

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 2

RAILI JOKINEN:

KALKITUKSEN JA RUNSAAN KALIUMLANNOITUKSEN
VAIKUTUS MAGNESIUMLANNOITUKSELLA SAATAVAAN
TULOKSEEN

VANTAA 1977

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 2

RAILI JOKINEN:

KALKITUKSEN JA RUNSAAN KALIUMLANNOITUKSEN
VAIKUTUS MAGNESIUMLANNOITUKSELLE SAATAVAAN
TULOKSEEN

PL 18
01301 VANTAA 30
Puh. 831 941

Sisältö	Sivu
Ydin	2
Johdanto.....	3
Suoritus	3
Tulokset	4
Nurmikoe	4
Viljakoe	6
Perunakoe	7
Tarkastelu	9
Nurmikoe	9
Viljakoe	9
Perunakoe	10
Arvio magnesiumin huuhtoutumisesta	11
Kirjallisuutta	13
Tulostaulukot ja kuvat	
Koemaat, taulukko 1	15
Nurmikoe, taulukot 2-5	15
Viljakoe, taulukot 6-12	18
Perunakoe, taulukot 13-19	25
Kasvukausien sää, kuva 1	29

Ydin

Kalkituksen (8 t/ha) ja kaliumlannoituksen (42 ja 126 kg/ha K) merkitystä magnesiumlannoituksella (285 kg/ha Mg) saatavaan vilja-, peruna- ja nurmisatoon ja satojen ravinnepitoisuuksiin tutkittiin kenttäkokein vähän magnesiumia sisältävillä mailla.

Heinäksi korjattu nurmisato hyötyi kalkituksesta. Magnesiumlannoituksella saatu sadonlisäys oli suurempi kalkituilla kuin kalkitsemattomilla ruuduilla. Runsas kaliumlannoitus häyttasi sadon muodostumista ja vähensi magnesiumlannoituksen tehoa. Magnesiumlannoitus kohotti sekä heinäkasvien että apilan magnesiumpitoisuutta.

Kauran satoa magnesiumlannoitus lisäsi kahtena vuonna neljästä. Kalkitus tai kaliumlannoitus eivät muuttaneet magnesiumlannoituksen vaikutusta jyväsadon määrään tai jyvien magnesiumpitoisuuteen.

Perunan satoon magnesium- ja kaliumlannoituksella oli lievä positiivinen vaikutus, kun taas kalkitus pienensi satoa. Kaliummäärien ja kalkituksen merkitys magnesiumlannoituksella saatavaan sadonlisäykseen vaihteli eri vuosina. Kaikki kolme koetekijää alensivat perunan tärkkelyspitoisuutta, mutta tärkkelys-satoon niillä ei ollut selvää vaikutusta.

Johdanto.

Kalkitus edistää kasvien juurten kasvua ja siksi maan ravinnevarojen käyttö tehostuu. Koska maamme pellot ovat useimmiten happamia, kalkitus myös lisää ravinteiden liukoisuutta maassa. Voimakas kaliumlannoitus haittaa kasvien magnesiumin ottoa, mutta sadon määrän muutokset eivät liene yhtä selvät. Magnesiumlannoituksen on todettu vaikuttavan kasvien ravinnepitoisuuksiin voimakkaammin kuin sadon määrään.

Tämän alustavan monitekijäkokeina järjestetyn tutkimuksen tarkoituksena oli saada tietoja kalkituksen ja kaliumlannoituksen merkityksestä magnesiumlannoituksella saatavaan tulokseen viljan, nurmen ja perunan viljelyssä.

Suoritus

Vuonna 1970 osaruutumenetelmällä perustetuissa kenttäkokeissa oli kalkitus pääruudussa ja magnesium- ja kaliumkäsittelyt keskenään samanarvoisina osaruutaina seuraavasti:

a.	Ca ₀ K ₁	Mg ₀	e.	Ca ₁ K ₁	Mg ₀
b.	" "	Mg ₁	f.	" "	Mg ₁
c.	" K ₃₍₄₎	Mg ₀	g.	" K ₃₍₄₎	Mg ₀
d.	" "	Mg ₁	h.	" "	Mg ₁

Vuosittaisena kaliumlannoituksena annettiin vilja- ja nurmikokeeseen 42 (K₁) tai 126 (K₃) kg/ha K 60 % kalisuolana ja perunakokeeseen 42 (K₁) tai 168 (K₄) kg/ha K kaliumsulfaattina. Magnesiumlannoitus 285 kg/ha Mg (Mg₁) magnesiumsulfaattina (19 % Mg) levitettiin kahdessa erässä, ensimmäisenä vuonna 190 kg ja toisena vuonna 95 kg. Kalkitus, 8 t/ha kalsiittikalkkia (Ca₁), suoritettiin kokeiden alkaessa keväällä 1970 ennen muokkausta. Vilja- ja nurmikoe saivat lisäksi aluslannoituksena 75 kg/ha N kalkkisalpietarina ja 44 kg/ha P superfosfaattina sekä perunakoe vastaavasti 100 kg/ha N ja 87 kg/ha P. Kaikki lannoitteet levitettiin maahan keväällä ennen muokkausta. Odelmalle ei annettu lannoitusta eikä satoa korjattu.

Kokeet sijoitettiin niukasti magnesiumia sisältäville paikoille (taulukko 1). Maan kalium- ja kalsiumpitoisuus oli välttävä tai huono.

Sadonkorjuun yhteydessä otettujen näytteiden lisäksi kerättiin ruuduilta kasvukauden aikana viljasta orasnäytteet 4-5 lehtiasteella (0.25 m² alalta) ja perunasta ala- ja ylälehtinäytteet n. 80 päivän kuluttua istutuksesta (1 m² alalta). Kaikista kasvinäytteistä määritettiin magnesium-, kalium- ja kalsiumpitoisuus. Kasvustonäytteiden magnesiumpitoisuuden avulla pyrittiin selvittämään maan magnesiumpitoisuuden riittävyttä kasveille.

Keväisin ennen lannoitteiden levitystä otettiin jokaiselta ruudulta maanäytteet muokkauskerroksesta (0-20) ja kokeiden lopussa muokkauskerroksen lisäksi 20-40 cm:n ja 40-60 cm:n syvyydestä. Näytteistä määritettiin pH sekä magnesium-, kalium- ja kalsiumpitoisuus viljavuusanalyysin mukaan.

Kasvukauden alkupuoli oli vuonna 1970 poikkeuksellisen vähäsateinen (kuva 1). Vastaava ajankohta vuosina 1971 ja 1973 oli normaalia kylmempi. Kasvukausi 1974 taas oli runsassateinen.

Koetulosten luotettavuus on testattu varianssianalyysillä. Kokeista, joista ei ole käytettävissä ruutukohtaisia tietoja, koetekijöiden aiheuttamien muutosten erot testattiin t-testillä. Korrelaatioanalyysiä käytettiin tutkittaessa sadon ja sen ravinnepitoisuuksien välisiä vuorosuhteita. Seuraavassa esityksessä käsitellään vain merkitseviksi osoittautuneita tai suuntaa-antavia tuloksia.

Tulokset

Nurmikoe

Keski-Suomen koeasemalla olleessa kokeessa kasvoi ensimmäisenä vuonna kaura heinän suojaviljana ja heinä kahtena seuraavana vuonna. Heinästä korjattiin vuosittain vain yksi sato.

Ensimmäisenä vuonna vain kaliumlannoitus lisäsi merkitsevästi kaurasatoa (taulukko 2). Toisen ja kolmannen vuoden heinäsatoja magnesiumlannoitus lisäsi pienen kaliummäärän tasolla, mutta suuren kaliummäärän tasolla sato pieneni (merkitsevä vuorovaikutus Mg \times K \times).

Nurmen siemenseos sisälsi 40 % timoteita, 33 % apilaa ja 27 % nurminataa. Apilan osuus heinäsadosta oli eri vuosina seuraava:

	Apila-%	
	2. vuosi	3. vuosi
$\text{Ca}_0\text{K}_1\text{Mg}_0$	25	12
" " Mg_1	27	12
" K_3Mg_0	17	4
" " Mg_1	17	20
$\text{Ca}_1\text{K}_1\text{Mg}_0$	26	13
" " Mg_1	23	17 ²⁰
" K_3Mg_0	21	11
" " Mg_1	26	17 ¹⁶
Keskim. muutos		
Ca_1-Ca_0	-1.4	3.4
K_3-K_1	-5.4	-2.1
Mg_1-Mg_0	1.7	7.3

Magnesiumlannoitus näytti parantavan apilan säilymistä nurmessa, vaikutus ei kuitenkaan ollut merkitsevä.

