

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 11

RAILI JOKINEN:

TALKKITEOLLISUUDEN SIVUTUOTE MAANPARANNUS-
AINEENA JA MAGNESIUMLANNOITTEENA

VANTAA 1979

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYYSIIKAN LAITOS

T I E D O T E N:o 11

RAILI JOKINEN:

TALKKITEOLLISUUDEN SIVUTUOTE MAANPARANNUSAINEENA
JA MAGNESIUMLANNOITTEENA

PL 18

01301 VANTAA 30

PUH: 831 941

| Sisällysluettelo | Sivu |
|---|------|
| Tiivistelmä | 1 |
| Johdanto | 2 |
| Aineisto ja menetelmät | 2 |
| Tulokset | 4 |
| Sadot | 4 |
| Satojen ravinnepitoisuudet | 5 |
| Satojen ravinteiden otto | 6 |
| Maan pH-luku ja ravinnepitoisuudet | 7 |
| Kalkitusaineiden magnesiumin käyttökelpoisuus | 8 |
| Taulukot 1-9 ja kuva | 9-15 |

Tiivistelmä

Talokiteollisuudesta sivutuotteena saatavan karbonaattirikasteen (magnesiumkarbonaatti + kalsiumkarbonaatti) käyttöarvoa kalkitusaineena ja magnesiumlannoitteena tutkittiin astiakokeessa hieta- ja turvemaalla. Karbonaattirikastetta verrattiin kalkkikivijauheeseen ja dolomiittikalkkiin joko sellaisenaan tai kalkkikivijauheeseen sekoitettuna (1 osa kalkkikivijauhetta + 3 osaa karbonaattirikastetta). Jokaisista kalkitusainetta sekoitettiin noin 4.5 litran maaerään 10 g neutraloivaa kalsiumia vastaava määrä. Ensimmäisenä vuotena kasvatettiin astioissa raiheinää ja toisena vuotena kauraa.

Karbonaattirikasteen maan happamuutta neutraloiva vaikutus oli noin neljäsosa kalkkikivijauheen tai noin kolmasosa dolomiittikalkin neutraloivasta vaikutuksesta. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seos (3+1) ei vastannut neutralointikyvyltään dolomiittikalkkia.

Muihin kalkitusaineisiin verrattuna yli kaksinkertainen määrä karbonaattirikastetta tuotti runsaasti magnesiumia sisältävät, mutta määrältään pienet sadot.

Dolomiittikalkkina tai karbonaattirikasteena annetusta magnesiumista sadot otivat lähes yhtä suuren suhteellisen osuuden kummastakin, ja nämä kalkitusaineet näyttävät olevan keskenään samanarvoisia magnesiumlannoitteita.

Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seos (3+1) neutraloi happamuutta tehokkaammin kuin karbonaattirikaste yksin. Seoksella, jossa on yksi osa kalkkikivijauhetta ja yksi osa karbonaattirikastetta päästäneen dolomiittikalkin antamien tulosten tasolle.

Johdanto

Erilaisten teollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen maataloudessa on lisääntynyt viimeksi kuluneina vuosina. Kaikilla niillä sivutuotteilla, joiden mukana maahan voidaan tuoda kasvien tarvitsemia ravinteita lienee jonkin asteista käyttöarvoa. Kenttä- tai astiakokeissa tehty teollisuuden sivutuotteiden vertailu käytössä oleviin lannoitteisiin tai kalkitusaineisiin antaa tietoja, joiden perusteella voidaan päätellä tuotteen käytön kannattavuutta.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan talkkitekiteollisuuden sivutuotteena saatavan karbonaattirikasteen käyttöarvoa magnesiumlannoitteena ja kalkitusaineena.

Aineisto ja menetelmät

Oy Lohja Ab omistaa Pohjois-Karjalassa Polvijärven kunnassa talkkiesiintymän. Talkin puhdistuksessa saadaan pääasiassa magnesiumkarbonaattia ja kalsiumkarbonaattia sisältävä sivutuote. Sen luonnollinen käyttötarkoitus olisi magnesiumlannoitteena ja kalkitusaineena. Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksella verrattiin astiakokeessa talkkitekiteollisuuden sivutuotetta kalkkikivijauheeseen ja dolomiittikalkkiin. Koe jatkui kaksi vuotta (1977-78); ensimmäisenä vuotena kasvina raiheinä ja toisena vuotena kaura.

Valtion maatalouskemian laitos teki karbonaattirikasteesta ja kalkeista virallisesti käytössä olevan menetelmän mukaiset neutraloivan kalsiumin sekä kalsium- ja magnesiumpitoisuuden määritykset (taulukko 1). Karbonaattirikaste sisälsi neutraloivaa kalsiumia vain 15 % ja sen magnesiumpitoisuus oli 6.4 %.

Karbonaattirikaste on huomattavasti hienompaa kuin tavalliset kalkitusaineet, sillä se läpäisee kokonaisuudessaan 0.42 mm silmäkoon seulan.

Astiakoe suunniteltiin siten, että kutakin kalkitusainetta tuli 4.5 l maaerää kohti 10 g neutraloivaa kalsiumia vastaava määrä. Kalkkikivijauhetta punnittiin 26.8 g/ast, dolomiittikalkkia 28.3 g/ast. ja karbonaattirikastetta 66.7 g/ast. (taulukko 2). Kalkkikivijauheesta ja karbonaattirikasteesta valmistettiin mekaaninen seos 1+3.3 (11.5 g kalkkikivijauhetta + 38.1 g karbonaattirikastetta), jonka magnesiumpitoisuudeksi tuli 5 %. Tässä seoksessa tuli astiaa kohti yhtä paljon magnesiumia kuin dolomiittikalkissakin.

