104	117	120	116	--	
-79	15.6. 1.	1910	2210	2620	2940	3060	--	***
	26.7. 2.	2140	3530	4310	4200	4390	--	***
	19.9. 3.	1230	1900	2710	2590	2420	--	***
	yht.	5280	7640	9640	9730	9870	--	***
	sl.	100	145	183	184	187	--	
-80	18.6. 1.	1970	2620	2920	3450	3290	--	***
	7.8. 2.	1480	1840	2180	2230	2360	--	***
	9.9. 3.	1940	2500	2980	2870	3260	--	***
	yht.	5390	6970	8080	8550	8910	--	***
	sl.	100	129	150	159	165	--	
-B1 nurmen uusimisvuosi								
-82	23.6. 1.	2330	3410	3590	3670	4110	4050	***
	27.7. 2.	1160	1870	2280	2210	2470	2670	***
	29.9. 3.	1230	2120	2320	2460	2690	2410	***
	yht.	4720	7400	8190	8350	9260	9130	***
	sl.	100	157	173	177	196	193	

-83	14.6. 1.	2570	3150	3150	3620	3700	3690	***
	26.7. 2.	690	1370	2240	2380	2640	2520	***
	29.9. 3.	770	1260	1550	1620	1660	1720	***
	yht.	4040	5780	6940	7610	8000	7930	***
	sl.	100	143	172	189	198	196	
-84	13.6. 1.	2560	3710	4280	4680	5230	4910	***
	1.8. 2.	1560	2750	3190	3760	4250	4100	***
	3.10. 3.	330	590	760	1120	1140	1490	***
	yht.	4450	7050	8240	9560	10620	10500	***
	sl.	100	158	185	215	239	236	
-85	24.6. 1.	1830	2990	3980	4710	4370	4940	***
	13.8. 2.	680	1710	2150	2500	2550	2910	***
	30.9. 3.	200	590	840	950	1030	1310	***
	yht.	2700	5290	6970	8160	7940	9160	***
	sl.	100	196	258	302	294	339	

LIITE 3. Sadon raakavalkuaispitoisuus %:na ka:sta ja raakaval-
kuaissato kg/ha (LCT).

		RV-PITOISUUS						RV-SATO					
vuo	n	0K	50K	100K	150K	200K	300K	0K	50K	100K	150K	200K	300K
-73		ei tuloksia											
-74	1	25.8	23.8	25.6	24.6	25.5		235	220	284	253	273	
	2	15.4	16.9	15.6	18.6	15.4		360	441	441	469	388	
	3	18.6	13.4	14.1	14.1	14.1		199	259	290	303	317	
	x	19.9	18.0	18.4	19.1	18.3		794	920	1015	1023	978	
-75	1	16.2	14.8	14.5	13.2	14.8		360	570	560	540	580	
	2	15.9	14.1	14.2	15.1	14.8		460	470	510	550	540	
	3	22.1	17.6	17.6	16.2	18.1		250	240	300	310	360	
	x	18.1	15.5	15.4	14.8	15.9		1070	1280	1370	1400	1480	
-76	1	22.0	18.1	16.8	17.1	15.6		450	610	590	700	640	
	2	21.2	18.8	14.1	17.2	13.8		300	450	500	600	520	
	3	24.6	26.1	24.1	21.5	20.5		30	50	90	140	140	
	x	22.6	21.0	18.3	18.6	16.6		780	1110	1180	1440	1300	
-77		nurmen uusimisvuosi											
-78	1	17.8	16.0	16.8	14.4	14.9		194	312	425	389	335	
	2	19.3	18.7	16.9	16.0	16.7		465	615	622	674	655	
	3	19.4	19.2	16.8	14.6	14.1		210	230	291	267	314	
	x	18.8	18.0	16.8	15.0	15.2		869	1157	1338	1330	1304	
-79	1	20.4	18.4	18.5	17.4	15.9		280	370	460	500	500	
	2	21.3	20.0	18.7	18.9	17.0		250	430	570	590	590	
	3	20.1	19.2	19.5	17.2	17.0		110	240	370	360	370	
	x	20.6	19.2	18.9	17.8	16.6		640	1040	1400	1450	1460	
-80	1	17.0	17.7	14.8	16.4	15.2		270	400	430	510	460	
	2	18.2	18.4	14.4	15.3	14.0		80	160	150	200	200	
	3	19.2	16.5	13.9	14.1	15.4		140	240	300	310	350	
	x	18.1	17.5	14.4	15.3	14.9		500	800	880	1020	1010	
-81		nurmen uusimisvuosi											
-82		nurmen uusiminen epäonnistui edellisellä vuonna											
-83	1	17.9	17.4	16.3	16.6	16.6	15.4	371	365	425	498	481	628
	2	18.2	17.0	14.4	15.3	15.4	15.4	273	364	372	471	471	456
	3	21.4	15.8	14.8	14.6	14.6	13.7	120	128	157	174	191	182
	x	19.2	16.7	15.2	15.5	15.5	14.8	764	857	954	1143	1143	1266

