



MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 10/85

ANTTI JAAKKOLA

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto

HEIKKI HAKKOLA

Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema

SIRKKA-LIISA HIIVOLA

Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema

AULIS JÄRVI

Keski-Pohjanmaan tutkimusasema

JAAKKO KÖYLIJÄRVI

Lounais-Suomen tutkimusasema

MARTTI VUORINEN

Kainuun tutkimusasema

Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 10/85

ANTTI JAAKKOLA
HEIKKI HAKKOLA
SIRKKA-LIISA HIIVOLA
AULIS JÄRVI
JAAKKO KÖYLIJÄRVI
MARTTI VUORINEN

Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto
31600 JOKIOINEN
puh. 916-84 411

Jokioinen 1985
ISSN 0359-7652

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
TIIVISTELMÄ	1
JOHDANTO	1
ASTIAKOKKEET	2
Tutkittavat aineet	2
Koemaat	4
Koejärjestely	4
Analyysit	6
Tulokset	6
KENTTÄKOKKEET	12
Tutkittavat aineet	13
Viisivuotiset kenttäkokeet	14
Ylistaron koe	15
Mietoisten koe	16
Analyysit	17
Tulokset Raahen kuonista	17
Ohrasadot	17
Ohran jyvien ravinnepitoisuus	20
Nurmisadot	22
Heinän ravinnepitoisuus ja	
apilan osuus	25
Maa-analyysit	28
Tulokset Koverharin kuonista	32
TULOSTEN TARKASTELU	34
Koemaat ja koekentät	34
Tutkittavat aineet	34
Vaikutus maahan	35
Kalkin vaikutus satoon	37
Masuunikuonan vaikutus satoon	38
Terässlätkäkuonan vaikutus satoon	40
Turpeen tuhka maanparannusaineena	41
Kasvien ravinnepitoisuus	41
KIRJALLISUUS	43

TIIVISTELMÄ

Rautaruukki Oy:n Raahen tehtaiden ilmajäähdytettyä ja granuloitua masuunikuonaa sekä terässulatonkuonaa verrattiin dolomiittikalkkiin kolmevuotisessa astiakokeessa sekä neljässä 4-5 vuotta kestäneessä kenttäkokeessa. Tutkimuksessa selvitettiin myös kuonan hienousasteen merkitystä. Astiakokeessa koekasvina oli kaura sekä hiue ja rahkaturve koemaina. Kenttäkokeissa viljeltiin ohraa sekä apila-timoteinurmea (2 v.). Ovako Oy:n Imatran tehtaasta terässulatonkuonaa sekä Koverharin tehtaasta granuloitua masuunikuonaa ja terässulatonkuonaa verrattiin Raahen kuoniin ja dolomiittikalkkiin kolmevuotisessa astiakokeessa, jossa kauraa viljeltiin rahkaturpeessa. Koverharin kuonia tutkittiin lisäksi kenttäkokeessa kolmena vuonna.

Granuloitu masuunikuona neutraloi hapanta maata noin puolella dolomiittikalkin tehosta. Terässulatonkuona oli vähän tehokkaampaa. Sen täysi vaikutus tuli esiin vasta usean vuoden kuluuttua. Murskatun ilmajäähdytetyn masuunikuonan teho oli heikompi kuin granuloidun kuonan. Hienoksi jauhaminen paransi ja nopeutti kuonien neutralointikykyä selvästi. Ovako Oy:n terässulatonkuonat olivatkin hienoutensa takia tehokkaampia kuin Raahen kuona.

Kuonat paransivat koekasvien kasvua vähintään sen, minkä maan pH:n nousu edellytti. Useissa tapauksissa ainakin masuunikuonalla oli vielä lisäksi muutakin satoa lisäävää vaikutusta, joka parhaimmillaan ylitti dolomiittikalkin vaikutuksen. Tämän vaikutuksen luonteesta ja siitä, millaisissa oloissa se ilmenee, ei päästy täyteen selvyyteen.

Masuunikuona (6 % Mg) oli merkittävä magnesiuminlähde. Tämä näkyi selvästi mm. heinän magnesiumpitoisuuden kohoamisena. Dolomiittikalkki (10 % Mg) oli kuitenkin tehokkaampi. Sekä kalkki että kuonat kohottivat heinän kalsiumpitoisuutta. Vaikutus oli verrannollinen niiden sisältämän kalsiumin määrään. Terässulatonkuona oli tässä suhteessa tehokkainta.

JOHDANTO

Suomessa terästeollisuus tuottaa useita satoja tuhansia tonneja kuonaa vuodessa. Eniten syntyy masuunikuonaa, jota kertyy Rautaruukki Oy:n Raahen tehtaalla ja Ovako Oy:n Koverharin tehtaalla. Lisäksi kuonaa tuottavat terässulatot, jotka sijaitsevat Raahessa (Rautaruukki) sekä Tammisaaressa (Ovakon Koverharin tehdas) ja Imatralla (Ovako).

Aikoinaan käytettiin thomasfosfaattia eli tuomaskuonaa fosforilannoitteena. Nykyisin syntyvät kuonat eivät sisällä fosforia niin paljon, että niiden käyttö lannoitteena tulisi kysymykseen. Masuunikuonaa ja terässulatonkuonaa on kuitenkin jo kauan käytetty maankalkitusaineena mm. Länsi-Saksassa. Siellä on näille tuotteille säädetty tietyt laatuvaatimukset, joiden mukaan niitä voi myydä kalkitusaineiksi vain hienoksi jauhettuina (ANON. 1977).

Meillä Suomessakin on kuonien käyttö maanparannukseen yleistynyt viime vuosina. Koska ne eivät täytä kalkitusai-

neille säädettyjä vaatimuksia, eivät varsinkaan hienousvaatimusta, ei valvova viranomainen (Valtion maatalouskemian laitos) ole sallinut niiden myyntiä kalkitusaineina, mutta on antanut luvan markkinoida niitä maanparannusaineina. On kuitenkin yhä epätietoisuutta siitä, mikä erilaisten kuonien arvo maanparannusaineena on: missä määrin ne neutraloivat hapanta maata ja mitä muita viljelymaan kasvukuntoon kohdistuvia vaikutuksia ne omaavat. Ei ole ollut myöskään täyttä selvyyttä siitä, missä määrin Suomessa tuotettujen kuonien jauhaminen parantaa niiden tehoa.

Mainittujen asioiden valaisemiseksi perustettiin vuonna 1979 astiakokeita ja kolme kenttäkoetta erilaisille maille. Kenttäkokeita aloitettiin vielä kaksi lisää, vuosina 1980 ja 1981. Tutkimus päättyi astiakokeiden osalta vuonna 1981 ja kenttäkokeiden osalta vuonna 1983.

ASTIAKOEET

Tutkittavat aineet

Astiakokeessa tutkittiin Rautaruukin Raahen tehtaalta saatua murskattua ilmajäähdytettyä masuunikuonaa (seuraavassa käytetään nimeä MAKU), granuloitua vesijäähdytettyä masuunikuonaa (GRANULI) ja murskattua terässulatonkuonaa (TEKU). Kuonia käytettiin kokeessa sellaisenaan tai kahteen eri hienouteen jauhattuna. Hienoimman jauhatustasteen oli tarkoitus vastata kokeessa verranteena olevan dolomiittikalkin hienoutta.

Toisessa astiakokeessa tutkittiin Ovakon Koverharin ja Imatran tehtailta saatuja kuonia. Koverharista oli kokeessa granuloitu masuunikuona ja terässulatonkuona, Imatralta terässulatonkuona. Näitä kuonia, joita ei koetta varten jauhattu, verrattiin dolomiittikalkkiin sekä Rautaruukin vastaaviin jauhamattomiin tai jauhattuihin kuoniin.