Heinäkasvien ja apilan magnesiumpitoisuus kohosi magnesiumlannoituksella (taulukko 3). Magnesiumpitoisuuden nousu oli riippumaton kalkituksesta. Rungas kaliumlannoitus pienensi erityisesti apilan magnesiumpitoisuutta. Kalkitus näytti kohottavan kaikkien kasvien kalsiumpitoisuutta, kun taas magnesium- ja kaliumlannoitus pienensivät sitä.

Kaliumlannoituksen kolminkertaistaminen lisäsi kauran jyväsadon ottamaa magnesiummäärää, koska sato lisääntyi (taulukko 4). Nurmisatojen magnesiumin otto lisääntyi kumpanakin vuonna magnesiumlannoituksella yli 4 kg/ha eli toisena vuonna 61 % ja kolmantena vuonna 47 %. Kalkitus edisti vain viimeisenä vuonna magnesiumin ottoa, kun taas suuri kaliummäärä vähensi sitä. Erot eivät kuitenkaan olleet merkitseviä.

Maan keskimääräinen magnesiumpitoisuus oli kolmannen vuoden syksyllä magnesiumlannoituksen saaneilla ruuduilla lähes sama kuin kokeen alkaessakin (taulukko 5), ja ero lannoittamattomaan verrattuna oli 75 mg/l. Kalkitus vähensi happamaan ammoniumasetattiin liukenevan magnesiumin määrää maassa.

Viljakoe

Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen kokeessa Luvialla kasvoi kaikkina vuosina kaura. Koe jatkui viisi vuotta, mutta sato voitiin korjata vain neljänä ensimmäisenä vuonna. Viidennen vuoden sato jäi sateisen sään vuoksi korjaamatta. Ruuduilta otettiin kuitenkin tuleentuneen sadon jyvä- ja olkinäytteet magnesiumpitoisuuden määrittystä varten. Oljet kynnettiin joka vuosi maahan.

Magnesiumlannoitus lisäsi kauran satoa toisesta vuodesta lähtien (taulukko 6). Sadonlisäys oli kuitenkin merkitsevä vain toisena ja neljäntenä vuonna. Näinä vuosina todettiin kauran oraissa 4-5-lehtiasteella selviä magnesiumin puutosoireita ilman magnesiumia kasvaneilla ruuduilla. Oraiden magnesiumpitoisuuden ja jyväsadon välinen riippuvuus oli vain toisena vuonna merkitsevä ($r = 0.505^*$). Oraiden magnesiumpitoisuuden perusteella ei voitu päätellä magnesiumlannoituksen tarvetta, sillä magnesiumlannoituksella saatu sadonlisäys ei riippunut yhtenä vuonna ilman magnesiumlannoitusta jääneiden oraiden magnesiumpitoisuudesta. Kaliummäärien vaikutus magnesiumlannoituksella saatuun sadonlisäykseen vaihteli eri vuosina. Magnesiumlannoitus lisäsi satoa toisena ja neljäntenä vuonna selvimmin ilman kalkitusta. Muina vuosina kalkituksen merkitys vaihteli.

Jyvien magnesiumpitoisuus kohosi magnesiumlannoituksen ansiosta 0.2 mg/g eli 10-25 % (taulukko 8). Kaliumlannoitus ja kalkitus eivät sensijaan muuttaneet magnesiumpitoisuutta. Magnesiumlannoituksen aiheuttama jyvien magnesiumpitoisuuden nousu oli neljäntenä vuonna merkitsevästi suurempi alemmalla kuin korkeammalla kaliumlannoitustasolla ($Mg \times K^*$).

Olkien magnesiumpitoisuuteen magnesiumlannoituksella oli selvä positiivinen vaikutus vain kahtena ensimmäisenä vuonna (taulukko 8). Viidentenä vuonna olkien magnesiumpitoisuus oli laskenut ensimmäisen vuoden tasolle. Kalkituksella ja kaliumlannoituksella ei ollut vaikutusta olkien magnesiumpitoisuuteen. Kalkitus kohotti jyvien kalsiumpitoisuutta vain ensimmäisenä vuonna, mutta olkien kalsiumpitoisuutta kaikkina vuosina. Kaliummäärän kolminkertaistamisen ja magnesiumlannoituksen negatiivinen vaikutus olkien kalsiumpitoisuuteen oli voimakkain ensimmäisenä vuonna.

Jyvien kaliumpitoisuuteen ei millään koetekijällä näyttänyt olevan selvää vaikutusta. Olkien kaliumpitoisuuteen vain kaliumlannoituksella oli selvä, pitoisuutta kohottava vaikutus.

Jyväsadon ottama magnesiummäärä oli suurin ensimmäisenä vuonna, silloin sato-taso oli korkein (taulukko 9). Ilman magnesiumlannoitusta jyvät ottivat neljän vuoden aikana magnesiumia 2.1-4.1 kg/ha/v. Magnesiumlannoitus lisäsi jyväsadon mukana poistuneen magnesiumin määrän alueelle 3.4-4.8 kg/ha/v. Magnesiumlannoituksen aiheuttama jyvien magnesiumin oton lisäys oli kaikkina vuosina merkitsevä. Myös kalkitus edisti toisena vuonna merkitsevästi magnesiumin ottoa.

Oraiden ottama magnesiummäärä oli eri vuosina 9-30 % jyväsadon ottamasta magnesiummäärästä (taulukko 10). Ensimmäisenä vuonna oraiden kasvu-aika oli pidempi kuin kahtena seuraavana vuonna. Tämän vuoksi oraiden ottama magnesiummääräkin oli silloin suurempi kuin muina vuosina. Magnesiumlannoitus paransi kauran magnesiumin saantia jo kasvukauden alussa, koska oraiden kaliumpitoisuus kohosi joka vuosi merkitsevästi. Samoin oraiden ottaman magnesiummäärän suhde jyväsadon ottamaan määrään lisääntyi magnesiumlannoituksen seurauksena.

Maan keskimääräinen kaliumpitoisuus oli kokeen alussa 36 mg/l. Kahden kasvukauden jälkeen, keväällä 1972, magnesiumlannoituksen saaneiden ruutujen kaliumpitoisuus oli keskimäärin 100 mg/l (taulukko 11). Viidennen vuoden lopussa oli samojen ruutujen kaliumpitoisuus 66 mg/l. Muokkauskerroksen alapuolelta otetuissa näytteissä näkyi magnesiumlannoituksen kaliumpitoisuutta kohottava vaikutus selvästi 40 cm:n syvyyteen asti. Vieläpä 40-60 cm syvyydessä maan kaliumpitoisuus oli merkitsevästi korkeampi lannoitetuilla kuin lannoittamattomilla koealoilla.

Kokeen kuluessa tapahtuneet maan pH:n, kalsiumpitoisuuden ja kaliumpitoisuuden muutokset olivat niinkään selvimpiä muokkauskerroksessa (taulukko 12).

Perunakoe

Sulkavalla suoritettussa kolmivuotisessa kokeessa oli kasvina koko ajan peruna. Perunan varsia ei korjattu pois koealueelta.

Kalkitus pienensi perunasätoa kaikkina vuosina (taulukko 13). Sadon muutos ei kuitenkaan ollut merkitsevä. Kaliummäärän nelinkertaistaminen lisäsi satoa merkitsevästi kolmantena vuonna ja magnesiumlannoitus toisena vuonna. Kahtena ensimmäisenä vuonna magnesiumlannoitus korvasi kalkituksen aiheuttaman sadon alenemisen. Magnesiumlannoitus näytti lisäävän satoa parhaiten pienen kaliummäärän tasolla, poikkeuksena toisen vuoden sadot, joissa tätä vuorovaikutusta ei ollut.

Kalkitus, magnesiumlannoitus ja kaliummäärän nelinkertaistaminen pienensivät kukin lievästi perunan tärkkelyspitoisuutta (taulukko 14). Korkeinman tärkkelyspitoisuuden omaavat ja suurimmat tärkkelyssadot korjattiin ilman kalkitusta magnesiumlannoituksen ja pienen kaliummäärän saaneilta ruuduilta.