-84	1	14.8	14.8	13.4	13.8	13.2	13.7	293	355	452	535	541	636
	2	17.4	17.2	17.8	17.7	15.9	16.9	329	390	434	501	496	571
	3	28.2	29.0	25.6	25.6	26.1	25.6	130	113	164	195	185	218
	x	20.1	20.3	18.9	19.0	18.4	18.7	752	858	1150	1231	1222	1425
-85	1	18.3	18.4	17.9	16.6	16.5	16.0	527	534	698	719	728	795
	2	20.6	19.0	15.9	18.1	17.8	15.5	148	215	342	443	502	502
	3	24.4	22.4	21.6	22.0	21.1	21.1	44	85	186	216	203	222
	x	21.1	19.9	18.5	18.9	18.5	17.5	719	834	1226	1378	1433	1519

LIITE 4. Sadon raakavalkuaispitoisuus %:na ka:sta ja raakavalkuaissato kg/ha (Ht).

		RV-PITOISUUS						RV-SATO						
vuo	n	OK	50K	100K	150K	200K	300K	OK	50K	100K	150K	200K	300K	
-73	1	20.7	19.6	23.5	17.5	18.3		768	660	865	583	637		
	2	ei määritetty												
	3	17.5	19.1	18.5	17.6	18.5		394	416	348	384	398		
	x	19.1	19.4	21.0	17.6	18.4		1162	1076	1213	967	1035		
-74	1	25.3	28.3	27.5	28.5	29.2		311	325	286	319	307		
	2	15.6	15.2	16.1	17.6	16.4		526	597	658	618	638		
	3	16.4	16.2	16.4	16.4	16.1		318	405	390	382	382		
	x	19.1	19.9	20.0	20.8	20.6		1152	1327	1334	1285	1327		
-75	1	15.0	13.4	15.0	13.7	13.7		360	500	550	530	520		
	2	16.7	16.3	15.0	13.6	14.7		350	450	480	450	440		
	3	16.0	13.8	14.0	12.8	13.0		290	290	360	380	390		
	x	14.5	14.5	14.7	13.4	13.8		1000	1240	1390	1360	1350		
-76	1	17.7	15.5	14.7	14.2	14.6		510	550	530	580	590		
	2	19.1	16.2	13.3	14.7	15.8		460	420	470	490	540		
	3	21.0	21.8	18.4	17.5	20.5		130	150	140	150	180		
	x	19.3	17.8	15.5	15.5	17.0		1100	1120	1140	1220	1310		
-77		nurmen uusimisvuosi												
-78	1	15.8	13.1	14.7	15.5	13.9		545	472	535	570	516		
	2	19.0	18.9	16.6	15.5	18.1		545	556	618	575	632		
	3	15.5	16.6	16.0	16.5	16.6		284	324	347	393	369		
	x	16.8	16.2	15.8	15.8	16.2		1374	1352	1500	1538	1517		
-79	1	22.3	19.0	20.9	19.8	18.1		430	420	550	580	550		
	2	20.4	15.6	16.0	15.6	14.1		440	550	690	660	620		
	3	22.5	18.1	17.2	15.2	16.3		280	340	470	390	390		
	x	21.7	17.6	18.0	16.9	16.2		1150	1310	1710	1630	1560		
-80	1	19.3	16.7	18.0	16.6	16.0		380	440	530	570	530		
	2	19.9	17.8	17.4	17.8	17.3		290	330	380	400	410		
	3	18.4	16.6	14.8	14.9	15.0		360	410	440	430	490		
	x	19.2	17.0	16.7	16.4	16.1		1030	1180	1350	1370	1420		
-81		nurmen uusimisvuosi												