Verranteena molemmissa kokeissa käytetty dolomiittikalkki täytti kemiallisen koostumuksen puolesta laatuluokka I:n vaatimuksen (taulukko 1). Myös kaikkien kuonien neutralointikyky ($\text{Ca} + 1,65 \cdot \text{Mg}$) ylitti kalkkikivijauhe 1 vaatimuksen, 35 %. Masuunikuonat olivat magnesiumipitoisia (5,9–6,7 % Mg). Myös Imatran terässulatonkuona sisälsi sitä verraten runsaasti (3,8 %). Olennaisena erona dolomiittikalkin ja kuonien välillä oli karbonaatti, jota kuonissa ei ollut lainkaan. Masuunikuonat sisälsivät runsaasti piitä (16,8–17,5 %). Ilmeisesti niiden kalsium ja magnesium olivat lähinnä juuri silikaatteina. Terässulatonkuonien piipitoisuus oli pienempi kuin masuunikuonien, mutta yleensä suurempi kuin dolomiittikalkin, jossa piitä oli myös melko runsaasti (6,0 %). Terässulatonkuonat sisälsivät runsaasti rautaa ja mangaania. Eniten näitä kumpaakin oli Raahen kuonassa. Fosforia kaikki kuonat sisälsivät hyvin vähän, korkeintaan 0,3 %.

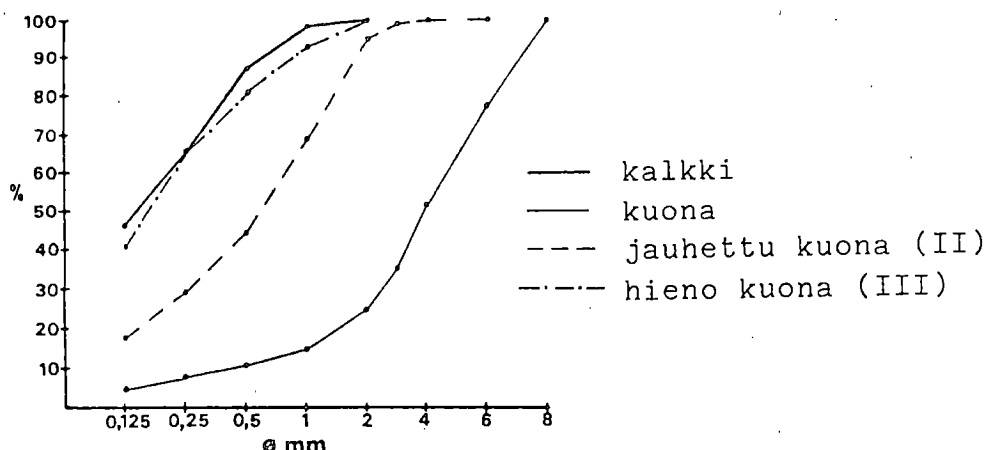
Tutkittavien aineiden raekokoanalyysi oli tehty seulasarjoilla, joissa ei ollut kalkitusaineiden seulonnessa asetuksen mukaan käytettävää 0,15 mm seulaa (kuva 1). Ilmeisesti verranteena käytetty dolomiittikalkki sisälsi vähintään 50 % mainitun seulan läpäisevää ainesta ja täytti siten virallisen laatuvaatimuksen.

Raahen murskattu masuunikuona (MAKU I) oli hyvin karkeata. Se sisälsi lähes puolet 4 mm:n seulalle jäävää ainesta. Jauha-

malla (MAKU II) vallitsevaksi raekooksi saatiin 0,5-2 mm. Alle 0,15 mm:n rakeita oli tällöin noin 20 %. Hienoksi jauhettu tuote (MAKU III) sisälsi noin 47 prosenttia alle 0,15 mm:n ainesta.

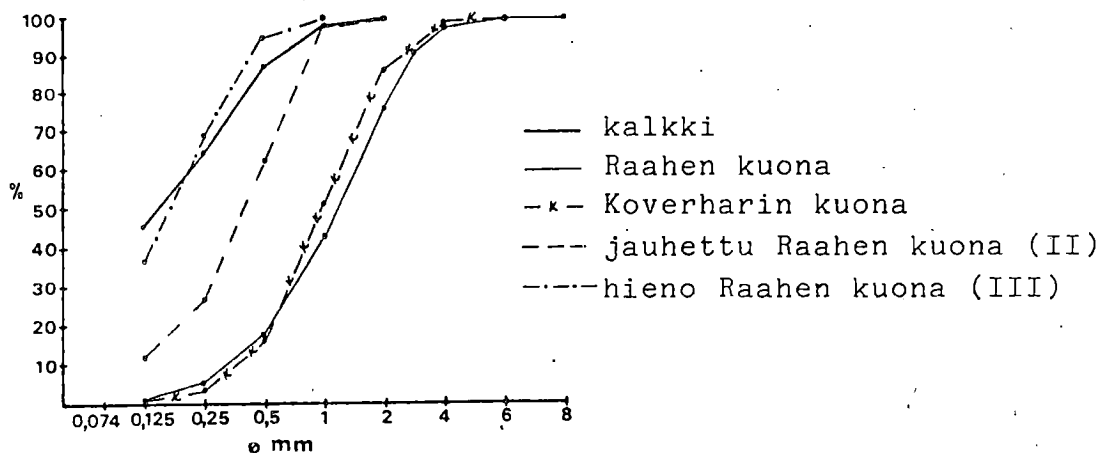
Taulukko 1. Astiakokeissa tutkittujen dolomiittikalkin ja kuonien pitoisuuksia, %.

	CO ₂	Ca + 1,65 * Mg	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Ti	Si	P	S
Dolomiittikalkki	31,5	36,2	19,4	10,2	2,1	2,4	0,04	0,15	6,0	0,07	0,07
MAKU (Raahe)	0,0	37,8	26,7	6,7	4,8	-	0,7	2,0	17,3	-	1,4
GRANULI (Raahe)	0,0	36,5	26,8	5,9	5,1	-	0,7	1,6	17,5	-	1,6
GRANULI (Koverhar)	0,0	37,3	27,4	6,0	5,3	0,4	0,5	0,7	16,8	0,0	1,2
TEKU (Raahe)	0,0	39,2	38,0	0,7	0,9	16,0	3,4	1,1	6,0	0,03	0,2
TEKU (Imatra)	0,0	37,0	30,7	3,8	4,2	7,2	2,8	0,4	11,0	0,2	1,1
TEKU (Koverhar)	0,0	35,8	33,8	1,2	2,5	9,7	2,2	0,5	10,0	0,3	0,2



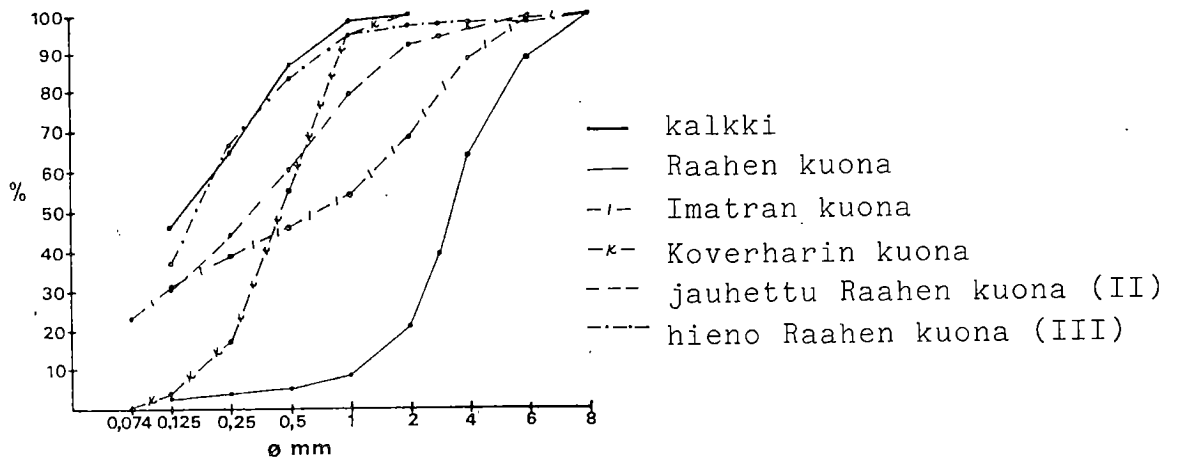
Kuva 1. Astiakokeissa käytettyjen Raahen murskatun masuuni-kuonan (MAKU) ja dolomiittikalkin raekokojakautumat.