Raiheinää ja kauraa kasvatettiin kahdella eri maalla, hienolla hiedalla ja saraturpeella. Kumpikin maa oli kalkituksen tarpeessa (pH 5.3, 5.0) ja ne sisälsivät vähän kalsiumia ja magnesiumia (taulukko 3).

Kalkitusaineiden lisäksi raiheinä ja kaura saivat riittävät määrät typpeä, fosforia, kaliumia ja hivenaineita (boori, kupari, mangaani, sinkki ja molybdeeni).

Ensimmäisenä vuotena korjattiin raiheinästä neljä satoa. Toisen vuoden kasvin, kauran, sato korjattiin tuleentuneena. Kaikista sadoista määritettiin kokonaistyppi, -fosfori, -kalsium, -magnesium ja -kalium. Satojen astiaa kohti ottamat ravinnemäärät on laskettu kuiva-ainesadon ja sen ravinnepitoisuuden tulona. Kasvien ottamat kalsium- ja magnesiummäärät antavat tietoja tutkittavien kalkitusaineiden sisältämien k.o. ravinteiden käyttökelpoisuudesta.

Kalkitusaineiden neutraloivan vaikutuksen seuraamiseksi tehtiin asitoiden maista kumpanakin vuonna sadonkorjuun jälkeen pH-määritykset. Kokeen loputtua määritettiin maista viljavuusanalyysin menetelmän mukaan fosfori-, kalsium- ja magnesiumpitoisuus.

Kasvukausi 1978 oli sateinen eikä maiden läpi valunutta vettä voitu imeyttää takaisin. Tämän vuoksi määritettiin vesien kalsium- ja magnesiumpitoisuus. Maiden läpi valunut vesi sisälsi kalsiumia ja magnesiumia seuraavasti:

| | Hieno hieta | | Saraturve | |
|---------------------------|-------------|-----|-----------|-----|
| | Ca | Mg | Ca | Mg |
| | mg/ast. | | mg/ast. | |
| Kalkitsematon | 0 | 0 | 742 | 79 |
| Kalkkikivijauhe | 740 | 3 | 1422 | 47 |
| Karbonaattirikaste | 325 | 230 | 827 | 487 |
| Dolomiittikalkki | 482 | 157 | 1215 | 377 |
| Kalkkikivijauhe + rikaste | 631 | 116 | 1102 | 257 |

Nämä ravinnemäärät otettiin huomioon eri kalkitusaineiden magnesiumin käyttökelpoisuutta arvioitaessa.

Tutkimustulosten luotettavuus on testattu varianssianalyysillä.

TULOKSET

Sadot

Hietamaalla kalkitus lisäsi satoa selvästi kumpanakin vuotena (kuva 1). Kahden vuoden sadot yhteensä olivat eri kalkitusaineita käytettäessä 6.3-8.1-kertaiset kalkitsemattomaan verrattuna. Kalkkikivijauheella yksinään saatiin merkittävästi suuremmat sadot kuin muilla kalkitusaineilla. Dolomiittikalkki ja karbonaattirikaste olivat keskenään saman arvoiset. Kalkkikivijauheen ja karbonaattirikasteen seoksella saadut sadot olivat runsaammat kuin kahdella e.m. kalkilla saadut, mutta ero ei ollut merkittävä.

Ensimmäisenä vuotena korjattiin raiheinästä neljä satoa (taulukko 4). Toisella ja kolmannella korjuukerralla näytti karbonaattirikaste tuottavan vähemmän satoa kuin dolomiittikalkki tai kalkkikivijauhe. Kasvukauden kokonaissatokin jäi karbonaattirikasteella hieman muita pienemmäksi. Kalkitusaineiden väliset erot eivät kuitenkaan olleet merkittävät.

Toisena vuotena ei kalkitsemattomiin kaurakasvustoihin muodostunut jyviä ja olkisatokin oli pieni. Kalkkikivijauheella yksinään saatiin merkittävästi suuremmat kauran kokonaissadot kuin muilla keskenään saman arvoisilla kalkitusaineilla. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seos ei osoittautunut tällä maalajilla pelkkää karbonaattirikastetta paremmaksi.

Jos kalkkikivijauheella saatua satoa merkitään suhdeluvulla 100, muiden tutkittujen kalkitusaineiden antamien satojen suhdeluvut ovat seuraavat:

| | 1. vuosi | 2. vuosi | Yhteensä |
|---|----------|----------|----------|
| Kalkkikivijauhe | 100 | 100 | 100 |
| Karbonaattirikaste | 79 | 76 | 77 |
| Dolomiittikalkki | 89 | 71 | 78 |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 93 | 82 | 86 |

Saraturpeella kahden vuoden sadot olivat kalkkikivijauhetta käytettäessä merkittävästi suuremmat kuin kalkitsemattomien astioiden sadot (kuva 1). Karbonaattirikaste ja dolomiittikalkki eivät lisänneet satoa kalkitsemattomaan verrattuna. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seos tuotti merkittävästi enemmän satoa kuin karbonaattirikaste yksin, mutta ero kalkitsemattomaan verrattuna ei ollut merkittävä.