-82	1	18.6	15.4	14.5	14.1	13.5	13.9	433	525	521	517	555	563
	2	21.0	18.3	17.1	17.0	16.9	15.9	244	342	390	376	417	425
	3	17.9	15.5	15.2	14.3	14.2	14.4	220	329	353	352	382	347
	x	19.2	16.4	15.6	15.1	14.9	14.7	897	1196	1263	1245	1354	1335
-83	1	18.9	17.8	18.2	18.1	18.1	18.3	486	561	573	655	670	675
	2	22.6	20.6	19.9	20.4	20.4	19.4	156	282	446	486	539	489
	3	19.6	18.4	16.5	18.3	16.5	16.1	151	232	256	296	274	277
	x	20.4	18.9	18.2	18.9	18.3	17.9	793	1075	1275	1437	1482	1441
-84	1	16.6	15.9	14.5	14.5	15.0	14.1	425	590	621	679	785	692
	2	14.4	17.1	18.3	17.2	15.1	15.9	225	470	584	647	642	652
	3	26.6	27.4	27.0	25.1	25.3	23.8	88	162	205	281	288	355
	x	19.2	20.1	19.9	18.9	18.4	17.9	737	1221	1410	1606	1715	1699
-85	1	21.8	18.1	16.9	15.0	15.6	15.1	399	541	673	707	682	476
	2	22.0	19.3	18.8	15.9	14.5	14.6	150	330	404	398	370	425
	3	26.3	25.5	25.8	23.1	23.8	18.6	53	150	217	219	245	244
	x	23.4	21.0	20.5	18.0	18.0	16.1	602	1021	1294	1324	1297	1145

LIITE 5. Nurmen tiheys (peittävyysprosentteina) ja talvituho prosentit. (s=tiheys syksyllä, k=tiheys keväällä ja %=talvituhoprosentti).

vuosi	SARATURVE						HIETA					
	OK	50K	100K	150K	200K	300K	OK	50K	100K	150K	200K	300K
-73 s	80	78	78	79	77		89	89	91	90	89	
k		ei havaintoja					ei havaintoja					
%												
-74 s	85	84	84	84	79		92	89	93	90	90	
k	74	70	75	74	72		84	80	82	82	79	
%	7	10	4	6	6		6	10	10	9	11	
-75 s	87	83	82	87	83		77	74	76	77	74	
k	82	82	80	82	74		84	82	84	81	83	
%	4	2	5	2	6		9	8	10	10	8	
-76 s	90	94	96	98	97		ei havaintoja					
k	72	79	72	84	73		61	69	75	74	75	
%	10	5	12	3	11		21	7	1	4	0	
-77	nurmen uusimisvuosi											
-78 s	95	95	95	95	95		92	89	88	87	88	
k	54	54	59	60	51		73	70	68	68	65	
%												
-79 s	95	95	95	95	95		93	95	95	96	95	
k	70	64	59	59	58		ei havaintoja					
%	26	31	38	38	39							
-80 s	36	34	45	41	46		42	41	56	54	49	
k	ei havaintoja						71	72	76	74	70	
%							23	24	20	23	26	
-81	nurmen uusimisvuosi											
-82 s	66	66	66	64	66		100	100	100	98	100	100
k	nurmen uusiminen uudestaan						ei havaintoja					
%												
-83 s	58	68	70	74	76	78	100	98	99	98	98	98
k	ei havaintoja						ei havaintoja					
%												
-84 s	50	63	68	74	74	75	71	74	83	84	85	85
k	35	60	66	72	71	78	70	69	78	75	79	80
%	40	12	6	3	6	0	30	30	21	23	19	18
-85 s	ei havaintoja						ei havaintoja					
k	25	35	46	56	45	53	50	60	71	69	66	73
%	50	44	32	24	39	29	30	19	14	18	22	14

LIITE 6. Sadon kaliumpitoisuus (g/kg ka).