Raahen granuloitu masuunikuona (GRANULI I) sisälsi kolmanneksen raekokoa 1-2 mm (kuva 2). Yli 2 mm aineksen osuus oli vajaa neljäsosa. Alle 0,5 mm ainesta tämä kuona sisälsi melko vähän (17 %). Jauhamalla 0,15 mm:n seulan läpäisevä osuus saatiin lisääntymään noin kahdesta noin kuuteentoista prosenttiin (GRANULI II). Vallitseva raekokoalue oli tällöin 0,25-1 mm (72 %). Edelleen hienontamalla 0,15 mm:n seulan läpäisevä osuus lisääntyi noin 45 prosenttiin. Koverharin granuloitu masuunikuona vastasi raekokojakautumaltaan Raahen vastaavaa tuotetta.



Kuva 2. Astiakokeissa käytettyjen granuloitujen masuunikuonien (GRANULI) ja dolomiittikalkin raekokojakautumat.

Raahen terässulatonkuona (TEKU I) ei kovin paljon poikennut raekoostumukseltaan saman tehtaan murskatusta masuunikuonasta (kuva 3). Jauhamalla saatiin 0,15 mm seulan läpäisevä osuus lisääntymään 3:sta 33 prosenttiin (TEKU II). Edelleen hienontamalla osuus lisääntyi noin 45 prosenttiin (TEKU III). Tässä tuotteessa oli yli 1 mm:n ainesta enää vähän. Imatran terässulatonkuonan pääosa vastasi raekoostumukseltaan Raahen kuonaa, mutta tästä poiketen se sisälsi runsaasti hyvin hienoa ainesta (23 % alle 0,074 mm). Alle 0,15 mm:n ainesta arvioidaan olleen noin kolmannes. Koverharin terässulatonkuonan raekokojakautuma oli suppeammalla alueella. Se sisälsi 78 prosenttia raekokoja välillä 0,25-1 mm. Hienompaa ja varsinkin karkeampaa ainesta oli hyvin vähän.



Kuva 3. Astiakokeissa käytettyjen terässulatonkuonien (TEKU) ja dolomiittikalkin raekokojakautumat.

Koemaat

Astiakokeissa koemaina käytettiin kahta maaerää: Leteensuolta otettua rahkaturvetta ja Ylistarosta otettua hiuetta. Maaerien pH(vesi) ja happameen ammoniumasetattiin (pH 4,65) uutuvien ravinteiden pitoisuudet olivat:

		rahkaturve	hiue
pH(vesi)		4,0	4,4
liukoinen Ca, mg/l		90	250
" Mg, "		52	44
" K, "		128	108
" P, "		3,0	6,4

Molemmat koemaat olivat siis varsin happamia ja sisälsivät vähän kalsiumia ja magnesiumia.

Koejärjestely

Ensimmäisessä astiakokeessa koemaina olivat hiue ja rahkaturve. Koeastioina käytettyihin kuuden litran muovisankoihin, joiden pohjassa oli reikä ylimääräisen veden poistoa varten, punnittiin noin viiden litran tilavuutta vastaava määrä koemaita. Astioihin punnittuihin maaeriin sekoitettiin eri aineita syksyllä 1978 seuraavasti:

1. kalkitsematon verranne
2. 6 g/astia dolomiittikalkkia
3. 12 g/astia dolomiittikalkkia
4. 24 g/astia dolomiittikalkkia
5. 24 g/astia MAKU I (Raahen murskattu masuunikuona)
6. 24 g/astia MAKU II (Raahen murskattu masuunikuona, jauhettu)
7. 24 g/astia MAKU III (Raahen murskattu masuunikuona, hienoksi jauhettu)
8. 24 g/astia GRANULI I (Raahen granuloitu masuunikuona)
9. 24 g/astia GRANULI II (Raahen granuloitu masuunikuona, jauhettu)
10. 24 g/astia GRANULI III (Raahen granuloitu masuunikuona, hienoksi jauhettu)
11. 24 g/astia TEKU I (Raahen murskattu terässulatonkuona)
12. 24 g/astia TEKU II (Raahen murskattu terässulatonkuona, jauhettu)
13. 24 g/astia TEKU III (Raahen murskattu terässulatonkuona, hienoksi jauhettu)

Kahdella maalajilla neljänä kerranteena suoritettuna koe käsitti $2 * 4 * 13 = 104$ astiaa.

Talven astiat olivat muovilla peitettyinä ulkona. Seuraavana keväänä astiat lannoitettiin sekoittamalla maahan N 1000 mg/astia (NH_4NO_3), P 400 mg/astia ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), K 1000 mg/astia (KCl) sekä riittävät määrät Mn, Zn, Cu, B ja Mo. Rahkaturpeeseen sekoitettiin lisäksi rautaa. Lannoituksen jälkeen astioita kasteltiin tarpeen vaatiessa niin runsaasti, että vettä valui astian pohjareistä. Läpivalunut vesi koottiin alusastiaan, joka tyhjennettiin aina ennen lisäkastelua koeastiassa olevan maan pintaan. Astiat pidettiin ulkona verkolla linnuilta suojattuina.

Kaura korjattiin tuleentuneena leikkaamalla kasvusto lyhyeen sänkeen. Kunkin astian kuivattu (80°C) ja punnittu koesatoputtiin, minkä jälkeen jyvät kuivattiin (80°C) ja punnittiin. Olkisato laskettiin kokonaissadon ja jyväsadon erotuksena. Sekä jyvät että oljet otettiin talteen analyysijä varten. Oljet jauhettiin.

Koe jatkui yhteensä kolme kasvukautta. Toisena ja kolmantena vuonna kunkin astian maa-erä homogenisoitiin sekä lannoitettiin kuten ensimmäisenäkin kasvukautena. Astioissa viljeltiin kauraa myös näinä kasvukausina. Kaura korjattiin, sadot punnittiin ja näytteet otettiin joka vuosi samalla tavalla. Talvet astiat olivat muovilla peitettyinä ulkona.

Kolmannen vuoden syksyllä kunkin astian sisältämästä maa-erästä otettiin edustava näyte analyysijä varten.