Toisena ja kolmantena vuonna perunan alalehdissä todettiin selviä magnesiumin puutosoireita ilman magnesiumlannoitusta suuren kaliummäärän saaneilla ruuduilla. Näiden kasvien alalehtien magnesiumpitoisuus oli alhaisempi kuin ylälehtien (taulukko 15). Magnesiumlannoitus kohotti voimakkaasti juuri alalehtien magnesiumpitoisuutta, samalla kuitenkin kalium- ja kalsiumpitoisuudet laskivat. Runsas kaliumlannoitus pienensi sekä ala- että ylälehtien magnesiumpitoisuutta merkitsevästi kaikkina vuosina. Magnesiumlannoituksen perunan lehtien magnesiumpitoisuutta kohottava vaikutus oli pienen kaliummäärän tasolla voimakkaampi kuin runsaan kaliumlannoituksen saaneissa kasveissa (2. v. ja 3. v. $Mg \times K^{xxx}$). Mukuloiden magnesiumpitoisuus ei sanottavasti riippunut mistään koetekijästä.

Mukulasadon kuiva-ainepitoisuudeksi oletettiin 25 % ja sadon ottamat magnesiummäärät laskettiin sen perusteella. Magnesiumlannoitus lisäsi kahtena ensimmäisenä vuonna mukulasadon mukana poistuneen magnesiumin määrä (taulukko 16). Samansuuntainen vaikutus oli kaliummäärän nelinkertaistamisellakin.

Keväällä 1970 annettu magnesiumlannoitus (190 kg/ha) oli kohottanut maan magnesiumpitoisuuden 60 mg/l:sta keskimäärin 86 mg/l:aan seuraavaan kevääseen mennessä (taulukko 17). Kolmen kasvukauden jälkeen oli koko magnesiumlannoitemäärän (285 kg/ha) saaneissa ruuduissa magnesiumia edelleen keskimäärin ⁸⁶86 mg/l ja lannoituksen aiheuttama magnesiumpitoisuuden lisäys oli ²48 mg/l. Osa lannoituksena annetusta magnesiumista oli siirtynyt muokkauskerroksen alapuolelle, aina 60 cm:n syvyyteen. Muokkauskerroksen alle (20-40 cm syvyyteen) on saattanut huuhtoutua vielä enemmän, mutta kasvit ovat käyttäneet sen tehokkaammin hyväkseen.

Kalkituksen aiheuttama maan kalsiumpitoisuuden ja pH:n nousu oli suurin muokkauskerroksessa (taulukko 18). Samoin nelinkertainen kaliummäärä kohotti ensi sijassa muokkauskerroksen kaliumpitoisuutta.

Tarkastelu

Nurmikoe

Kuivaksi heinäksi korjatut apila-heinäkasvinurmen sadot hyötyivät kalkituksesta kumpanakin vuonna, apilan osuuden sadosta pysyessä muuttumattomana. Magnesiumlannoituksen keskimääräinen vaikutus heinäsattoon oli vähäinen. Vastaavia tuloksia ovat saaneet VIGERUST 1966, BOLTON ja SLOPE 1971, JOKINEN 1971. Suurimmat sadot saatiin kalkituksella ja magnesiumlannoituksella yhdessä, koska maa oli hapan (pH 5.6).

Apilan osuus sadossa väheni kaliummäärää lisättäessä (vrt. KERÄNEN ja TAINIO 1968). Magnesiumlannoituksella näytti olevan lievä positiivinen vaikutus apilan säilymiseen nurmessa (vrt. BOLTON ja SLOPE 1971).

Apilan keskimääräinen magnesiumpitoisuus oli lähes kolminkertainen heinien magnesiumpitoisuuteen verrattuna. Magnesiumlannoitus kohotti merkittävästi sekä apilan että heinäkasvien magnesiumpitoisuutta. Useissa tutkimuksissa todetaan magnesiumlannoituksen kohottavan nurmikasvien magnesiumpitoisuutta sadon määrästä riippumatta (HEMINGWAY 1961, JOKINEN 1971, TVEITNES 1975). Apila käytti tehokkaammin kuin heinät hyväkseen kasvukauden alussa annettua magnesiumia (vrt. JONES 1963, REITH 1964).

Jotta kotieläimet saisivat rehussa riittävästi magnesiumia, tulisi kasvuston magnesiumpitoisuuden olla n. 2 mg/g (WOLTON 1963). Tässä tutkimuksessa heinäsadot sisälsivät magnesiumia mainittua määrää vähemmän. Rehun magnesiumpitoisuutta voidaan ilman magnesiumlannoitustakin kohottaa lisäämällä apilan osuutta sadossa.

Viljakoe

Magnesiumlannoitus lisäsi viljasatoa kasvukausina, jolloin kylmän tai kuivan alkukesän jälkeen sää muuttui nopeasti edulliseksi ja kasvien kasvu vilkastui yhtäkkiä voimakkaasti. Vähän magnesiumia sisältävillä mailla todettiin silloin

viljan oraissa magnesiumin puutosoireita. Puutosoireisten oraiden magnesiumipitoisuus vaihteli eri vuosina. Oraiden magnesiumipitoisuuden perusteella ei voitu päätellä magnesiumlannoituksen tarvetta, sillä magnesiumlannoituksen antama sadonlisäys ei riippunut magnesiumilla lannoittamattomien oraiden magnesiumipitoisuudesta. Jyväskylän määräkään ei ollut merkittävästi riippuva oraiden magnesiumipitoisuudesta, lukuun ottamatta ensimmäisen vuoden heikkoa positiivista vuorosuhdetta. Puutosoireiden esiintymisestä huolimatta ei magnesiumlannoitus aina lisää viljojen satoa (DAM KOFOED ja HØJMARK 1971). Ohimenevätkin puutosoireet osoittavat kuitenkin, että voimakkaan kasvun aikana magnesiumin saanti ei ole riittävä.

Kasvustolle lehtilannoituksena annettu magnesiumlannoituskaan ei lisää viljojen satoa vähän magnesiumia sisältävillä mailla, vaan parhaat tulokset saadaan syksyllä tai keväällä maahan annettulla magnesiumlannoituksella (JOKINEN 1975). Magnesiumlannoitus paransi kauran magnesiumin saantia jo kasvukauden alussa oraiden magnesiumipitoisuuden noususta päätellen. Parantunut magnesiumin saanti vaikutti positiivisesti ja neljäntenä vuonna. Ensimmäisenä vuonna ennen muokkausta annettu magnesiumlannoitus kohotti 4-5 lehtiasteella otettujen oraiden magnesiumipitoisuutta n. 0.2 mg/g. Seuraavina vuosina lannoituksen aiheuttama magnesiumipitoisuuden nousu oli lähes 0.5 mg/g. Magnesiumsulfaatin magnesium ei siis ollut heti ensimmäisen kasvukauden alkupuolella kasvien käytettävissä. Siihen lienee osittain syynä toukokuun lopun kuivuus, joka hidasti magnesiumsulfaatin liukenemistä. Siksi magnesiumlannoitus ei lisännyt satoakaan heti ensimmäisenä vuonna.

Perunakoe

Kun perunan alalehdissä näkyin elokuun alussa magnesiumin puutosoireita, lehtien magnesiumipitoisuus oli n. 2 mg/g tai sen alle. Ylälehtien magnesiumipitoisuus saattoi olla useita milligrammoja korkeampi kuin alalehtien pitoisuus. Alalehtien muita lehtiä alhaisempi magnesiumipitoisuus osoittaa perunan kärsivän magnesiumin puutetta, vaikka puutosoireita ei ilmenisikään (MICHAEL 1941, JOKINEN 1969). Kaikkien lehtien magnesiumipitoisuus (VARIS 1972) ei anna yhtä selvää kuvaa perunan magnesiumin saannista kuin alä- ja ylälehtien magnesiumipitoisuuden suhde (RAUTERBERG ja MIRAFABI 1970).

Perunakokeessa magnesiumlannoitus antoi kumpanakin lannoitusvuonna sadonlisäyksen, koska maassa oli vähän magnesiumia. Aikaisemminkin magnesiumlannoituksen

on todettu lisäävän mukulasatoa vain niukasti magnesiumia sisältävillä mailla (MURPHY ja GOVEN 1968, VARIS 1972, JOKINEN 1976). Kalkituksen aiheuttaman sadon vähenemisen magnesiumlannoitus poisti kahtena ensimmäisenä vuonna (vrt. HEINONEN 1956). Magnesiumlannoituksen edullinen vaikutus satoon kalkituilla ruuduilla johtuu siitä, että magnesiumsulfaatti sopii magnesiumlannoitteeksi vain lievästi happamille mailla. NILSSONin (1975) mukaan magnesiumsulfaatti saattaa vähentää perunan satoa mailla, joiden pH on alle 5.5. Mikäli maa tarvitsee sekä kalkitusta että magnesiumlannoitusta, on edullisinta käyttää dolomiittikalkkia (KERANEN 1965).