		SARATURVE						HIETA						
vuo	n.	OK	50K	100K	150K	200K	300K	OK	50K	100K	150K	200K	300K	
-73	1.	24.2	27.1	28.0	29.2	28.7		29.5	30.5	31.8	29.5	30.0		
	2.	ei määritetty												
	3.	23.7	26.3	31.5	32.5	31.8		26.8	28.4	29.2	30.5	32.5		
	x	24.0	26.7	29.8	30.9	30.3		28.2	29.5	30.5	30.0	31.3		
-74	1.	24.0	20.9	33.0	34.8	33.7		26.1	29.5	34.6	39.7	39.5		
	2.	15.1	32.7	32.7	40.9	38.5		18.4	33.6	34.4	37.6	37.6		
	3.	15.6	28.2	27.7	32.7	36.0		17.1	28.6	30.4	33.5	32.5		
	x	18.2	27.3	31.1	36.1	36.1		20.5	30.6	33.1	37.0	36.5		
-75	1.	10.9	22.9	19.4	23.6	26.9		11.3	19.4	23.3	25.0	27.9		
	2.	10.6	18.5	21.4	27.5	28.8		16.0	22.1	25.1	29.9	32.6		
	3.	15.6	16.7	20.9	26.1	28.9		18.3	19.0	22.7	24.5	26.4		
	x	12.4	19.4	20.6	25.7	28.2		15.2	20.2	23.7	26.5	29.0		
-76	1.	10.0	14.2	15.8	20.0	28.0		10.8	16.8	17.8	21.6	25.3		
	2.	8.2	10.8	16.6	19.5	22.8		14.0	12.6	19.4	28.4	31.8		
	3.	6.5	8.3	12.7	23.9	23.6		16.1	12.6	15.2	21.9	30.1		
	x	8.2	11.1	15.0	21.1	24.8		13.6	14.0	17.5	24.0	29.1		
-77		nurmen uusimisvuosi												
-78	1.	8.1	15.3	22.1	25.2	29.6		11.3	14.9	22.8	28.6	28.4		
	2.	10.7	13.7	17.1	26.0	29.9		13.9	13.7	18.8	28.2	13.2		
	3.	7.3	6.5	8.9	10.2	14.3		29.0	11.6	10.7	19.6	23.9		
	x	8.7	11.8	16.0	20.5	24.6		18.1	13.4	17.4	25.5	21.8		
-79	1.	9.5	10.0	3.1	17.9	19.9		10.0	11.0	14.0	22.0	23.6		
	2.	10.0	10.9	14.9	21.8	23.9		11.0	13.3	19.5	21.5	27.8		
	3.	12.0	10.9	15.5	15.9	21.9		12.2	17.1	19.3	23.7	29.6		
	x	10.5	10.6	11.2	18.5	21.9		11.1	13.8	17.6	22.4	27.0		
-80	1.	10.3	8.5	12.7	15.3	16.0		10.1	10.2	14.8	16.9	21.1		
	2.	7.3	10.2	12.5	18.2	19.8		8.4	11.9	17.7	21.9	24.2		
	3.	7.5	9.3	12.7	16.8	20.2		10.2	13.5	16.1	20.3	24.9		
	x	8.4	9.3	12.6	16.8	18.7		9.6	11.9	16.2	19.7	23.4		
-81		nurmen uusimisvuosi												
-82	1.	nurmi tuhoutui, perustettu uudelleen						10.8	13.2	15.5	17.9	20.5	21.6	
	2.							10.3	13.6	21.0	22.6	22.7	25.2	
	3.							10.4	13.9	20.3	23.9	25.8	26.9	
	x							10.5	13.6	18.9	21.5	23.0	24.6	
-83	1.	13.0	13.0	15.3	17.1	19.6	21.8	11.0	13.5	17.3	20.7	24.2	27.7	
	2.	12.2	11.3	14.3	17.2	20.7	21.5	9.3	11.2	15.1	18.7	21.2	24.9	
	3.	14.5	15.2	19.1	21.4	25.0	24.7	11.1	14.4	17.3	20.4	23.7	25.9	
	x	13.2	13.2	16.2	18.6	21.8	22.7	10.5	13.0	16.6	19.9	23.0	26.2	