Toisessa astiakokeessa koemaana oli rahkaturve, jota punnittiin astioihin sama määrä kuin ensimmäisessä kokeessa. Kalkki ja kuonat sekoitettiin maahan keväällä 1979 seuraavasti:

1. kalkitsematon verranne
2. 6 g/astia dolomiittikalkkia
3. 12 g/astia dolomiittikalkkia
4. 24 g/astia dolomiittikalkkia
5. 24 g/astia GRANULI I (Raahe)
6. 24 g/astia GRANULI II (Raahe)
7. 24 g/astia GRANULI (Koverhar)
8. 24 g/astia TEKU I (Raahe)
9. 24 g/astia TEKU II (Raahe)
10. 24 g/astia TEKU (Imatra)
11. 24 g/astia TEKU (Koverhar)

Neljänä kerranteena toteutettuna koe käsitti 44 astiaa. Koe lannoitettiin, kylvettiin ja korjattiin yht'aikaa edellä selostetun kokeen kanssa. Siitä otettiin myös vastaavat kasvi- ja maanäytteet.

Analyysit

Jyvä- ja olkinäytteiden tuhkista uutettiin kalsium ja magnesium suolahappoon, josta ne määritettiin atomiabsorptiospektrofotometrillä. Näiden lisäksi näytteistä määritettiin myös tyyppi, fosfori ja kalium.

Maanäytteistä määritettiin pH vesilietoksesta (1 tilavuusosa maata 2,5 osaa vettä), sekä happameen ammoniumasetaattiin (pH 4,65) uuttuneet kalsium ja magnesium. Uuttosuhde oli 1:10 (maa:uuttoneeste) ja uuttoaika yksi tunti. Määritykseen käytettiin atomiabsorptiospektrofotometriä. Uutteista määritettiin myös kalium ja fosfori.

Kasviaineksen kokonaissato laskettiin kolmen koevuoden jyvä- ja olkisatojen summana. Kasviaineksen keskimääräinen ravinnepitoisuus laskettiin kolmen vuoden jyvien ja olkien satomäärillä painotettuna keskiarvona.

Tulosten keskinäiset erot testattiin varianssianalyysillä maalajeittain. Yksittäisten keskiarvojen keskinäistä vertaamista varten laskettiin pienin merkitsevä ero 5 % riskillä Tukey'n mukaan (STEEL ja TORRIE 1960, ss. 109-114).

Tulokset

Hiukeessa jo 6 g/astia dolomiittikalkkia riitti nostamaan kauran sadon sille tasolle, jolle se oli mahdollista kalkitsemalla nostaa (taulukko 2). Nelinkertainen annos murskattua masuunikuonaa ei jäänyt merkitsevästi huonommaksi. Kuonan jauhaminen ei näissä olosuhteissa saanut enempää aikaan. Myös granuloitu masuunikuona oli sellaisenaan riittävän tehokasta kaiken saavutettavissa olevan vaikutuksen aikaansaamiseen. Sensijaan terässulatonkuona oli jauhamattomana varsin tehotonta, eikä jauhaminenkaan nostanut sen tehoa kalkin ja muiden kuonien tasolle.

Kalkitsemattomassa rahkaturpeessa kaura kasvoi erittäin huonosti. Pienin annos dolomiittikalkkia (6 g/astia) nosti sadon noin nelinkertaiseksi ja kaksinkertainen annos vielä hyvin selvästi. Nelinkertainen kalkkimäärä nosti vielä satoa toisessa kokeessa, jossa kalkki oli sekoitettu maahan juuri ennen ensimmäistä kylvöä. Sensijaan kokeessa, jonka maat kalkittiin edellisellä syksynä, tämä kalkkiannos ei enää paranta-

Taulukko 2. Dolomiittikalkin ja kuonien vaikutus kauran kokonaissatoon kolmevuotisissa astiakokeissa, g kuiva-ainetta astiaa kohti.

	Hiue	Rahkaturve 1	Rahkaturve 2
Verranne	196	45	36
Dolomiittikalkki 6 g/astia	265	168	164
" 12 "	272	222	218
" 24 "	257	209	255
Raahen murskattu masuunikuona			
24 g/astia			
MAKU I	257	209	
" II (jauhettu)	268	278	
" III (hienoksi jauhettu)	274	261	
Raahen granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI I	264	255	216
" II (jauhettu)	282	275	261
" III (hienoksi jauhettu)	274	273	
Koverharin granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI (Koverhar)			255
Raahen terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU I	215	163	165
" II (jauhettu)	246	252	251
" III (hienoksi jauhettu)	251	248	
Imatran terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Imatra)			257
Koverharin terässulatonkuon			
24 g/astia			
TEKU (Koverhar)			261
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	22	32	46

Jauhamaton Raahen murskattu masuunikuona oli selvästi tehottomampaa kuin siitä jauhetut kuonaerät. Jauhettut erät, joiden välillä ei ollut merkitsevää eroa, olivat selvästi tehokkaampia kuin sama määrä dolomiittikalkkia samassa kokeessa ja vähintään yhtä tehokkaita kuin tämä kalkkiannos toisessa myöhemmin aloitetussa kokeessa.

Raahen granuloitu masuunikuona oli jauhamattomana tehokkaampaa kuin ilmajähdytetty kuona (MAKU I). Keväällä aloitetussa kokeessa granuloidun kuonan vaikutus jäi kuitenkin huonomaksi, eikä ollut juuri parempi kuin murskatun kuonan vaikutus edellisenä syksynä aloitetussa kokeessa. Jauhaminen paransi myös granuloidun kuonan vaikutusta. Jauhatusasteiden välillä ei ollut eroa. Koverharin granuloitu masuunikuona oli suunnilleen jauhetun Raahen kuonan veroista.

Raahen terässulatonkuona nosti kauran sadon rahkaturpeessa samalle tasolle kuin dolomiittikalkki annoksena, joka oli vain neljännes kuonan määrästä. Jauhaminen nosti tehon samaksi kuin dolomiittikalkilla parhaimmillaan. Jauhettun masuunikuonan vaikutus oli kuitenkin parempi. Imatran ja Koverharin terässulatonkuonien vaikutus oli jauhamattomanakin yhtä hyvä kuin jauhettun Raahen kuonan.

Taulukkona 3 esitetyt tuleentuneen kaurakasvuston keskimääräiset kalsiumpitoisuudet vaihtelevat koekäsittelyn ja koe-
maan mukaan hyvin laajasti. Hiukeeseen sekoitettu dolomiittikalkki näyttää vähän laskeneen kauran kalsiumpitoisuutta,

Taulukko 3. Dolomiittikalkin ja kuonien vaikutus kauran keskimääräiseen kalsiumpitoisuuteen kolmevuotisissa astiakokeissa, mg/g k.a.

	Hiue	Rahkaturve 1	Rahkaturve 2
Verranne	2,92	1,53	1,40
Dolomiittikalkki 6 g/astia	2,58	2,02	2,40
" 12 "	2,34	1,91	2,49
" 24 "	2,39	2,03	2,73
Raahen murskattu masuunikuona			
24 g/astia			
MAKU I	2,65	1,90	
" II (jauhettu)	2,37	1,75	
" III (hienoksi jauhettu)	2,24	2,07	
Raahen granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI I	2,28	1,87	2,70
" II (jauhettu)	2,32	1,89	2,72
" III (hienoksi jauhettu)	2,18	1,92	
Koverharin granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI (Koverhar)			2,54
Raahen terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU I	3,17	2,85	3,53
" II (jauhettu)	3,51	2,22	2,98
" III (hienoksi jauhettu)	3,73	2,27	
Imatran terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Imatra)			2,98
Koverharin terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Koverhar)			3,43
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	0,55	0,35	1,18

mikä osoittanee kasvun parantuneen enemmän kuin kalsiumin saannin. Sensijaan rahkaturpeessa kasvaneen kauran kalsiumpitoisuutta dolomiittikalkki lisäsi, mutta kalkin määrä ei kovin paljon vaikuttanut. Keväällä maahan sekoitetusta kalkista näyttää kalsium olleen kasvin saatavissa paremmin kuin syksyllä lisätystä.