Kaliumlannoitus lisäsi perunasatoa, mutta magnesiumlannoituksen antama sadonlisäys oli suurin pienen kaliummäärän tasolla.

Magnesiumlannoitus ei vaikuttanut merkitsevästi perunan tärkkelyspitoisuuteen. Samanlaiseen tulokseen on päädytty useissa muissakin tutkimuksissa (mm. VARIS 1972, NILSSON 1975, JOKINEN 1976). Tärkkelyssadon määrä riippui näin ollen mukulasadon määrästä ja muiden ravinteiden vaikutuksesta tärkkelyspitoisuuteen (VARIS 1972).

Arvio magnesiumin huuhtoutumisesta

Kalkituksella ja magnesiumlannoituksella Laukaan kokeen toisen vuoden nurmesta saatu n. 8 t/ha heinäsaato otti n. 20 kg/ha magnesiumia. Tämän magnesiummäärän poistaminen sadon mukana maasta pienentää maan magnesiumpitoisuutta n. 10 mg/l. Lannoituksena annetusta magnesiumista vain osa poistuu satojen mukana. Osa pidättyy maahan ja varsin merkittävä osa saattaa huuhtoutua syvälle maahan tai ojavesien mukana kokonaan pois pellosta. Seuraavassa on pyritty arvioimaan magnesiumtasetta kunkin kokeen keskimääräisten tulosten perusteella.

	Mg kg/ha		
	Nurmi (3 v.)	Vilja (4 v.)	Peruna (3 v.)
Magnesiumlannoitus	285	285	285
Sadot ottaneet lannoitteen Mg	9	3	1
Erotus	276	282	284
Maassa kokeen lopussa (0-20 cm)	150	84	56
Huuhtoutunut ja muu häviö muokkauskerroksesta	126	198	228
Huuhtoutunut ja muu häviö % annetusta Mg:sta	44	69	80

	Mg kg/ha		
	Nurmi (3 v.)	Vilja (4 v.)	Peruna (3 v.)
Maassa kokeen lopussa (20-60 cm)	..	50	34
Huuhtoutunut ja muu häviö yli 60 cm syvyyteen	..	148	194
Huuhtoutunut ja muu häviö % annetusta	..	52	68

Näyttää siltä, että magnesiumlannoituksesta oli huuhtoutunut vähiten viljeltäessä nurmea hiesumaalla ja eniten viljeltäessä perunaa hietamoreenilla. Laukaan nurmikokeesta ei otettu maanäytteitä muokkauskerroksen alapuolelta. Olkien, odelman ja perunan varsien sisältämää magnesiummäärää ei laskelmassa otettu huomioon, koska se palautui takaisin maahan. Todellisuudessa huuhtoutuneen magnesiumin määrä lienee vähäisempi kuin edellä esitetty, koska maahan jääneiden kasvinosien sisältämä magnesium ei luultavasti näy kokeen lopussa otettujen maanäytteiden magnesiumpitoisuudessa. Lisäksi tässä esityksessä huuhtoutuneeksi lasketusta magnesiumista osa on saattanut pidäytyä maahan happamaan ammonium-asetattiin uuttumattomaksi kalkituilla ruuduilla (KAILA 1974), mihin esim. Laukaan nurmikokeen maa-analyysit viittaavat. Ruotsalaisen tutkimuksen (WIKLANDER ja HALLGREN 1971) mukaan hiesusavimaasta huuhtoutui 0.7 m syvyyteen magnesiumia 4.5 kg/ha/v. Lysimetrikokeissa (WEISE 1971) saatiin huuhtoutuneen magnesiumin määräksi hietamalla 10-20 kg/ha/v.

Näissä kokeissa käytetty magnesiumlannoitus (285 kg/ha Mg = 1500 kg/ha magnesiumsulfaattia) on liian runsas tavallisessa peltoviljelyssä käytettäväksi, koska sadot ottivat siitä vain pienen osan. Muutaman vuoden välein annettavilla magnesiumlannoituksilla (esim. 60 kg/ha Mg) päästään edullisempaan tulokseen. On kuitenkin huomattava, että magnesiumlannoitus on kannattava toimenpide vain sellaisilla mailla, jotka sisältävät niukasti kasveille käyttökelpoista magnesiumia. Jos maa sisältää magnesiumia riittävästi, voi magnesiumlannoitus jopa vähentää satoa (JOKINEN 1971).

KIRJALLISUUTTA

- BOLTON, I & SLOPE, D. B. 1971. Effects of magnesium on cereals, potatoes and leys, grown on the continuous cereals site at Woburn. *Agron. J.* 77: 253-259.
- DAM KOFOED, A. & HØJMARK, I. V. 1971. Forsøg med magnesium. *Tidskr. Planteavl* 75: 349-376.
- HEINONEN, R. 1956. Magnesiumin tarpeesta Suomen pelloissa. *Agrogeol. Julk.* 65: 1-32.
- HEMINGWAY, R. G. 1961. Magnesium, potassium, sodium and calcium contents of herbage as influenced by fertilizer treatments over a three-year period. *J. Brit. Grassl.Soc.* 16: 106-116.
- JOKINEN, R. 1969. Apila- ja timoteisatojen sekä perunan alalehtien magnesiumin pitoisuuksiin vaikuttavista tekijöistä. Moniste 131 p. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos.
- " 1971. Magnesiumlannoituksen vaikutus satoihin ja maahan. *Kehittyvä Maatalous* 2: 11-18.
- " 1976. Perunan magnesium- ja mangaanilannoitus. *Koetoim. ja Käyt.* 30.11.1976: 44-45.
- " & SIMOJOKI, P. 1975. Magnesiumlannoitus viljanviljelyssä. *Kehittyvä Maatalous* 27: 22-29.
- JONES, E. 1963. Studies on the magnesium content of mixed herbage and some individual grass and clover species. *J. Brit. Grassl.Soc.* 18: 131-138.
- KAILA, A. 1974. Effect of liming on basic exchangeable cations of soil. *Selostus: Kalkituksen vaikutus maan emäksisiin vaihtuviin kationeihin. J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 46: 167-174.
- KERÄNEN, T. 1965. Magnesiumlannoitus peltoviljelyssä. *Maatal. Koetoim.* 19: 22-28.
- " & TAINIO, A. 1967. Kali-magnesium-lannoituskokeiden tuloksia. *Maatal. Koetoim.* 21: 34-41.
- MICHAEL, G. 1941. Über die Aufnahme und Verteilung des Magnesiums und dessen Rolle in den höheren grünen Pflanze. *Bodenk. Pflanzenern.* 25: 65-120.
- MURPHY, H. J. & GOVEN, M. J. 1968. Response of Katahdin potatoes to applied magnesium on a Caubu gravelly loam soil. *Maine Agric. Exp. Sta. Rep.* 16: 11-
- NILSSON, L. G. 1975. Magnesiumgödsling - intensitet och gödelnedelslag. *Rapporter från avdelningen för växtnäringlära* 99: 1-

- RAUTERBERG, E. & MIRAFETABI, B. 1970. Nährstoffmangeldiagnose durch Untersuchung der zuerst von Mangellerschneidung befallenen Pflanzenteile mit einfachen Schnellmethoden. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 125: 156-168.
- REITH, J. W. S. 1964. Effect of magnesium dressings on soils and crops. 8th Int. Congr. Soil. Sci. Bucarest 4: 337-345.
- TVEITNES, S. 1975. Avlingsmengd og kjemisk sammansening av håslåtten i relasjon til tilgangen på plantenaeringstoff. Meld. Norges Landbrukshøgskole. 54, 8: 1-26.
- VARIS, E. 1972. The effects of magnesium and potassium on the chemical composition and yield of the potato. Selostus: Magnesium- ja kaliumlannoituksen vaikutus perunan kemialliseen koostumukseen ja satoon. Acta Agr. Fenn. 128, 3: 1-13.
- WEISE, K. 1971. N-, K-, Ca- und Mg-Auswaschungsverluste aus sandigen Ackerböden in den Jahren 1966 bis 1969. Arch. Bodenfrucht. Pflanzenprod. 15: 97-106.
- VIGERUST, E. 1966. Noen gjødselvirkinger på jord og plantevekst i rammeforsøk. Forskn. Fors. Landbr. 17: 195-207.
- WIKLANDER, L. & HALLGREN, G. 1971. Utlakning av näringsämnen. 2 I åkermark vid Marsta och Gammelstorp. Grundförbättring 24: 69-75.
- WOLTON, K. M. 1963. Fertilizers and hypomagnesemia. N.A.A.S. Quart. Rev. 14: 122-130.