-84	1.	13.0	10.4	13.6	16.6	18.9	25.2	8.2	10.1	11.8	14.2	17.4	22.7
	2.	11.0	11.8	16.8	18.6	20.2	24.8	8.1	12.1	15.4	17.2	19.0	28.6
	3.	22.1	21.1	21.8	26.9	27.2	26.9	11.2	12.7	18.8	19.8	24.3	32.0
	x	15.4	14.4	17.4	20.7	22.1	25.6	9.2	11.6	15.3	17.1	20.2	27.8
-85	1.	12.4	11.8	13.7	18.1	21.0	30.3	17.1	11.5	14.6	16.7	39.4	30.7
	2.	8.3	11.6	13.5	18.9	19.6	31.1	7.8	10.7	15.3	20.1	21.3	28.2
	3.	13.4	11.5	17.4	21.8	25.6	30.3	8.8	11.7	18.0	21.5	25.9	26.3
	x	11.4	11.6	14.9	19.6	22.1	30.6	11.2	11.3	16.0	19.4	28.9	28.4

LIITE 9.

Regressiokäyrien kokeellinen sovitus suoritettiin SAS-ohjelmiston epälineaarisella regressiosovituksella (NLIN, Gaussin ja Newtonin menetelmä), käyttäen lähtökohtana yhtälöä

$$Y = b_1 + (b_0 - b_1) \exp^{-ax}, \text{ jossa}$$

Y = kokonaissato

b_0 = kokonaissato ilman lannoitusta ($x = 0$)

b_1 = kokonaissato suurta lannoitusta käytettäessä ($x = \infty$)

x = kaliumlannoitus

Teoreettista mallia varten merkitään:

S = sato, joka saadaan kaliumlannoituksella

c = kaliumkonsentraatio maassa

a = vakio

S_{\max} = maksimisato

Oletetaan, että sadonlisäys dS , kun c muuttuu dc :n verran on

$$dS/dc = a(S_{\max} - S)$$

Siirretään $a*S$ vasemmalle, jolloin

$$dS/dc + aS = aS_{\max}$$

Tämä on ensimmäisen kertaluvun täydellinen differentiaaliyhtälö, jonka ratkaisuksi saadaan

$$S = S_0, \text{ kun } c = 0$$

$$S = S_{\max} + (S_0 - S_{\max})e^{-ax}$$

Vastaavuudet teoreettisen mallin ja regressiosovituksen merkintöjen välillä ovat

$$Y - S$$

$$b_1 - S_{\max}$$

$$b_0 - S_0$$

$$x - c$$

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p. + 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13. Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalysetoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanneskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-1982. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

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

2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savi-
mailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien ver-
tailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.
4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia
vuosilta 1975-1983. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvi-
huonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuen-
tamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan
ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaatilla. 21 p.
6. VUORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja
esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja
rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekokeiden tuloksia 1978-1983. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosfo-
rilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maala-
jeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A.
Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten
lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäy-
tymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys
porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 lii-
tettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14
liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet
1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.

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

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

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

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.
2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORDLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.
3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakoikeissa 1970-luvulla. 270 p.
4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.
5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuustutkimus. 38 p.
6. TURTOLO, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve. Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.
8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.
9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon. Kuivikkeiden ammoniakin sitomiskyky. 25 p.
10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. & VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.
11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M. Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.
12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely imeytyskentällä. 36 p.
13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.
14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.

15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.
16. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1977-1984. 168 p. + 4 liitettä.
17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet. Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-1984.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaana kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pakkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmista. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Ureaan, urea-fosforihappo-viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soijan vertailu raakavalkuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa. 24 p. + 2 liitettä.