Murskattu tai granuloitu masuunikuona nosti kauran kalsiumpitoisuuden suunnilleen samalle tasolle kuin dolomiittikalkki. Jauhaminen ei vaikuttanut. Keväällä maahan sekoitetusta masuunikuonasta kasvi näyttää saaneen enemmän kalsiumia kuin syksyllä annetusta.

Terässulatonkuona nosti kauran kalsiumpitoisuutta enemmän kuin muut kalkitusaineet. Suurimman nousun sai aikaan Raahen jauhamaton kuona, joka ei kyennyt suurentamaan satoa yhtä tehokkaasti kuin jauhettut kuonaerät (vrt. taulukko 2). Imatran kuona vastasi vaikutukseltaan Raahen jauhettua ja Koverharin kuona Raahen jauhamatonta kuonaa. Myös terässulatonkuonat nostivat kauran kalsiumpitoisuutta tehokkaammin silloin, kun ne oli sekoitettu maahan vasta juuri ennen ensimmäistä kylvöä.

Dolomiittikalkki nosti kauran magnesiumpitoisuutta aluksi sitä enemmän mitä enemmän sitä annettiin (taulukko 4). Annoksen nostaminen 12:sta 24 g:aan astiaa kohti ei kuitenkaan enää vaikuttanut. Rahkaturpeessa kasvoi magnesiumpitoisempaa kauraa kuin hiukeessa. Kalkin maahan sekoittamisen ajankohta ei nyt paljon vaikuttanut.

Masuunikuona nosti sekin kauran magnesiumpitoisuutta, tosin vähemmän kuin dolomiittikalkki. Murskatun ilmajäähdytetyn kuonan jauhaminen paransi tehoa. Granuloidun kuonan vaikutus oli jauhamattakin suurempi, eikä jauhaminen siihen enää vaikuttanut.

Taulukko 4. Dolomiittikalkin ja kuonien vaikutus kauran keskimääräiseen magnesiumpitoisuuteen kolmevuotisissa astiakoissa, mg/g k.a.

	Hiue	Rahkaturve 1	Rahkaturve 2
Verranne	0,53	0,55	0,66
Dolomiittikalkki 6 g/astia	1,10	1,51	1,66
" 12 "	1,37	1,80	1,90
" 24 "	1,41	1,70	1,86
Raahen murskattu masuunikuona			
24 g/astia			
MAKU I	0,91	1,27	
" II (jauhettu)	1,28	1,48	
" III (hienoksi jauhettu)	1,26	1,56	
Raahen granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI I	1,03	1,50	1,77
" II (jauhettu)	1,26	1,51	1,66
" III (hienoksi jauhettu)	1,26	1,42	
Koverharin granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI (Koverhar)			1,62
Raahen terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU I	0,63	0,82	0,77
TEKU II (jauhettu)	0,66	0,67	0,63
TEKU III (hienoksi jauhettu)	0,66	0,66	
Imatran terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Imatra)			1,25
Koverharin terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Koverhar)			0,84
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	0,19	0,18	0,26

Raahen terässulatonkuona ei jauhettunakaan juuri vaikuttanut kauran magnesiumpitoisuuteen. Imatran kuona, joka analyysinkin mukaan sisälsi magnesiumia (vrt. taulukko 1), nosti sitä vähän.

Dolomiittikalkki nosti johdonmukaisesti kokeen päätyttyä mitattua maan pH-arvoa (taulukko 5). Suurin kalkkiannos sai aikaan 1,2 yksikön lisäyksen hiukeessa ja 2,5 yksikön rahkaturpeessa.

Murskattu ilmajäähdytetty masuunikuona vaikutti hiukeessa yhtä paljon kuin neljännes sen määrästä dolomiittikalkkia. Rahkaturpeessa sen teho oli vähän parempi. Jauhaminen paransi vaikutusta merkittävästi, mutta hienoksikaan jauhettu kuona ei ollut yhtä tehokasta kuin dolomiittikalkki.

Jauhamaton Raahen granuloitu masuunikuona vähensi maan happamuutta jonkin verran enemmän kuin murskattu ilmajäähdytetty kuona. Jauhaminen paransi senkin vaikutusta, mutta ei juuri paremmaksi kuin murskatun kuonan. Koverharin granuloitu kuona oli hieman tehokkaampaa kuin Raahen vastaava tuote.

Taulukko 5. Dolomiittikalkin ja kuonien vaikutus maan pH(vesi)-arvoon kolmevuotisten astiakokeiden päätyttyä.

	Hiue	Rahkaturve 1	Rahkaturve 2
Verranne	4,41	3,70	3,86
Dolomiittikalkki 6 g/astia	4,78	3,93	4,11
" 12 "	5,02	4,45	4,84
" 24 "	5,64	6,34	6,32
Raahen murskattu masuunikuona			
24 g/astia			
MAKU I	4,76	4,19	
" II (jauhettu)	5,05	4,91	
" III (hienoksi jauhettu)	5,24	5,41	
Raahen granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI I	4,90	4,73	4,89
" II (jauhettu)	5,10	5,11	5,46
" III (hienoksi jauhettu)	5,30	5,30	
Koverharin granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI (Koverhar)			5,04
Raahen terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU I	4,90	4,11	4,34
" II (jauhettu)	5,59	5,31	5,65
" III (hienoksi jauhettu)	5,63	5,50	
Imatran terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Imatra)			5,05
Koverharin terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Koverhar)			5,50
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	0,12	0,29	0,29

Raahen murskattu terässulatonkuona oli suunnilleen yhtä tehontonta kuin murskattu masuunikuona. Jauhaminen paransi sitä merkittävästi, hiukeessa jopa dolomiittikalkin tasolle. Rahkaturpeessa teho jäi pienemmäksi kuin dolomiittikalkin teho. Koverharin terässulatonkuona oli lähes yhtä tehokasta kuin Raahen jauhettu kuona, Imatran kuona sijoittui niiden välille.

Dolomiittikalkki nosti tehokkaimmin kokeen päätyttyä mitattua maan kalsiumpitoisuutta (taulukko 6). Nousu vastasi suurinpiirtein kalkin sisältämän ja sadon ottaman määrän erotusta, joskaan tarkkaa laskelmaa ei voi tehdä, koska maan tilavuudesta koeastiassa ei ole täsmällistä tietoa.

Kaikkien kuonien kalsiumpitoisuus oli korkeampi kuin dolomiittikalkin ja niissä lisätty kalsiummäärä suurempi kuin kalkin suurimmassa annoksessa ollut. Masuunikuonien sekoittaminen maahan ei kuitenkaan johtanut niinkään suureen uuttuvan kalsiumpitoisuuden nousuun kuin dolomiittikalkin sekoittaminen. Kasvin kalsiuminotto ei selitä eroa. Osa hienoksi jauhetunkin masuunikuonan kalsiumista oli siis uuttumattomana vielä kokeen lopussa. Osuus oli vielä suurempi jauhamattomalla kuonalla. Granulointi paransi vähän kalsiumin uuttuvuutta, mutta jauhaminen tasoitti erot.

Taulukko 6. Dolomiittikalkin ja kuonien vaikutus maan liukoiseen kalsiumpitoisuuteen kolmevuotisten astiakokeiden päätyttyä, mg/l maata.