Raiheinän ensimmäisen korjuun sato oli kaikissa käsittelyissä saman suuruinen (taulukko 4). Kalkituksen satoa lisäävä vaikutus tuli esiin vasta toisesta sadosta lähtien. Tutkittujen kalkitusaineiden välillä oli toisessa ja kolmannessa sadossa merkitsevä ero. Dolomiittikalkilla ja karbonaattirikasteella saadut sadot olivat keskenään yhtä suuret, mutta merkitsevästi pienemmät kuin kalkkikivijauheella tai karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seoksella saadut sadot. Toisena vuotena kalkitus näytti lievästi alentavan kauran satoa ja kalkitusaineiden väliset erot olivat vähäiset.

Kalkkikivijauheeseen verrattuna eri kalkitusaineilla saatujen satojen suhdelluvut olivat seuraavat:

| | 1. vuosi | 2. vuosi | Yhteensä |
|---|----------|----------|----------|
| Kalkkikivijauhe | 100 | 100 | 100 |
| Karbonaattirikaste | 72 | 85 | 76 |
| Dolomiittikalkki | 73 | 79 | 75 |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 90 | 79 | 86 |

Suhdelukuina esitetty vertailu osoittaa samalla määrällä neutraloivaa kalsiumia (10 g/ast.) saatujen satojen suhdetta. Kummallakin maalajilla tuotti raiheinä karbonaattirikastetta käytettäessä yli 20 % pienemmät sadot kuin kalkkikivijauhe. Karbonaattirikasteeseen sekoitettu pieni määrä kalkkikivijauhetta (23 % seoksen painosta) paransi karbonaattirikasteen käyttöarvoa raiheinän viljelyssä. Dolomiittikalkkia käytettäessä raiheinän suhteellinen sato kalkkikivijauheeseen verrattuna oli hietamaalla parempi kuin turvemaalla.

Satojen ravinnepitoisuudet

Magnesiumpitoiset kalkitusaineet kohottivat raiheinän magnesiumpitoisuutta kaikilla niittokerroilla ja kummallakin maalajilla (taulukko 5). Karbonaattirikastetta käytettäessä raiheinäsatojen magnesiumpitoisuus oli korkeampi kuin muilla kalkitusaineilla tuotettujen satojen magnesiumpitoisuus. Hietamaalla kalkitsemattomissa raiheinäkasvustoissa oli koko kasvukauden ajan selviä magnesiuminpuutteen oireita ja satojen magnesiumpitoisuus oli erittäin alhainen.

Raiheinän kalsiumpitoisuus oli kaikissa sadoissa korkein, kun kalkitusaineena oli käytetty kalkkikivijauhetta, ja alhaisin karbonaattirikastetta annettaessa.

Satojen kalium-, fosfori- ja typpipitoisuudet eivät muuttuneet eri kalkitusaineilla yhtä selvästi kuin kalsium- ja magnesiumpitoisuus.

Kauran olkisatojen ravinnepitoisuuksissa näkyivät kalkitusaineiden aiheuttamat erot saman suuntaisina kuin raiheinäsadoissakin. Jyvien ravinnepitoisuuksien vaihtelut olivat vähäiset.

Satojen ravinteiden otto

Astiakokeessa sadon määrän vaihtelut vaikuttavat herkästi myös ravinnepitoisuuksiin. Tämän vuoksi sadon ottamat ravinnemäärät kuvaavat eri aineiden mukana annettujen ravinteiden käyttökelpoisuutta kasveille paremmin kuin sadon ravinnepitoisuudet. Tässä tutkimuksessa on syytä kiinnittää huomio vain kalkitusaineiden mukana tulleen magnesiumin käyttökelpoisuuteen.

Kalkitsemattomasta hietamaasta kahden vuoden sadot ottivat vain 5 mg/ast. magnesiumia (taulukko 6). Vastaava magnesiumin otto turvemaalla oli 94 mg/ast. Ensimmäisen niittokerran raiheinäsato otti eniten karbonaattirikasteen magnesiumia. Edullisuus muihin kalkitusaineisiin verrattuna johtuu osittain siitä, että karbonaattirikaste oli huomattavasti hienojakoisempaa kuin muut kalkit. Kahden vuoden aikana sadot ottivat määrällisesti eniten magnesiumia karbonaattirikasteesta. Tässä kalkissa astiaa kohti tullut magnesiummäärä oli yli kaksinkertainen muiden kalkkien mukana tulleeseen magnesiummäärään verrattuna. Kasvit käyttivät hyväkseen hietamaalla 3.7 % ja turvemaalla 2.4 % karbonaattirikasteen magnesiumista. Tämän astiakokeen tulosten mukaan karbonaattirikaste näytti olevan magnesiumlannoitteena lähes dolomiittikalkin veroinen. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seoksessa astiaan tuli magnesiumia yhtä paljon kuin dolomiittikalkissakin. Hietamaalla sadot ottivat kummankin kalkitusaineen magnesiumia saman verran (noin 5 %). Turvemaalla seoksen magnesiumia oli otettu enemmän kuin dolomiittikalkin magnesiumia.

Kalsiumia sadot ottivat määrällisesti eniten kalkkikivijauhetta saaneissa astioissa ja vähiten karbonaattirikasteen astioissa. Kalkitusaineiden mukana annetut kalsiummäärät olivat vastaavasti 9800 ja 3050 mg/ast.

Kasvien kalkitusaineesta ottamaa kalsiummäärää ei voida selvittää, koska fosforilannoitteena käytetyn monokalsiumfosfaatin mukanaan tuli vuosittain 259 mg/ast. kalsiumia.