1986

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1985. 69 p.
2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteenä. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-1984. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1978-1985. 128 p. + 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-1984. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla. p. 1-15.
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä. p. 16-21.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla. p. 22-27.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa. p. 28-42.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.
11. SOVERO, M. Nopsa-kevättrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p. + 4 liitettä.
13. PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Hernekaurasta saatava typpilannoitushyöty. 27 p. + 22 liitettä.
15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + liite.

17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.
19. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 1. Kolmen ensimmäisen lypsykauden tuotantotulokset. 114 p. + 5 liitettä.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 2. Lehmien syöntikyky, ravinnonsaanti ja rehun hyväksikäyttö sekä hedelmällisyys ja kestävyys kolmen ensimmäisen tuotantovuoden aikana. 293 p. + 23 liitettä.
21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.
22. URVAS, L. & VIRKKI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.
23. VUORINEN, M. Kalkituskoekiden tuloksia saraturvemaalta 1977-1983. 22 p.

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kuluminen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykoekiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekoekiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. p. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. p. 67-134.

9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koriste-
kasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus,
typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8.
Domestic Varieties. p. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pih-
lajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen
itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyval-
vonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljely-
kasveihin. 62 p.
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja
eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja
tuotantoon. 109 p.
15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984.
29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turve-
maiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astia-
kokeessa. p. 1-17.
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoi-
tuksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenra-
vinnepitoisuuksiin. p. 38-47.
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri
kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.
Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p.
63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen
viljelylajike. p. 1-8.
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahin-
kojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ympypäys Rhizobium-bakteerilla.
Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu
kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset
väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa.
P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo
säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden
huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä
v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.

23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p. + 1 värikuvaliite.
24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.
3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.
Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.
Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.
Kevätviljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipactril. p. 24-31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasvipäristen valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13
KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. p. 3-22, 2 liitettä.
EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. p. 23-34, 1 liite.
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 35-54.
ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 55-90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.

12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
 13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
 14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
 15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
 16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljosten siemenen orastumisko-
keet. p. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhy-
kejakoehdotus. p. 18-31.
 17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvö-
aika. 72 p.
 18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1-15.
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16-24.
 19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan liete-
lannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
 20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkar-
jan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja
heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
 21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TAL-
VITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vai-
kutukset kevätiljosten satoon ja laatuun: kuuden koevuoden
tulokset. p. 1-61 sisältäen 3 liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality
of cereals: results after six years.
- PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin
ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. p. 62-167 sisältäen 3
liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemi-
cal properties of soil.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityy-
piltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONT-
TURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988.
147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdolli-
suuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.

5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981-88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986-88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetäimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta. 66 p.
11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985 - 1988. Toimittanut Katri Pakkala. 95 p.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan Ficus pumila L. pistokkaiden juurrutuksessa. p. 2-6.
 JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan. p. 7-22.
 JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. p. 23-34.
 PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. p.35-38.
14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintakoikeissa. 46 p.
15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 liitettä.
16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. Plasmacytos försämrar avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink. Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink. p. 1-17.
 ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla - emulgaattorien vaikutus. Fettsmältbarhet hos mink- och blårevsvalpar - inverkan av emulgerande ämnen. Digestibility of different fats in mink and blue fox kits - influence of emulsifying agents. p. 18-37.
18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutus jätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. p. 54.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. p. 1-24.
 Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. p. 26-48.
 Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. p. 50-52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteen ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.

21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.

1990

2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa 1953 - 1987. 58 p.
3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.
4. MELA, T., KÄNKÄNEN, H. & ILOLA, A. Heikkoitoisen kevätviljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.
5. SALO, Y & PIETILÄ, E. Laari-kevätevehnä. 32 p. + 2 liitettä.
7. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1982 - 1989. 129 p. + 2 liitettä.
8. URVAS, L. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena p. 1-11
Sinkkisulfaatti ja kelaatit sinkkilannoitteina p. 12-18
9. KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. Pitkääikäisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. 59p. 9 liitettä.
10. AURA, E. Salaojien toimivuus savimaassa. 93p.