	Hiue	Rahkaturve 1	Rahkaturve 2
Verranne	540	330	300
Dolomiittikalkki 6 g/astia	790	600	640
" 12 "	1010	810	880
" 24 "	1410	1450	1410
Raahen murskattu masuunikuona			
24 g/astia			
MAKU I	760	750	
" II (jauhettu)	1050	960	
" III (hienoksi jauhettu)	1140	1130	
Raahen granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI I	860	990	910
" II (jauhettu)	1060	1090	1150
" III (hienoksi jauhettu)	1210	1110	
Koverharin granuloitu masuunikuona			
GRANULI (Koverhar)			1080
Raahen terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU I	1060	860	940
" II (jauhettu)	1660	1400	1450
" III (hienoksi jauhettu)	1730	1510	
Imatran terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Imatra)			1100
Koverharin terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Koverhar)			1340
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	190	180	170

Terässulatonkuonan teho näytti myös riippuvan ennen kaikkea hienousasteesta. Suureen kalsiummäärään nähden teho jäi hienonakin heikommaksi kuin dolomiittikalkin teho.

Pienin dolomiittikalkkiannos (6 g/astia) riitti suunnilleen estämään magnesiumin vähenemisen tässä kolmevuotisessa astiakokeessa (taulukko 7). Kaksinkertainen annos aiheutti jo selvän uuttuvan magnesiumin lisääntymisen.

Masuunikuonakin (24 g/astia) esti magnesiumin vähenemisen, aiheuttipa granuloitu kuona pienen lisääntymisenkin. Koverharin kuona oli vähintään yhtä tehokasta kuin Raahen. Jauhaminen paransi tätä vaikutusta ja hienoksi jauhetun Raahen kuonan magnesium oli jo likipitään yhtä tehokasta kuin dolomiittikalkin.

Rautaruukin terässulatonkuona, joka ei sisältänyt magnesiumia, aiheutti magnesiumin melko tarkan ehtymisen maasta. Saman aiheutti Koverharin kuona, mutta Imatran kuonan sisältämä magnesium riitti ainakin merkittävästi hidastamaan sen vähenemistä rahkaturpeesta.

Taulukko 7. Dolomiittikalkin ja kuonien vaikutus maan liukoiseen magnesiumpitoisuuteen kolmevuotisten astiakokeiden päätyttyä.

	Hiue	Rahkaturve 1	Rahkaturve 2
Verranne	19	30	30
Dolomiittikalkki 6 g/astia	30	84	75
" 12 "	73	163	158
" 24 "	185	361	335
Raahen murskattu masuunikuona			
24 g/astia			
MAKU I	36	89	
" II (jauhettu)	70	128	
" III (hienoksi jauhettu)	94	160	
Raahen granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI I	56	108	91
" II (jauhettu)	73	153	124
" III (hienoksi jauhettu)	105	163	
Koverharin granuloitu masuunikuona			
24 g/astia			
GRANULI (Koverhar)			103
Raahen terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU I	10	15	10
" II (jauhettu)	10	9	9
" III (hienoksi jauhettu)	10	8	
Imatran terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Imatra)			43
Koverharin terässulatonkuona			
24 g/astia			
TEKU (Koverhar)			9
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	12	45	36

KENTTÄKOKEET

Rautaruukki Oy:n Raahen tehtaalla syntyviä kuonia tutkittiin kolmessa vuonna 1979 aloitetussa sekä yhdessä vuonna 1980 aloitetussa kenttäkokeessa. Ensinmainitut kokeet sijaitsivat Maatalouden tutkimuskeskuksen Keski-Pohjanmaan tutkimusasemalla Toholammilla, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa ja Kainuun tutkimusasemalla Vaalassa. Nämä kokeet kestivät viisi vuotta. Vuotta myöhemmin perustettiin nelivuotinen kenttäkoe Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalle Ylistaroon. Näissä kokeissa selvitettiin myös kuonan hinoasteen merkitystä. Dolomiittikalkki oli aineena, johon kuonia verrattiin. Ylistaron kokeessa oli lisäksi mukana turvetuhka.

Ovako Oy:n Koverharin tehtaiden kuonien käyttöarvoa selvitettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Lounais-Suomen tutkimusasemalla Mietoisissa vuonna 1981 aloitetussa kokeessa, joka jatkuu yhä. Vertailukohteina olivat sekä dolomiittikalkki että kalkkikivijauhe. Seuraavassa selostetaan kolmen ensimmäisen vuoden tuloksia.

Koekentiltä keväällä kokeiden alkaessa otetuista maanäytteisistä tehtiin ns. viljavuusanalyysi (VUORINEN ja MÄKITIE 1955). Tulokset ovat taulukossa 8. Kyntökerrosta koskevat tulokset ovat keskiarvoja jokaisesta ruudusta tehdyistä analyyseistä. Jankonäytteet otettiin lohkoittain (neljä kultakin kentältä). Ilmoitetut ominaisuudet ovat näistä neljästä tehtyjen analyyssien keskiarvoja.

Taulukko 8. Koemaiden ominaisuuksia kokeen alussa.

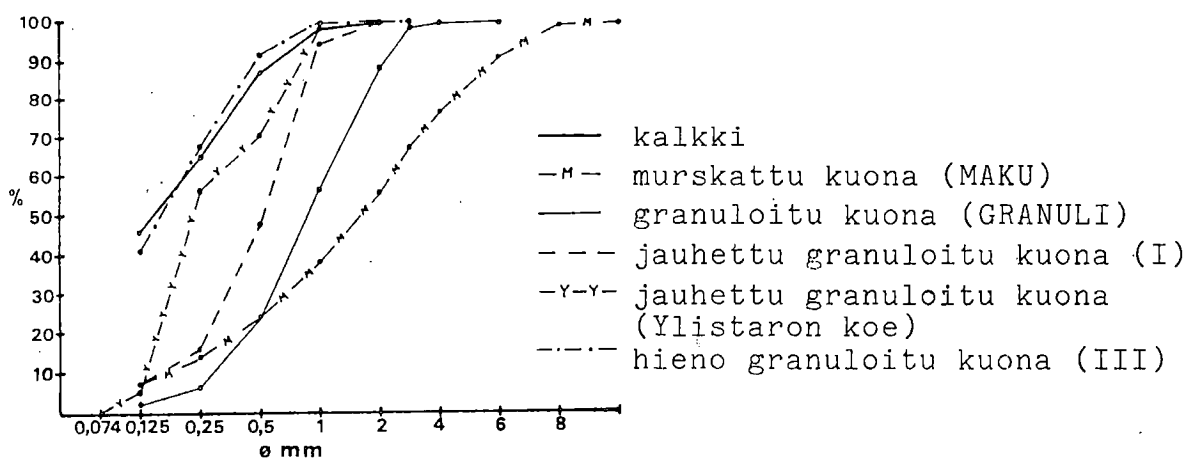
	Toholampi	Ruukki	Vaala	Ylistaro	Mietoinen
0-20 cm					
pH	5,1	4,8	4,6	4,5	5,3
Ca, mg/l	390	1280	910	70	1150
Mg "	64	214	173	31	190
K "	45	46	38	106	245
P "	5,0	12,1	9,5	9,4	7,4
20-40 cm					
pH	5,0	4,5	4,3	4,2	-
Ca, mg/l	14	1040	750	100	-
Mg "	23	195	89	40	-
K "	28	43	10	80	-
P "	5,9	4,1	0,1	6,1	-