Maan pH-luku ja ravinnepitoisuudet

Kummankin koevuoden syksyllä maista mitatut pH-luvut osoittavat, että hietamaassa kalkitusaineet kohottivat pH-lukua ensimmäisenä kasvukautena vähemmän kuin turvemaassa (taulukko 7). Toisen kasvukauden lopussa olivat hietamaan pH:t edelleen kohonneet, mutta turvemaassa kalkkien neutraloiva vaikutus oli jo vähenemässä.

Kalkkikivijauheeseen ja dolomiittikalkkiin verrattuna yli kaksinkertainen karbonaattirikastemäärä kohotti pH-lukua aluksi (syksy 1977) 0.4-0.7 yksikköä vähemmän kuin kalkkikivijauhe ja 0.2-0.3 yksikköä vähemmän kuin dolomiittikalkki. Kokeen lopussa pH-luvun nousu kalkkikivijauheeseen verrattuna oli 0.6-1.0 yksikköä ja dolomiittikalkkiin verrattuna 0.3 yksikköä pienempi. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seos ei kohottanut pH:ta niin paljon kuin kalkkikivijauhe yksin, mutta oli teholtaan parempi kuin karbonaattirikaste ja lähes saman arvoisen kuin dolomiittikalkki.

Koetta perustettaessa kutakin kalkitusainetta sekoitettiin astian maaerään neutralointikyvyltään yhtä suuret määrät. Toisen koevuoden lopussa oli kalkkikivijauhe kohottanut pH-lukua enemmän kuin muut kalkit. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seos oli saman veroinen dolomiittikalkin kanssa.

Tässä astiakokeessa tarvittiin pH-luvun kohottamiseen yhdellä yksiköllä seuraavat määrät kalkitusaineita (g/ast, t/ha):

| | | |
|---|------------|----------|
| Kalkkikivijauhe | 11 g /ast. | 4.5 t/ha |
| Karbonaattirikaste | 43 " | 17.3 " |
| Dolomiittikalkki | 15.3 " | 6.0 " |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 26.3 " | 10.5 " |

Samalla kalkkimäärällä (esim. 25 g/ast. kalkkia = 10 t/ha) eri kalkitusaineita saatiin seuraavat pH-luvun muutokset, jos oletetaan kalkituksen vaikuttavan suoraviivaisesti maan pH-lukuun:

| | |
|---|---------------|
| Kalkkikivijauhe | 2.20 yksikköä |
| Karbonaattirikaste | 0.58 " |
| Dolomiittikalkki | 1.64 " |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 0.95 " |

Edellä esitetyt vertailut osoittavat, että karbonaattirikastetta olisi käytettävä kalkkikivijauheeseen verrattuna lähes nelinkertainen määrä, jotta pH-luvun nousu olisi kummallakin yhtä suuri. Dolomiittikalkkia tulisi tämän astiakokeen tuloksen mukaan käyttää 1.3-kertainen määrä kalkkikivijauheeseen verrattuna. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seosta 3+1 olisi käytettävä 1.7-kertainen määrä, jotta tulos olisi saman arvoinen dolomiittikalkin kanssa ja 2.3-kertainen määrä kalkkikivijauheen tehon saavuttamiseen. Eri kalkitusaineiden neutraloivan kyvyn jatkuvuutta ei selvitetty.

Seoksella, jossa on 1 osa kalkkikivijauhetta ja 1 osa karbonaattirikastetta saavutettaisiin ehkä dolomiittikalkkiin verrattavaa neutraloiva tulos. Seoksen magnesiumpitoisuus olisi 3.4 % Mg.

Koekauden lopussa kalkitsemattomat hietamaat sisälsivät kalsiumia enemmän kuin kokeiden alkaessa (taulukko 8). Fosforilannoitteeksi annetun monokalsiumfosfaatin mukana tuli kalsiumia 259 mg/ast. ja sadot ottivat kahdessa vuodessa vain 45 mg/ast.

Kummallakin maalajilla maan kalsiumpitoisuus oli kohonnut kalkkikivijauheella eniten, ja karbonaattirikasteella vähiten. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seoksella kalsiumpitoisuus oli kohonnut samalle tasolle kuin dolomiittikalkillakin.

Kolmella magnesiumpitoisella kalkitusaineella oli selvä positiivinen vaikutus maan magnesiumpitoisuuteen. Karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seoksessa tuli maahan magnesiumia yhtä paljon kuin dolomiittikalkissakin. Kokeiden loputtua dolomiittikalkkia saaneista maista uuttui happamaan ammoniumasetattiin magnesiumia enemmän kuin e.m. seoksesta. Karbonaattirikaste yksinään kohotti maan magnesiumpitoisuutta enemmän kuin muut kalkitusaineet.

Kalkitusaineiden magnesiumin käyttökelpoisuus

Karbonaattirikasteen, dolomiittikalkin tai karbonaattirikasteen ja kalkkikivijauheen seoksen mukana annetusta magnesiumista oli vielä kahden vuoden koejakson jälkeen happamaan ammoniumasetattiin uuttumatonta huomattava osa (taulukko 9). Turvemaalla uuttumaton osa kalkkien magnesiumista oli pienempi kuin hietamaalla. Sekä hiedalla että turpeella dolomiittikalkin magnesiumista oli liuennut enemmän kuin karbonaattirikasteen magnesiumista.