Taulukko 1. Koepaikkojen maan ominaisuudet

Koe- kasvi	Koe- paikka	Maa- laji	Ravinteisuus, mg/l				
			pH	P	K	Ca	Mg
Heinä	Laukaa	Hs	5.6	6.8	95	1075	180
Kaura	Luvia	Mm	5.0	5.2	135	1460	36
Peruna	Sulkava	HtMr	5.3	14.8	125	675	60

Taulukko 2. Suojaviljana olleen kauran jyväsato ja heinä sadot, kg/ha kuiva-ainetta (Laukaa)

Koejäsen	Kaura 1. vuosi	Heinä 2. vuosi	Heinä 3. vuosi
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	2640 ^a	5080 ^a	6420 ^{ab}
" " Mg ₁	2750 ^{ab}	5430 ^a	7680 ^{bc}
" K ₃ Mg ₀	2880 ^{ab}	5110 ^a	6440 ^{ab}
" " Mg ₁	2810 ^{ab}	4290 ^a	5780 ^a
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	2670 ^a	5450 ^a	7000 ^{abc}
" " Mg ₁	2710 ^a	5600 ^a	8310 ^c
" K ₃ Mg ₀	3030 ^b	5650 ^a	7940 ^{bc}
" " Mg ₁	3090 ^b	5690 ^a	6780 ^{abc}
Keskim. sadonlisäys kg/ha			
Ca ₁ -Ca ₀	110	620	930
K ₃ -K ₁	264	-210	-610
Mg ₁ -Mg ₀	34	-70	180

Selvennys: Saman pystysarakkeen luvut eivät poikkea toisistaan merkitsevästi, jos niiden yläviitteenä esiintyy sama kirjain.

Taulukko 3. Suojaviljana olleen kauran sekä heinäsatujen ravinnepitoisuudet, mg/g kuiva-ainetta (Laukaa)

	1. vuosi		2. vuosi		3. vuosi	
	Jyvät	Oljet	Heinä- kasvit	Puna- apila	Heinä- kasvit	Puna- apila
	Mg mg/g					
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	1.5	1.2	1.1	3.4	1.2	3.2
" " Mg ₁	1.6	1.4	1.8	4.8	1.2	3.6
" K ₃ Mg ₀	1.4	1.2	1.2	3.1	1.0	2.8
" " Mg ₁	1.4	1.3	1.7	4.9	1.6	3.3
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	1.4	1.2	1.2	3.4	1.2	3.7
" " Mg ₁	1.4	1.3	1.5	4.7	2.2	4.0
" K ₃ Mg ₀	1.4	1.0	1.1	3.1	1.2	2.6
" " Mg ₁	1.4	1.3	1.5	4.0	1.5	3.1
Keskim. muutos						
Ca ₁ -Ca ₀	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	0.2	0.2
K ₃ -K ₁	-0.1	-0.1	0.0	-0.3	-0.2	-0.6 ^x
Mg ₁ -Mg ₀	0.1	0.1	0.4 ^{xx}	1.3 ^{xxx}	0.4 ^{xxx}	0.4
	Ca mg/g					
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	1.5	5.4	3.9	16.5	3.5	11.2
" " Mg ₁	1.5	5.4	3.3	14.7	2.7	10.5
" K ₃ Mg ₀	1.4	5.1	3.9	14.9	2.7	8.9
" " Mg ₁	1.5	5.0	3.4	14.3	3.4	9.7
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	1.7	6.2	5.2	18.5	3.5	14.7
" " Mg ₁	1.6	5.8	3.5	17.2	5.8	12.9
" K ₃ Mg ₀	1.7	6.0	5.0	17.9	4.1	12.5
" " Mg ₁	1.5	5.8	4.3	17.7	4.5	13.4
Keskim. muutos						
Ca ₁ -Ca ₀	0.2	0.7	0.9	2.7	1.5	3.3
K ₃ -K ₁	-0.1	-0.2	0.2	-0.5	-0.1	-1.2
Mg ₁ -Mg ₀	0.0	-0.2	-0.9	-1.0	0.7	-0.2
	K mg/g					
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	5.4	33.4	29.6	36.1	25.7	30.1
" " Mg ₁	5.6	34.0	29.3	31.8	23.3	33.2
" K ₃ Mg ₀	5.6	34.7	31.2	24.5	27.4	36.2
" " Mg ₁	5.5	32.9	28.6	31.5	29.3	37.3
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	4.9	31.9	28.8	34.3	25.0	36.5
" " Mg ₁	5.6	37.8	25.1	37.3	31.8	32.0
" K ₃ Mg ₀	5.5	33.6	31.3	35.7	28.0	34.2
" " Mg ₁	5.4	34.6	31.7	41.1	31.7	35.4
Keskim. muutos						
Ca ₁ -Ca ₀	-0.2	0.7	-0.5	-6.1	2.7	0.3
K ₃ -K ₁	0.1	-0.3	2.5	-1.7	2.7	2.8
Mg ₁ -Mg ₀	0.2	1.4	1.6	2.8	2.5	0.2

Taulukko 4. Suojaviljana olleen kauran jyväsadon ja heinäsatujen ottamat magnesiummäärät, kg/ha Mg (Laukaa)

	Jyväsato	Heinäsat	Heinäsat	Yhteensä
	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	3.8	8.5	9.3	21.6
" " Mg ₁	4.4	14.1	11.4	29.9
" K ₃ Mg ₀	4.1	7.6	6.9	18.6
" " Mg ₁	3.9	9.5	11.2	24.6
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	3.7	5.5	10.7	19.9
" " Mg ₁	3.8	12.6	20.9	37.3
" K ₃ Mg ₀	4.3	8.5	10.8	23.6
" " Mg ₁	4.3	12.3	11.9	28.5
Keskim. lisäys kg/ha				
Ca ₁ -Ca ₀	-0.02	-0.20	3.88	
K ₃ -K ₁	0.23 ^{xxx}	-0.70	-2.88	
Mg ₁ -Mg ₀	0.12	4.60 ^{xx}	4.42	

Taulukko 5. Muokkauskerrroksen pH ja ravinnepitoisuus syksyllä 1970 ja 1972 (1. ja 3. koevuoden päättyessä), Laukaan koe

	1970				1972			
	pH	K mg/l	Ca	Mg	pH	K mg/l	Ca	Mg
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	5.5	143	1025	180	5.4	88	1065	135 ^{ab}
" " Mg ₁	5.6	123	1040	238	6.0	68	1150	221 ^d
" K ₃ Mg ₀	5.4	166	1030	166	5.5	145	1040	135 ^{ab}
" " Mg ₁	5.4	155	915	208	5.6	130	950	199 ^{cd}
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	6.2	122	1695	130	6.8	60	2300	90 ^a
" " Mg ₁	6.3	118	1900	213	6.9	60	2625	169 ^{bc}
" K ₃ Mg ₀	6.5	133	2340	140	7.0	98	2650	96 ^a
" " Mg ₁	6.2	129	1730	160	6.9	93	2725	166 ^{bc}
Keskim. muutos								
Ca ₁ -Ca ₀	0.8	-21	915	-37	1.3	-30	1525	-43 ^x
K ₃ -K ₁	0.0	19	80	-20	0.0	48	55	- 5
Mg ₁ -Mg ₀	0.0	-10	-125	51	0.2	-10	95	75 ^{xxx}

Taulukko 6. Kauran jyväsadot Luvian kokeessa, kg/ha kuiva-ainetta

	Jyväsadot kg/ha			
	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	4530 ^a	2810 ^a	3160 ^a	3480 ^a
" " Mg ₁	4640 ^a	3540 ^{bc}	3240 ^a	3830 ^b
" K ₃ Mg ₀	4620 ^a	2750 ^a	3300 ^a	3470 ^a
" " Mg ₁	4510 ^a	3400 ^b	3230 ^a	3940 ^b
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	4520 ^a	3330 ^b	3050 ^a	3580 ^{ab}
" " Mg ₁	4170 ^a	3830 ^c	3010 ^a	3640 ^{ab}
" K ₃ Mg ₀	4560 ^a	3430 ^b	3150 ^a	3280 ^a
" " Mg ₁	4760 ^a	3670 ^{bc}	3310 ^a	3470 ^a
Keskim. sadonlisäys kg/ha				
Ca ₁ -Ca ₀	- 77	442	- 81	-187
K ₃ -K ₁	149	- 64	111	- 89
Mg ₁ -Mg ₀	- 34	536 ^{***}	51	268 ^x

Taulukko 7. Kauran jyväsadon ravinnepitoisuus, mg/g kuiva-ainetta (Luvian koe)