Tutkittavat aineet

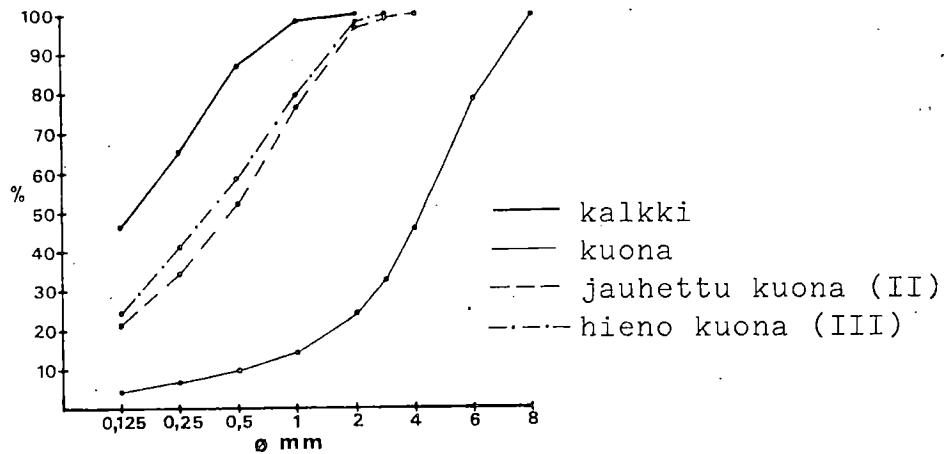
Kenttäkokeissa tutkittujen Raahen kuonien kemiallinen koostumus (taulukko 9) ei oleellisesti poikennut astiakokeissa tutkituista kuonista (vrt. taulukko 1). Vuonna 1979 kolmelle koepaikalle ja seuraavana vuonna yhdelle koepaikalle saadut kuonaerät olivat myös keskenään samanlaisia. Kuonien raekoostumuksessa (kuvat 4 ja 5) oli jonkin verran eroa verrattuna astiakokeissa käytettyihin eriin (vrt. kuvat 1-3).

Taulukko 9. Kenttäkokeissa tutkittujen dolomiittikalkin ja Raahen tehtaan kuonien pitoisuuksia, %.

	CO ₂	Ca + 1,65 * Mg	Ca	Mg	Al	Fe	Mn
Keski-Pohjanmaan, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun tutkimusasemat (1979):							
Dolomiittikalkki	31,5	36,2	19,4	10,2	2,1	2,4	0,04
MAKU (Raahen)	-	35,2	25,5	5,9	4,5	-	0,7
GRANULI (Raahen)	-	36,9	26,8	6,1	4,5	0,5	0,7
TEKU (Raahen)	-	37,3	35,0	1,4	1,6	14,8	4,1
Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema (1980):							
MAKU (Raahen)	-	37,1	26,7	6,3	4,8	-	0,6
GRANULI (Raahen)	-	38,3	27,0	6,9	5,2	-	0,6
TEKU (Raahen)	-	38,4	36,6	1,1	2,0	13,1	3,9



Kuva 4. Kenttäkokeissa käytettyjen Raahen masuunikuonien ja dolomiittikalkin raekokojakautumat.



Kuva 5. Kenttäkokeissa käytettyjen Raahen murskatun terässulatonkuonan (TEKU) ja dolomiittikalkin raekokojakautumat.

Koverharin granuloidusta masuunikuonasta ja terässulatonkuonasta, joita tutkittiin Lounais-Suomen tutkimusaseman kenttäkokeissa, ei ole tarkkoja analyysitietoja. Todennäköisesti nämä erät vastasivat koostumukseltaan ja raekokojakautumaltaan astiakokeessa tutkittuja eriä (vrt. taulukko 1 sekä kuvat 2 ja 3).

Viisivuotiset kenttäkokeet

Vuonna 1979 perustettiin kolmelle koepaikalle kenttäkokeet saman kaavan mukaan. Kokeissa olivat seuraavat koejäsenet:

1. kalkitsemaaton verranne
2. 2,5 t/ha dolomiittikalkkia
3. 5 t/ha dolomiittikalkkia
4. 10 t/ha dolomiittikalkkia
5. 10 t/ha MAKU I (Raahen murskattu masuunikuona)
6. 10 t/ha GRANULI I (Raahen granuloitu masuunikuona)
7. 10 t/ha GRANULI II (Raahen granuloitu masuunikuona, jauhettu)
8. 10 t/ha GRANULI III (Raahen granuloitu masuunikuona, hienoksi jauhettu)
9. 10 t/ha TEKU I (Raahen murskattu terässulatonkuona)
10. 10 t/ha TEKU II (Raahen murskattu terässulatonkuona, jauhettu)
11. 10 t/ha TEKU III (Raahen murskattu terässulatonkuona, hienoksi jauhettu)

GRANULI III vastasi hienoudeltaan dolomiittikalkkia (vrt. kuva 4). TEKU III ei ollut olennaisesti hienompaa kuin TEKU II ja selvästi karkeampaa kuin dolomiittikalkki. Koejäsenissä 10 ja 11 käsittely oli siis itse asiassa sama.

Kaikki koejäsenet sijoitettiin satunnaiseen järjestykseen neljään erilliseen lohkoon. Ruutukoko oli Toholammin ja Ruukin kokeissa 5 m * 15 m ja kentän koko 55 m * 60 m. Nämä kentät sijaitsivat salaojitetulla maalla. Vaalan sarkaojitetulle maalle perustetussa kokeessa ruudut olivat kooltaan 4 m * 12 m.

Koesuunnitelman mukaiset dolomiittikalkki ja eri kuonat levitettiin keväällä 1979. Levityksen jälkeen kentät kynnettiin. Jokaisella kolmella kentällä viljeltiin ensin kahtena vuonna ohraa, sitten kahtena vuonna nurmea ja viimeisenä vuonna ohraa. Kasvilajit, -lajikkeet, lannoitus sekä kylvö- ja korjuuajat ovat taulukossa 10. Kentät kynnettiin kokeen aikana kolme kertaa (keväällä 1979, syksyllä 1979 ja syksyllä 1982).

Taulukko 10. Kenttäkokeiden viljelykasvit, lannoitus sekä kylvö- ja korjuuajat.

Maalaji, kyntökerros " , jankko	Toholampi	Ruukki	Vaala	Ylistaro	Mietoinen
	hieno hieta hiesuinen hieno hieta	saraturve saraturve	saraturve saraturve	hiesu, hieno hieta hiesusavi	liejusavi liejusavi
1979 Kasvi (laji, lajike) Lannoitus (lannoite, kg/ha) Kasvu aika	Ohra, Pomo Ynormaali, 500 28.5.-30.8.	Ohra, Hja 673 Ytasaväkevä, 350 5.6.-7.9.	Ohra, Suvi Ytasaväkevä, 350 28.5.-27.9.		
1980 Kasvi (laji, lajike) Lannoitus (lannoite, kg/ha) Kasvu aika	Ohra, Oira Yboorip. 1, 400 30.5.-27.8.	Ohra, Hja 673 Ynormaali, 300 21.5.-21.8.	Ohra, Eero Ynormaali, 188 22.5.-2.9.	Ohra, Mari Ynormaali, 400 23.5.-27.8.	
1981 Kasvi Lannoitus (lannoite, kg/ha) Niitot t. kasvu aika	Timotei + puna- apila 1. PK, 700 2. K60, 150 + Psf, 400 15.7., 31.8.	Timotei + puna- apila 1. Hiven PK, 600 2. Ytyppirikas, 300 9.7., 24.8.	Timotei + puna- apila 1. Hiven PK, 800 2. Hiven PK, 500 1.7., 31.8.	Timotei + puna- apila 1. PK, 500 2. Ytyppirikas, 400 8.7., 4.9.	Kevätvehnä, Taava Ykaliköyhä, 500 27.5.-22.9.
1982 Kasvi Lannoitus (lannoite, kg/ha) Niitot t. kasvu aika	Timotei + puna- apila 1. PK, 700 2. PK, 800 22.7., 21.9.	Timotei + puna- apila 1. Ytyppirikas, 600 2. Ytyppirikas, 400 13.7., 7.9.	Timotei + puna- apila 1. Hiven PK, 800 2. Hiven PK, 500 19.7., 8.9.	Timotei + puna- apila 1. Ytyppirikas, 500 2. Ytyppirikas, 400 19.7., 2.9.	Ohra, Ida apila Yvähäkäläinen, 500 26.5.-4.9.
1983 Kasvi (laji, lajike) Lannoitus (lannoite, kg/ha) Kasvu aika	Ohra, Pokko Ynormaali, 500 6.6.-20.9.	Ohra, Hja 673 Ynormaali, 350 17.5.-26.8.	Ohra, Eero Ynormaali, 188 13.5.-2.9.	Ohra, Agneta Ynormaali, 500 18.5.-1.9.	Ohra, Kustaa Yvähäkäläinen, 500 17.5.-24.8.
1980 kylvetty heinänsiemen	Timotei 15 kg/ha Puna-apila 15 kg/ha	Timotei 15 kg/ha Puna-apila 15 kg/ha	Timotei 15 kg/ha Puna-apila 15 kg/ha	Timotei 20 kg/ha Puna-apila 10 kg/ha	