Taulukko 1. Kalkitusaineiden ja karbonaattirikasteen ominaisuudet.

| | Neutral. | |
|--------------------|----------|---------|
| | Ca % | Mg % |
| Kalkkivijauhe | 37.3 | 0.45 |
| Karbonaattirikaste | 15.0 | 6.36 |
| Dolomiittikalkki | 35.4 | 8.48 |

Taulukko 2. Astiakokeeseen käytetyt kalkitusainemäärät (g/ast, t/ha).

| | Kalkkia | | Ca | Mg |
|---|--------------|------|--------|--------|
| | g/ast. | t/ha | g/ast. | g/ast. |
| Kalkkikivijauhe | 26.8 | 10.7 | 9.80 | 0.12 |
| Karbonaattirikaste | 66.7 | 26.7 | 3.05 | 4.24 |
| Dolomiittikalkki | 28.3 | 11.3 | 6.08 | 2.42 |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 38.1 11.5 | 19.4 | 5.94 | 2.47 |

Kalkkimäärät sisältävät 10 g neutraloivaa kalsiumia.

Taulukko 3. Astiakokeen maaerien ominaisuuksia.

| | pH _{H₂O} | Ca | Mg |
|-------------------|------------------------------|------|----|
| | | mg/l | |
| Hieno hieta (HHT) | 5.3 | 50 | 21 |
| Saraturve (Ct) | 5.0 | 800 | 98 |

Taulukko 4. Ilman kalkitusta ja eri kalkitusaineilla saadut sadot (g/ast kuiva-ainetta).

| | 1. vuosi | | | | | 2. vuosi | | Kahdessa vuodessa Yhteensä | |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|----------|----------|----------------------------------|--------------------|
| | Raiheinä | | | | | Kaura | Yhteensä | | |
| | 1.sato | 2.sato | 3.sato | 4.sato | Yhteensä | | | | Jyvät |
| Hieno hieta | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 2.5 ^a | 5.5 ^a | 3.7 ^a | 1.4 ^a | 13.1 ^a | 0.0 | 1.9 | 1.9 ^a | 15.0 ^a |
| Kalkkikivijauhe | 8.6 ^{bc} | 17.3 ^d | 10.5 ^c | 9.6 ^b | 46.0 ^b | 38.5 | 37.4 | 75.9 ^c | 121.9 ^c |
| Karbonaattirikaste | 7.5 ^b | 13.3 ^b | 7.8 ^b | 7.5 ^b | 36.1 ^b | 29.7 | 28.2 | 57.9 ^b | 94.0 ^b |
| Dolomiittikalikki | 7.1 ^{bc} | 16.7 ^{cd} | 9.6 ^c | 7.3 ^b | 40.7 ^b | 27.0 | 26.7 | 53.7 ^b | 94.4 ^b |
| Karb.rikaste+kalkkikivij. | 8.9 ^c | 15.0 ^{bc} | 8.9 ^{bc} | 9.8 ^b | 42.6 ^b | 32.9 | 29.1 | 62.0 ^b | 104.6 ^b |
| Saraturve | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 18.3 ^a | 9.6 ^a | 5.4 ^a | 3.2 ^a | 36.5 ^a | 13.5 | 19.3 | 32.8 ^c | 69.3 ^{ab} |
| Kalkkikivijauhe | 16.4 ^a | 21.2 ^c | 15.2 ^d | 5.2 ^b | 58.0 ^c | 13.7 | 17.4 | 31.1 ^{bc} | 89.1 ^c |
| Karbonaattirikaste | 18.3 ^a | 11.7 ^b | 7.0 ^b | 4.6 ^b | 41.6 ^{ab} | 12.0 | 14.5 | 26.5 ^{ab} | 68.1 ^a |
| Dolomiittikalikki | 17.1 ^a | 12.5 ^b | 7.8 ^b | 4.8 ^b | 42.2 ^{ab} | 11.1 | 13.3 | 24.4 ^a | 66.6 ^a |
| Karb.rikaste+kalkkikivij. | 17.7 ^a | 19.7 ^c | 9.7 ^c | 5.0 ^b | 52.1 ^{bc} | 11.1 | 13.5 | 24.6 ^a | 76.7 ^b |

Ne yhden maalaajin kunkin korjuukerran sadot, jotka on varustettu samalla kirjaimella, eivät poikkea merkitsevästi toisistaan.

Taulukko 5. Satojen ravinnepitoisuudet, mg/g kuiva-ainetta.