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi	5. vuosi
Mg mg/g					
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	0.8	0.8 ^a	1.1 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a
" " Mg ₁	1.0	1.0 ^b	1.2 ^b	1.0 ^b	1.0 ^b
" K ₃ Mg ₀	0.8	0.8 ^a	1.1 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a
" " Mg ₁	0.9	1.0 ^b	1.2 ^b	1.0 ^b	1.0 ^b
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	0.8	0.8 ^a	1.1 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a
" " Mg ₁	1.0	1.0 ^b	1.2 ^b	1.1 ^c	1.0 ^b
" K ₃ Mg ₀	0.9	0.8 ^a	1.1 ^a	1.0 ^b	0.9 ^a
" " Mg ₁	1.0	1.0 ^b	1.2 ^b	1.1 ^c	1.1 ^c
Keskim. muutos					
Ca ₁ -Ca ₀	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K ₃ -K ₁	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mg ₁ -Mg ₀	0.2	0.2 ^{***}	0.1 ^{***}	0.1 ^{***}	0.1 ^{***}
Ca mg/g					
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	2.2	0.8	1.0	0.8	1.0
" " Mg ₁	1.9	0.8	0.8	0.7	0.9
" K ₃ Mg ₀	1.6	0.9	0.9	0.8	0.9
" " Mg ₁	1.9	0.8	0.9	0.7	0.8
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	2.3	0.9	0.9	0.8	1.0
" " Mg ₁	2.2	0.8	0.9	0.8	0.9
" K ₃ Mg ₀	2.2	0.9	1.0	0.8	0.9
" " Mg ₁	1.9	0.8	1.0	0.8	0.8
Keskim. muutos					
Ca ₁ -Ca ₀	0.3	0.0	0.0	-0.2	0.0
K ₃ -K ₁	-0.3	0.0	0.0	0.0	-0.1
Mg ₁ -Mg ₀	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1
K mg/g					
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	4.8	4.7	4.2	3.7	3.5
" " Mg ₁	3.8	5.0	4.2	3.7	3.5
" K ₃ Mg ₀	4.4	5.1	4.3	3.8	3.6
" " Mg ₁	4.6	4.8	4.3	3.9	3.7
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	4.4	5.1	4.3	4.0	3.6
" " Mg ₁	5.2	4.8	4.4	4.0	3.6
" K ₃ Mg ₀	4.6	5.1	4.4	3.9	3.8
" " Mg ₁	5.3	4.7	4.5	3.9	3.8
Keskim. muutos					
Ca ₁ -Ca ₀	0.5	0.0	0.1	0.2	0.1
K ₃ -K ₁	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2
Mg ₁ -Mg ₀	0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0

Taulukko 8. Kauran olkien ravinnepitoisuus mg/g kuiva-ainetta (Luvian koe)

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi	5. vuosi
	Mg mg/g				
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2
" " Mg ₁	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3
" K ₃ Mg ₀	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2
" " Mg ₁	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2
" " Mg ₁	0.4	0.4	0.6	0.5	0.3
" K ₃ Mg ₀	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
" " Mg ₁	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
Keskim. muutos					
Ca ₁ -Ca ₀	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
K ₃ -K ₁	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0
Mg ₁ -Mg ₀	0.2*	0.2	0.1	0.2	0.1
	Ca mg/g				
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	6.4	4.3	3.0	2.9	2.0
" " Mg ₁	5.1	3.7	2.6	3.4	1.9
" K ₃ Mg ₀	5.9	3.7	2.5	3.1	1.8
" " Mg ₁	4.2	4.1	2.4	2.8	1.8
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	6.6	4.7	3.1	3.8	2.5
" " Mg ₁	6.9	4.2	3.4	3.7	2.5
" K ₃ Mg ₀	6.5	3.9	3.0	3.2	2.2
" " Mg ₁	5.9	3.9	2.8	3.1	1.9
Keskim. muutos					
Ca ₁ -Ca ₀	1.1	0.2	0.5	0.4	0.4
K ₃ -K ₁	-0.7	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3
Mg ₁ -Mg ₀	-0.9	-0.2	-0.1	0.0	-0.1
	K mg/g				
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	17.0	31.6	14.8	22.2	21.7
" " Mg ₁	19.2	30.1	13.5	25.0	17.5
" K ₃ Mg ₀	18.7	36.9	17.7	26.9	21.9
" " Mg ₁	24.3	32.8	15.5	25.9	20.2
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	18.0	36.7	12.8	25.9	15.8
" " Mg ₁	18.5	32.9	12.4	24.7	13.3
" K ₃ Mg ₀	23.1	36.8	13.9	24.4	18.7
" " Mg ₁	22.0	32.0	15.6	27.4	22.3
Keskim. muutos					
Ca ₁ -Ca ₀	0.6	1.7	-1.7	0.6	-2.8
K ₃ -K ₁	3.2	1.8	2.3	1.7	3.7
Mg ₁ -Mg ₀	1.8	-3.5	-0.5	0.9	-1.2

Taulukko 9. Kauran jyväsatojen ottama magnesiummäärä, kg/ha Mg (Luvian koe)

	Mg kg/ha				Yhteensä
	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi	
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	3.6	2.1	3.5 ^a	3.1 ^a	12.4
" " Mg ₁	4.6	3.4 ^c	3.9 ^{ab}	3.8 ^b	15.8
" K ₃ Mg ₀	3.7	2.3 ^a	3.6 ^{ab}	3.1 ^a	12.6
" " Mg ₁	4.1	3.4 ^c	4.6 ^{ab}	3.9 ^b	15.3
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	3.6	2.8 ^{ab}	3.4 ^a	4.2 ^a	12.9
" " Mg ₁	4.2	3.8 ^c	3.6 ^{ab}	4.0 ^b	15.6
" K ₃ Mg ₀	4.1	2.8 ^b	3.5 ^a	3.3 ^a	13.6
" " Mg ₁	4.8	3.7 ^c	3.9 ^b	3.8 ^b	16.2
Keskim. lisäys					
Ca ₁ -Ca ₀	0.13	0.47 [*]	-0.10	0.09	
K ₃ -K ₁	0.13	-0.00	0.15	0.00	
Mg ₁ -Mg ₀	0.64 [*]	1.06 ^{***}	0.36 [*]	0.68 ^{***}	

Taulukko 10. Kauran oraiden magnesiumipitoisuus (mg/g) ja magnesiumin otto (kg/ha). Luvian koe

	Mg mg/g ¹⁾					Mg kg/ha ¹⁾		
	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi	5. vuosi	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	0.6 ^a	1.0 ^b	1.1 ^a	1.1 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	0.3 ^{ab}	0.6 ^a
" " Mg ₁	0.8 ^c	1.5 ^d	1.5 ^b	1.5 ^b	1.5 ^{cd}	1.5 ^{bc}	0.7 ^d	1.0 ^{bc}
" " K ₃ Mg ₀	0.6 ^a	0.7 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	1.1 ^{ab}	0.2 ^a	0.5 ^a
" " Mg ₁	0.7 ^b	1.3 ^{cd}	1.4 ^b	1.5 ^b	1.4 ^c	1.4 ^{bc}	0.5 ^c	0.8 ^{abc}
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	0.6 ^a	0.9 ^{ab}	1.1 ^a	1.1 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	0.3 ^{ab}	0.7 ^{ab}
" " Mg ₁	0.8 ^c	1.4 ^d	1.6 ^b	1.7 ^b	1.6 ^d	1.4 ^{bc}	0.5 ^c	1.1 ^c
" " K ₃ Mg ₀	0.6 ^a	0.8 ^a	1.1 ^a	1.1 ^a	1.1 ^{ab}	0.9 ^a	0.3 ^{ab}	0.7 ^{ab}
" " Mg ₁	0.9 ^d	1.1 ^{bc}	1.4 ^b	1.4 ^b	1.3 ^{bc}	1.7 ^c	0.4 ^{bc}	0.9 ^{abc}
Keskim. muutos								
Ca ₁ -Ca ₀	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.1
K ₃ -K ₁	0.0	-0.2 ^{xxx}	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1 [*]	-0.1
Mg ₁ -Mg ₀	0.2 ^{xxx}	0.4 ^{xxx}	0.4 ^{xxx}	0.5 [*]	0.4 ^{xxx}	0.5 ^{xxx}	0.2 ^{xxx}	0.3 ^{xxx}

1) Aika kylvöstä näytteiden ottoon: 1. v. 41 vrk, 2. v. 25 vrk, 3. v. 27 vrk

Taulukko 11. Maan magnesiumpitoisuus Luvian kokeessa, mg/l, Näytteenottosyvyydet: 0-20, 20-40 ja 40-60 cm