| | HIENO HIETA | | | | | | SARATURVE | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|---------|---------|---------|-------|--------|-----------|---------|---------|---------|-------|--------|
| | Raiheinä | | | Kaura | | | Raiheinä | | | Kaura | | |
| | 1. sato | 2. sato | 3. sato | 4. sato | Jyvät | Oljjet | 1. sato | 2. sato | 3. sato | 4. sato | Jyvät | Oljjet |
| Magnesiumpitoisuus | | | | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 0.35 | 0.32 | 0.32 | 0.27 | - | 0.45 | 1.41 | 2.07 | 2.37 | 2.67 | 1.04 | 0.62 |
| Kalkkiviijaue | 0.75 | 0.88 | 1.66 | 1.42 | 0.67 | 0.22 | 1.65 | 2.47 | 2.41 | 2.73 | 1.10 | 0.89 |
| Karbonaattirikaste | 1.55 | 2.05 | 3.37 | 4.34 | 0.95 | 1.23 | 2.22 | 4.58 | 4.49 | 5.81 | 1.27 | 1.72 |
| Dolomiittikaikki | 1.10 | 1.56 | 2.62 | 3.20 | 0.92 | 0.84 | 1.86 | 3.19 | 3.46 | 4.52 | 1.20 | 1.48 |
| Karbonaattirikaste + kalkkiviijaue | 1.02 | 1.28 | 2.24 | 2.72 | 0.95 | 0.73 | 1.99 | 3.32 | 3.05 | 4.21 | 1.16 | 1.32 |
| Kalsiumpitoisuus | | | | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 2.62 | 2.04 | 3.33 | 3.64 | - | 4.86 | 2.80 | 5.57 | 5.75 | 7.68 | 1.02 | 3.37 |
| Kalkkiviijaue | 5.39 | 7.79 | 10.77 | 10.00 | 0.98 | 4.12 | 6.57 | 9.38 | 8.78 | 18.85 | 0.90 | 3.67 |
| Karbonaattirikaste | 2.86 | 4.28 | 6.31 | 7.29 | 0.66 | 2.39 | 3.90 | 7.04 | 6.11 | 8.18 | 0.78 | 2.62 |
| Dolomiittikaikki | 4.33 | 6.46 | 8.41 | 9.05 | 0.75 | 2.76 | 4.77 | 8.21 | 7.71 | 9.66 | 0.89 | 3.52 |
| Karbonaattirikaste + kalkkiviijaue | 4.30 | 6.74 | 8.81 | 9.59 | 0.84 | 2.97 | 5.55 | 8.21 | 7.08 | 12.94 | 0.86 | 3.56 |
| Kaliumpitoisuus | | | | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 45.1 | 56.7 | 70.1 | 55.6 | - | 43.7 | 57.0 | 54.7 | 50.4 | 45.0 | 4.33 | 33.7 |
| Kalkkiviijaue | 43.1 | 55.2 | 67.1 | 46.3 | 3.93 | 19.6 | 61.1 | 31.8 | 34.4 | 16.5 | 4.16 | 27.8 |
| Karbonaattirikaste | 37.8 | 60.1 | 72.9 | 58.4 | 4.24 | 29.7 | 59.6 | 41.4 | 56.8 | 37.7 | 4.34 | 31.0 |
| Dolomiittikaikki | 38.9 | 57.7 | 69.5 | 51.9 | 4.15 | 26.6 | 59.9 | 42.7 | 52.9 | 39.1 | 4.32 | 30.5 |
| Karbonaattirikaste + kalkkiviijaue | 40.2 | 58.5 | 69.6 | 53.6 | 3.97 | 23.9 | 60.8 | 28.6 | 44.8 | 26.6 | 4.39 | 30.3 |
| Typipitoisuus | | | | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 41.1 | 45.0 | 44.3 | 45.1 | - | 38.7 | 49.4 | 50.9 | 60.8 | 55.4 | 29.6 | 35.8 |
| Kalkkiviijaue | 43.2 | 39.9 | 53.3 | 32.0 | 18.3 | 5.7 | 50.2 | 40.1 | 35.3 | 22.8 | 27.1 | 35.8 |
| Karbonaattirikaste | 42.6 | 41.9 | 52.1 | 42.8 | 22.2 | 7.7 | 47.1 | 46.6 | 47.7 | 46.8 | 26.7 | 34.1 |
| Dolomiittikaikki | 45.5 | 41.3 | 51.9 | 44.6 | 20.0 | 6.6 | 47.7 | 45.8 | 47.9 | 47.7 | 27.3 | 32.8 |
| Karbonaattirikaste + kalkkiviijaue | 44.0 | 41.3 | 53.6 | 39.4 | 18.7 | 5.7 | 49.5 | 38.9 | 44.1 | 30.6 | 27.8 | 33.1 |
| Fosforipitoisuus | | | | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 1.89 | 2.14 | 2.86 | 2.51 | - | 3.59 | 4.54 | 5.25 | 5.21 | 5.28 | 4.52 | 4.26 |
| Kalkkiviijaue | 1.49 | 2.04 | 3.39 | 2.92 | 3.06 | 0.31 | 4.32 | 2.98 | 2.86 | 3.52 | 4.31 | 3.54 |
| Karbonaattirikaste | 1.20 | 2.09 | 3.93 | 3.45 | 3.51 | 0.54 | 4.21 | 4.34 | 4.83 | 4.58 | 4.49 | 4.95 |
| Dolomiittikaikki | 1.53 | 2.06 | 3.94 | 3.92 | 3.39 | 0.48 | 4.32 | 4.11 | 4.70 | 4.59 | 4.44 | 4.41 |
| Karbonaattirikaste + kalkkiviijaue | 1.49 | 1.98 | 3.57 | 3.28 | 3.28 | 0.37 | 4.29 | 3.00 | 4.16 | 4.69 | 4.47 | 4.45 |

Taulukko 6. Satojen ottamat magnesium- ja kalsiummäärät (mg/ast.) sekä eri kalkitusaineissa tulleen magnesiumin näennäinen hyväksikäyttö (%).