	3. vuosi	4. vuosi	5. vuosi	
	kevät 0-20	kevät 0-20	0-20	20-40 40-60
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	36 ^a	30 ^a	24 ^a	12 ^a 19 ^{ab}
" " Mg ₁	91 ^b	71 ^b	71 ^b	36 ^b 19 ^{ab}
" K ₃ Mg ₀	34 ^a	29 ^a	20 ^a	18 ^a 17 ^a
" " Mg ₁	101 ^{bc}	84 ^c	62 ^b	40 ^b 21 ^{ab}
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	40 ^a	33 ^a	29 ^a	16 ^a 18 ^a
" " Mg ₁	109 ^c	84 ^c	71 ^b	32 ^b 24 ^b
" K ₃ Mg ₀	40 ^a	33 ^a	23 ^a	10 ^a 19 ^{ab}
" " Mg ₁	105 ^{bc}	84 ^c	61 ^b	35 ^b 21 ^{ab}
Keskim. muutos				
Ca ₁ -Ca ₀	8	5	2	-3 2
K ₃ -K ₁	1	3	-6 ^x	2 0
Mg ₁ -Mg ₀	64 ^{xxx}	50 ^{xxx}	42 ^{xxx}	22 ^{xxx} 3 ^{xx}

Taulukko 12. Maan pH ja ravinnetila kokeen lopussa, Luvian koe. Näytteenottosyvyydet:
0-20, 20-40 ja 40-60 cm

	pH			Ca mg/l			K mg/l		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	5.0	3.9	3.7	1200	250	120	100	80	82
" " Mg ₁	5.0	4.0	3.6	1210	260	140	92	93	90
" K ₃ Mg ₀	5.1	4.0	3.6	1290	230	120	150	85	86
" " Mg ₁	5.1	4.1	3.6	1330	260	130	144	98	90
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	5.7	4.1	3.6	2080	300	110	90	73	78
" " Mg ₁	5.6	4.1	3.6	1950	330	150	103	74	82
" K ₃ Mg ₀	5.4	4.0	3.4	1850	300	110	140	70	83
" " Mg ₁	5.5	4.0	3.6	1740	290	140	135	90	82
Keskim. muutos									
Ca ₁ -Ca ₀	0.5	0.0	-0.1	648	55	0	-5	-12	-6
K ₃ -K ₁	0.0	0.0	-0.1	-58	-15	-5	46	6	2
Mg ₁ -Mg ₀	0.0	0.0	0.0	-48	15	25	-2	12	4

Taulukko 13. Perunasadot Sulkavan kokeessa, t/ha

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	25.1 ^a	17.3 ^{ab}	14.9 ^a
" " Mg ₁	26.5 ^a	19.2 ^b	16.7 ^{ab}
" K ₄ Mg ₀	26.6 ^a	18.2 ^{ab}	17.9 ^b
" " Mg ₁	25.8 ^a	18.4 ^{ab}	17.4 ^b
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	24.2 ^a	16.2 ^a	14.7 ^a
" " Mg ₁	25.2 ^a	17.7 ^{ab}	14.8 ^a
" K ₄ Mg ₀	26.0 ^a	15.8 ^a	16.5 ^{ab}
" " Mg ₁	26.2 ^a	19.4 ^b	15.0 ^a
Keskim. lisäys t/ha			
Ca ₁ -Ca ₀	-0.6	-1.0	-1.5
K ₄ -K ₁	0.9	0.4	1.4 [*]
Mg ₁ -Mg ₀	0.5	1.8 [*]	0.0

Taulukko 14. Perunan tärkkelyspitoisuus (%) ja tärkkelyssato (kg/ha), Sulkavan koe.

	Tärkkelyspitoisuus %			Tärkkelyssato kg/ha		
	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	20.2	20.2	17.1	5020	3770	2550
" " Mg ₁	20.9	21.9	17.4	5540	4200	2910
" K ₄ Mg ₀	20.4	21.2	16.8	5430	3860	3010
" " Mg ₁	20.4	20.7	16.1	5260	3810	2800
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	20.6	21.8	16.8	4990	3530	2470
" " Mg ₁	20.7	21.5	16.9	5220	3810	2500
" K ₄ Mg ₀	20.3	20.2	16.0	5280	3190	2640
" " Mg ₁	19.9	20.5	15.7	5210	3980	2360
Keskim. muutos						
Ca ₁ -Ca ₀	-0.1	-0.1	-0.5	-138	-238	-325
K ₄ -K ₁	-0.3	-1.1	-0.9 [*]	103	-118	90
Mg ₁ -Mg ₀	0.1	-0.1	-0.2	128	363	-25

Taulukko 15. Perunan ala- ja ylälehtien sekä mukuloiden ravinnepitoisuudet (mg/g kuiva-ainetta), Sulkavan koe

	Alalehdet			Ylälehdet			Mukulat		
	1. v.	2. v.	3. v.	1. v.	2. v.	3. v.	1. v.	2. v.	3. v.
	Mg mg/g								
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	3.6 ^a	2.2 ^a	3.1 ^b	3.6 ^a	3.3 ^b	3.2 ^b	0.8	0.9	0.4
" " Mg ₁	10.9 ^d	15.9 ^c	9.8 ^e	7.9 ^d	10.2 ^d	7.0 ^e	0.8	0.9	0.3
" K ₄ Mg ₀	3.9 ^{ab}	1.5 ^a	2.4 ^a	3.8 ^a	2.3 ^a	2.8 ^{ab}	0.8	1.0	0.5
" " Mg ₁	8.9 ^c	9.4 ^b	5.4 ^c	7.0 ^d	6.5 ^c	4.7 ^c	1.0	1.1	0.5
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	5.2 ^b	2.2 ^a	2.4 ^a	4.5 ^b	3.1 ^b	2.9 ^{ab}	0.8	0.8	0.4
" " Mg ₁	10.8 ^d	14.8 ^c	8.0 ^d	7.3 ^d	9.5 ^d	5.9 ^d	0.9	0.9	0.5
" K ₄ Mg	3.6 ^a	0.8 ^a	1.6 ^a	3.7 ^a	1.8 ^a	2.5 ^a	0.8	1.0	0.5
" " Mg ₁	8.5 ^c	8.2 ^b	5.1 ^c	6.3 ^c	5.8 ^c	4.1 ^c	0.8	1.1	0.5
Keskim. muutos									
Ca ₁ -Ca ₀	0.2	-0.7	-1.1 [*]	-0.2	-0.6	-0.6 ^{**}	0.0	-0.1	0.1
K ₄ -K ₁	-1.4 ^{**}	-3.8 ^{***}	-2.1 ^{***}	-0.6 ^{***}	-2.4 ^{***}	-1.3 ^{***}	0.1	0.2 [*]	0.1
Mg ₁ -Mg ₀	5.7 ^{***}	10.4 ^{***}	4.8 ^{***}	3.2 ^{***}	5.4 ^{***}	2.5 ^{***}	0.1	0.1	0.1
	Ca mg/g								
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	59.2	65.0	47.3	33.2	35.6	24.6	0.6	0.3	0.4
" " Mg ₁	45.2	47.3	45.3	25.6	28.7	23.3	0.4	0.2	0.3
" K ₄ Mg ₀	54.2	48.3	35.8	29.9	26.6	16.7	0.4	0.3	0.3
" " Mg ₁	37.0	39.4	33.0	21.0	21.2	15.9	0.4	0.3	0.3
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	71.7	65.9	47.8	37.6	42.0	24.7	0.7	0.3	0.6
" " Mg ₁	60.5	51.0	46.7	28.1	38.9	23.8	0.6	0.3	0.4
" K ₄ Mg ₀	64.2	48.3	38.0	32.0	29.9	18.3	0.3	0.3	0.5
" " Mg ₁	52.3	46.5	38.6	25.3	27.3	17.2	0.5	0.3	0.6
Keskim. muutos									
Ca ₁ -Ca ₀	13.3	6.4	2.4	3.4	5.8	0.9	0.1	0.0	0.2
K ₄ -K ₁	-7.2	-14.2	-10.4	-4.0	-9.4	-5.5	-0.2	0.0	0.0
Mg ₁ -Mg ₀	-13.6	-8.4	-1.3	-8.2	-5.2	-0.9	0.0	0.0	0.0
	K mg/g								
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	63.9	49.3	50.5	49.7	45.4	41.1	19.6	21.3	19.6
" " Mg ₁	58.0	36.7	43.0	48.6	38.6	37.1	20.2	22.4	19.2
" K ₄ Mg ₀	72.5	72.4	72.1	56.7	63.6	54.0	21.9	24.1	25.0
" " Mg ₁	72.3	66.4	68.9	52.2	56.5	54.2	26.6	26.6	23.4
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	67.3	42.7	52.8	38.8	42.7	20.7	20.7	20.3	17.7
" " Mg ₁	57.4	31.5	39.2	47.9	32.4	35.8	22.5	19.7	20.8
" K ₄ Mg ₀	76.2	67.0	68.4	53.5	57.0	52.6	16.6	26.9	25.8
" " Mg ₁	66.6	61.0	62.1	56.4	52.5	53.0	22.5	25.4	24.4
Keskim. muutos									
Ca ₁ -Ca ₀	0.2	-5.5	2.6	0.8	-5.8	-0.6	-1.5	-0.5	0.4
K ₄ -K ₁	10.2	26.7	21.1	4.9	18.6	14.3	1.1	4.8	5.3
Mg ₁ -Mg ₀	-6.4	-8.9	-8.0	-1.8	-6.1	-2.6	3.3	0.4	-0.1

Taulukko 16. Mukulasatojen ottamat magnesiummäärät, kg/ha, Sulkavan koe

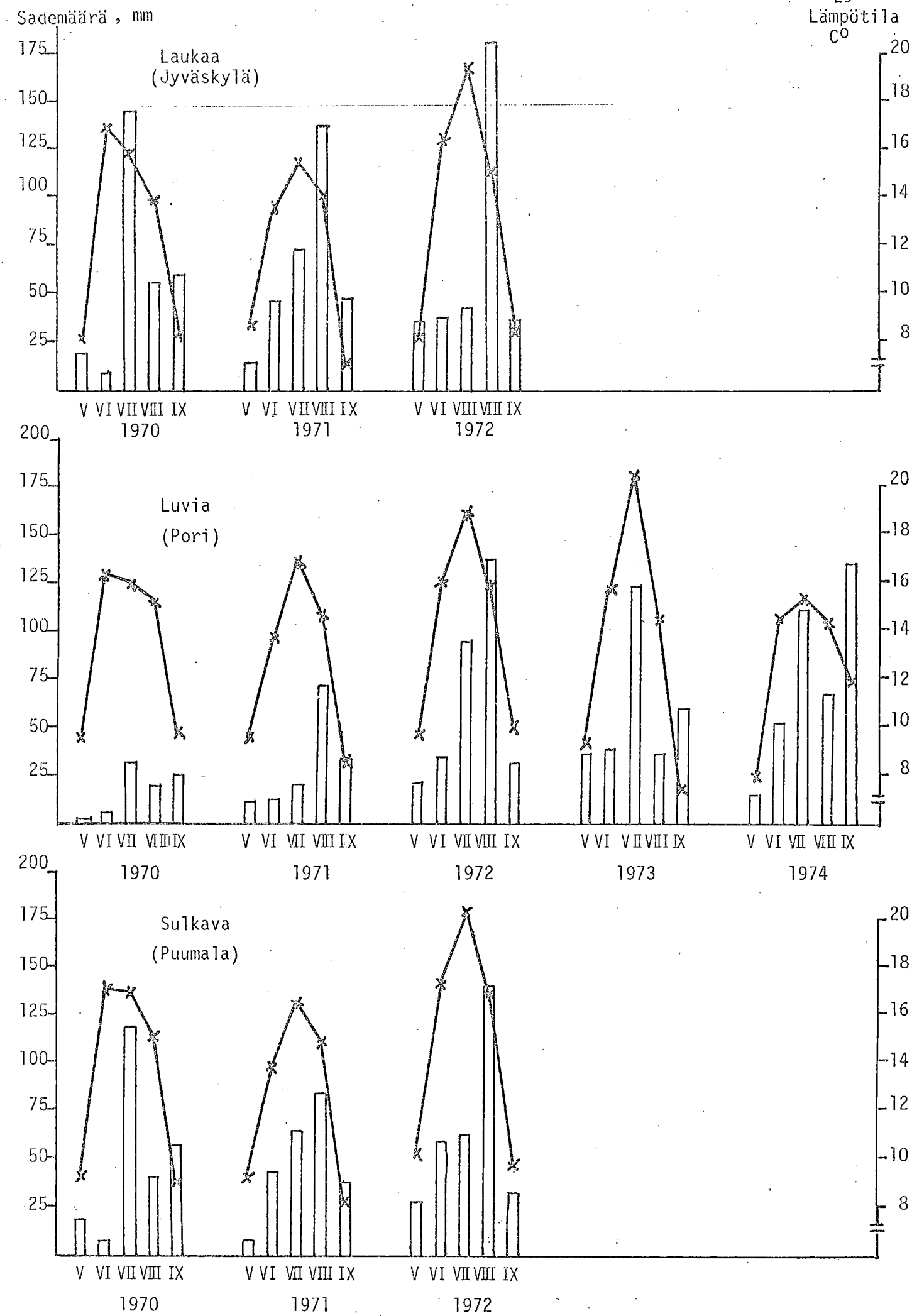
	Mg kg/ha			
	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	Yhteensä
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	5.0	3.9	1.5	10.4
" " Mg ₁	5.3	4.3	1.3	10.9
" K ₄ Mg ₀	5.4	4.6	2.2	12.2
" " Mg ₁	6.5	5.1	2.2	13.8
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	4.8	3.2	1.5	9.5
" " Mg ₁	5.7	4.0	1.9	11.6
" K ₄ Mg ₀	5.2	4.0	2.1	11.3
" " Mg ₁	5.2	5.3	1.9	12.4
Keskim. lisäys kg/ha				
Ca ₁ -Ca ₀	0.29	-0.33	-0.02	
K ₄ -K ₁	0.34	0.89	0.57 ^{**}	
Mg ₁ -Mg ₀	0.56 [*]	0.78	0.02	

Näytteenottosyvyydet: 0-20, 20-40 ja 40-60 cm

	2. vuosi kevät		3. vuosi, syksy		
	0-20	0-20	0-20	20-40	40-60
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	44 ^a	39 ^a	20 ^a	19 ^a	8 ^a
" " Mg ₁	70 ^{ab}	63 ^b	40 ^{ab}	25 ^a	23 ^{bc}
" K ₄ Mg ₀	45 ^a	34 ^a	20 ^a	11 ^a	16 ^{abc}
" " Mg ₁	88 ^b	84 ^c	46 ^{bc}	21 ^a	27 ^c
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	49 ^a	43 ^a	25 ^a	8 ^a	8 ^a
" " Mg ₁	98 ^b	111 ^d	64 ^c	13 ^a	15 ^{abc}
" K ₄ Mg ₀	46 ^a	39 ^a	23 ^a	14 ^a	5 ^a
" " Mg ₁	89 ^b	89 ^c	49 ^{bc}	19 ^a	11 ^{ab}
Keskim. muutos					
Ca ₁ -Ca ₀	9	16 ^x	9	-6	-9
K ₄ -K ₁	2	- 2	-3	0	1
Mg ₁ -Mg ₀	40 ^{xxx}	48 ^{xxx}	28 ^{xxx}	7	10 ^{xx}

Taulukko 18. Maan pH kalsium- ja kaliumpitoisuus kokeen lopussa, Sulkavan perunakoe. Näytteenottosyvyydet: 0-20, 20-40 ja 40-60 cm

	pH			Ca mg/l			K mg/l		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Ca ₀ K ₁ Mg ₀	5.4	5.6	6.0	680	210	50	124	56	34
" " Mg ₁	5.4	5.7	5.9	580	120	60	116	48	39
" K ₄ Mg ₀	5.4	5.7	6.2	580	100	150	203	76	65
" " Mg ₁	5.7	5.8	5.9	840	60	100	179	64	51
Ca ₁ K ₁ Mg ₀	6.4	5.9	6.0	1840	80	110	101	48	60
" " Mg ₁	6.4	5.7	5.8	1810	30	90	125	24	22
" K ₄ Mg ₀	6.1	5.8	5.8	1460	40	60	191	46	53
" " Mg ₁	6.4	5.7	5.9	1710	40	60	189	73	48
Keskim. muutos									
Ca ₁ -Ca ₀	0.9	0.1	-0.1	1035	-75	-10	- 4	-13	- 2
K ₄ -K ₁	0.0	0.0	0.0	-80	-50	-15	74	21	16
Mg ₁ -Mg ₀	0.2	0.0	-0.1	95	-45	-15	-3	- 4	-13



Kuva 1. Kasvukausien sademäärä (pylväs) ja keskilämpötila (murtoviiva) kuukausittain koepaikoilla.