| | Raiheinä | | | | Yht. | Kaura jyvät + oljet | Yht. kahdessa vuodessa | Hyväksikäyttö % |
|---|----------|---------|---------|---------|------|------------------------|------------------------------|--------------------|
| | 1. sato | 2. sato | 3. sato | 4. sato | | | | |
| HIENO HIETA | | | | | | | | |
| Magnesiumia mg/ast. | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 1 | 2 | 1 | 0.4 | 4.4 | 1 | 5 | |
| Kalkkikivijauhe | 7 | 15 | 18 | 14 | 54 | 34 | 88 | |
| Karbonaattirikaste | 12 | 27 | 26 | 33 | 98 | 63 | 161 | 3.7 |
| Dolomiittikalkki | 8 | 26 | 26 | 23 | 83 | 47 | 130 | 5.2 |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 9 | 19 | 20 | 27 | 75 | 53 | 128 | 5.0 |
| Kalsiumia mg/ast. | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 6 | 12 | 12 | 5 | 35 | 10 | 45 | |
| Kalkkikivijauhe | 46 | 134 | 113 | 96 | 389 | 192 | 581 | |
| Karbonaattirikaste | 23 | 57 | 48 | 55 | 183 | 87 | 270 | |
| Dolomiittikalkki | 34 | 108 | 80 | 66 | 288 | 93 | 381 | |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 38 | 100 | 78 | 93 | 309 | 114 | 423 | |
| SARATURVE | | | | | | | | |
| Magnesiumia mg/ast. | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 26 | 20 | 13 | 9 | 68 | 26 | 94 | |
| Kalkkikivijauhe | 27 | 52 | 37 | 14 | 130 | 30 | 160 | |
| Karbonaattirikaste | 41 | 54 | 31 | 28 | 154 | 40 | 194 | 2.4 |
| Dolomiittikalkki | 32 | 40 | 27 | 23 | 122 | 35 | 157 | 2.6 |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 36 | 64 | 29 | 21 | 150 | 31 | 181 | 3.5 |
| Kalsiumia mg/ast. | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 51 | 53 | 31 | 25 | 159 | 79 | 238 | |
| Kalkkikivijauhe | 107 | 199 | 134 | 97 | 537 | 76 | 613 | |
| Karbonaattirikaste | 71 | 83 | 43 | 38 | 234 | 47 | 281 | |
| Dolomiittikalkki | 82 | 103 | 61 | 48 | 293 | 59 | 352 | |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 98 | 162 | 68 | 64 | 392 | 60 | 452 | |

Kalkitusaineiden mukana tulleet magnesium- ja kalsiummäärät taulukossa 2.

Taulukko 7. Kalkitusaineiden aiheuttama pH-luvun nousu kalkitsemattomaan verrattuna ensimmäisen ja toisen kasvukauden lopussa.

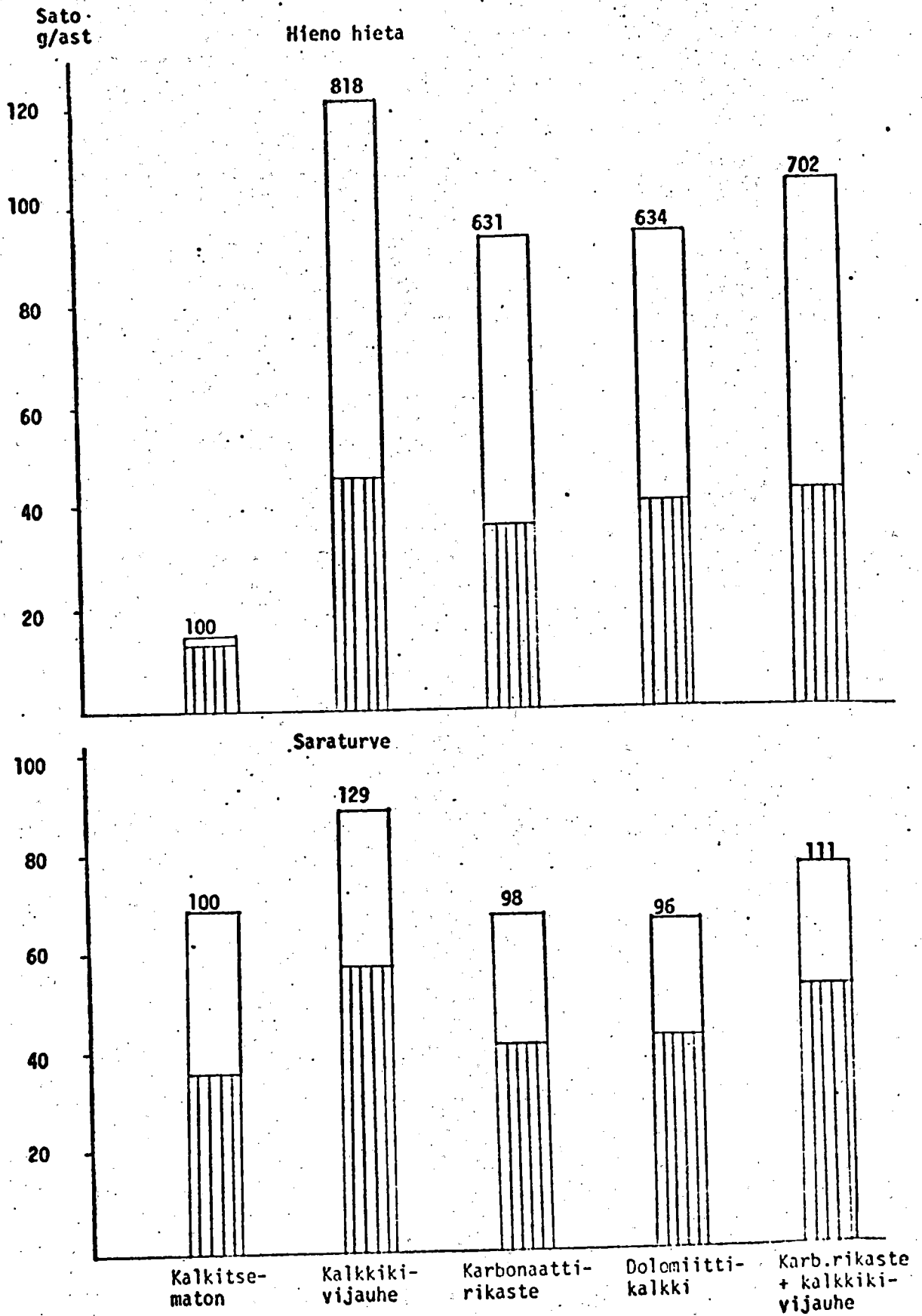
| | syksy 1977 | syksy 1978 |
|---|-------------|------------|
| | Hieno hieta | |
| Kalkkikivijauhe | 1.8 | 2.3 |
| Karbonaattirikaste | 1.4 | 1.7 |
| Dolomiittikalkki | 1.7 | 2.0 |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 1.8 | 1.9 |
| | Saraturve | |
| Kalkkikivijauhe | 2.5 | 2.4 |
| Karbonaattirikaste | 1.8 | 1.4 |
| Dolomiittikalkki | 2.0 | 1.7 |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 2.2 | 1.8 |
| Kalkitsemattoman maan pH-luku | | |
| hieno hieta | 4.6 | |
| saraturve | 4.3 | |

Taulukko 8. Maan kalsium- ja magnesiumpitoisuus (mg/l) kahden kasvukauden jälkeen.

| | Hieno hieta | | Saraturve | |
|---|-------------|-----|-----------|-----|
| | Ca | Mg | Ca | Mg |
| | mg/l | | mg/l | |
| Alku | 50 | 21 | 800 | 98 |
| Kalkitsematon | 75 | 19 | 590 | 43 |
| Kalkkikivijauhe | 1715 | 19 | 2175 | 53 |
| Karbonaattirikaste | 440 | 183 | 1115 | 314 |
| Dolomiittikalkki | 915 | 146 | 1500 | 229 |
| Karbonaattirikaste + kalkkikivijauhe | 975 | 91 | 1525 | 199 |

Taulukko 9. Kalkitusaineina annetun magnesiumin (mg/ast.) käyttökelelpoisuus.

| | Maassa | | Lisätty kalkissa | | Sadot ottaneet | | Vesissä | | Poistunut yht. | | Jää anal. | | Happ. amm. asetaattiin uuttumatonta | |
|-------------------------|---------|---------|------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|----------------|---------|-----------|---------|-------------------------------------|------|
| | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | mg/ast. | % |
| | a | b | c | d | e | f | c-f | g | (c-f)-g | | | | | |
| Hieno hieta | | | | | | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 95 | 0 | 95 | 6 | 0 | 6 | 89 | 86 | | | | | | |
| Kalkkikivijauhe | 95 | 120 | 215 | 132 | 3 | 135 | 80 | 86 | | | | | | |
| Karbonaattirikaste | 95 | 4240 | 4335 | 161 | 230 | 391 | 3944 | 824 | 3120 | | | | | 73.6 |
| Dolomiittikalikki | 95 | 2420 | 2515 | 128 | 157 | 285 | 2230 | 657 | 1573 | | | | | 65.0 |
| Karb.rikaste+kalkkik.j. | 95 | 2470 | 2565 | 87 | 116 | 203 | 2362 | 410 | 1952 | | | | | 79.0 |
| Saraturve | | | | | | | | | | | | | | |
| Kalkitsematon | 441 | 0 | 441 | 93 | 79 | 172 | 269 | 194 | | | | | | |
| Kalkkikivijauhe | 441 | 120 | 561 | 156 | 47 | 203 | 358 | 239 | | | | | | |
| Karbonaattirikaste | 441 | 4240 | 4681 | 193 | 487 | 680 | 4001 | 1413 | 2588 | | | | | 61.0 |
| Dolomiittikalikki | 441 | 2420 | 2861 | 181 | 377 | 558 | 2303 | 1031 | 1272 | | | | | 52.6 |
| Karb.rikaste+kalkkik.j. | 441 | 2470 | 2911 | 160 | 257 | 417 | 2494 | 896 | 1598 | | | | | 64.7 |



KUVA 1. Kalkitusaineilla tuotetut sadot (g/ast, suhdeluku) eri maalajeilla. (Viivoitettu 1. vuoden sato, valkoinen 2. vuoden sato)

Tiedote n:o

- 1 Jokinen, R. 1977. Perunan magnesium- ja mangaanilannoitus. 11 p.
- 2 Jokinen, R. 1977. Kalkituksen ja runsaan kaliumlannoituksen vaikutus magnesiumlannoituksella saatavaan tulokseen. 29 p.
- 3 Tähtinen, H., Köylijärvi, J. ja Teittinen, P. 1977. Niittonurmen syyslannoitus. 12 p.
- 4 Salonen, M. ja Kähäri, J. 1977. Suoturvelisäyksen typpivaikutuksesta humusköyhässä savimaassa. 13 p.
- 5 Tähtinen, H. 1977. Perunan typpi- ja kaliumlannoitus. 21 p.
- 6 Jokinen, R. 1977. Magnesiumsulfaattilannoitus kevätiljoille. 18 p.
- 7 Kähäri, J. ja Paasikallio, A. 1978. Timotein kivennäisainepitoisuudet Suomessa kunnittain. 19 p.
- 8 Yhteispohjoismainen kalkitusseminaari Savonlinnassa 24.-25.5.1978. 100 p.
- 9 Tähtinen, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. 42 p.
- 10 Jaakkola, A. 1979. Kalkkikivijauheen, dolomiittikalkin ja terässulaton kuonan vertailu. 18 p.
- 11 Jokinen, R. 1979. Talkkiteollisuuden sivutuote maanparannusaineena ja magnesiumlannoitteena. 16 p.