Ohra puitiin tuleentuneena leikkuupuimurilla. Jyväsadot punnittiin ruuduittain. Ruuduittain tehdyn kosteusmäärityksen perusteella laskettiin hehtaarisadot varastoimiskelpoisina (15 % kosteus).

Heinä korjattiin kahdesti vuodessa. Ruuduittain punnitun sadon ja kosteusmäärityksen perusteella laskettiin kuiva-ainesato. Apilapitoisuus arvioitiin silmävaraisesti kasvustosta.

Jyvistä ja heinästä otettiin näytteet ruuduittain typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin määrittämistä varten. Jokaisen ruudun kyntökerroksesta otettiin edustava maanäyte ennen kalkin ja kuonien levitystä keväällä 1979 sekä seuraavien vuosien syksyllä korjuun jälkeen. Maanäytteistä määritettiin pH(vesilietos) sekä happamaan ammoniumase-taattiin uuttuvat kalsium ja magnesium.

Ylistaron koe

Ylistaroon vuonna 1980 perustettu koe käsitti seuraavat koejäsenet:

1. kalkitsematon verranne
2. 2,5 t/ha dolomiittikalkkia
3. 5 t/ha dolomiittikalkkia
4. 10 t/ha dolomiittikalkkia
5. 10 t/ha Raahen murskattua masuunikuonaa (MAKU)
6. 10 t/ha Raahen granuloitua masuunikuonaa (GRANULI)
7. 10 t/ha Raahen jauhettua granuloitua masuunikuonaa (GRANULI Iib)
8. 10 t/ha Raahen terässulatonkuonaa (TEKU)
9. 10 t/ha turvetuhkaa

Jauhettu granuloitu masuunikuona oli hienompaa kuin edellisellä vuonna perustettujen kokeiden GRANULI II, mutta karkeampaa kuin GRANULI III (vrt. kuva 4).

Tässäkin kokeessa koejäsenet sijoitettiin neljään erilliseen lohkoon, joissa kussakin niiden järjestys oli satunnainen. Ruutukoko oli 5 m * 15 m.

Ylistaron koe suoritettiin samalla tavalla kuin kolmella muulla koepaikalla vuotta aikaisemmin alkaneet kokeet. Koe oli kuitenkin vain neljävuotinen yhden ohran jäätyä alusta pois.

Kasvilajit ja -lajikkeet, lannoitus sekä kylvö- ja korjuupäivät ovat taulukossa 10. Kokeen hoito, korjuut, näytteenotto ja analyysit tehtiin samoin kuin aikaisemmin aloitetuissa kokeissa. Kenttä kynnettiin vain kerran (syksyllä 1982).

Mietoisten koe

Tämä koe perustettiin vuonna 1981 Lounais-Suomen tutkimusasemalle. Se käsitti seuraavat koejäsenet:

1. kalkitsematon verranne
2. 5 t/ha dolomiittikalkkia
3. 10 t/ha dolomiittikalkkia
4. 5 t/ha kalkkikivijauhetta
5. 10 t/ha kalkkikivijauhetta
6. 10 t/ha Koverharin granuloitua masuunikuonaa (GRANULI (Koverhar))
7. 10 t/ha Koverharin terässulatonkuonaa (TEKU (Koverhar))

Koejäsenet satunnaistettiin lohkoittain, joita kokeessa oli neljä. Kalkit ja kuonat levitettiin keväällä 1981. Ne sekoitettiin maahan äestämällä.

Kokeessa viljeltiin ensimmäisenä vuonna kevätvehnää ja seuraavina kahtena vuonna ohraa. Lajikkeet, lannoitus sekä kylvö- ja korjuuajat ovat taulukossa 10. Kenttä kynnettiin kokeen aikana kahdesti (syksyllä 1981 ja 1982).

Jyväsadot punnittiin ja niiden kosteus määritettiin ruuduittain. Jokaiselta ruudulta otettiin edustava jyvänäyte analyysijä varten. Kyntökerrosta edustavat maanäytteet otettiin kultakin ruudulta syksyisin sadonkorjuun jälkeen.

Analyysit

Kenttäkokeiden jyvä-, heinä- ja maanäytteistä tehtiin analyysit samoin menetelmin kuin astiakokeen kasvi- ja maanäytteistä.

Useamman vuoden keskimääräiset ravinnepitoisuudet laskettiin sadon määrillä painotettuina.

Tulosten keskinäiset erot testattiin varianssianalyysillä kokeittain. Yksittäisiä keskiarvoja voidaan verrata tulostaulukoihin lasketun pienimmän merkitsevän eron avulla. Se laskettiin Tukey'n mukaan (STEEL ja TORRIE 1960, ss. 109-114) käyttäen 5 prosentin riskiä.

Tulokset Raahan kuonista

Ohrasadot

Toholammin kokeessa kalkitus nosti keskimääräistä ohrasatoa, mutta kalkkimäärien välillä ei ollut eroa (taulukko 11). Vuonna 1980 kalkitus ei näytä vaikuttaneen sadon määrään. Keskimääräisten tulosten perusteella kuonat eivät poikenneet vaikutukseltaan dolomiittikalkista. Kuonien välillä ei myöskään ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.

Taulukko 11. Ohran jyväsadot Toholammin kokeessa, kg/ha (kos-teus 15 %).

	1979	1980	1983	Keskimäärin	
Kalkitsematon verranne	3930	2830	2770	3180	100
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	4260	3090	3540	3630	114
" 5 "	4100	2910	2950	3320	104
" 10 "	4210	3230	3210	3550	112
MAKU (Raahe) 10 "	4440	2970	3510	3640	114
GRANULI (Raahe) 10 "	4390	3140	3520	3680	116
GRANULI II (jauhettu) 10 t/ha	4360	3020	3530	3640	114
GRANULI III (hienoksi jauhettu) 10 t/ha	4710	3180	3240	3710	117
TEKU (Raahe) 10 t/ha	4050	3010	3340	3470	109
TEKU II (jauhettu) 10 t/ha	4400	2950	3150	3500	110
TEKU III (jauhettu) 10 "	4370	2910	3370	3550	112
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	-	-	-	480	15

Ruukissa suoritettussa kenttäkokeessa koejäsenten välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä satoeroja (taulukko 12). Sekä dolomiittikalkki että kuonat näyttävät kuitenkin jossakin määrin parantaneen ohran kasvua, mutta erot eivät olleet varmoja valitulla 95 prosentin luotettavuudella. Kuonalajien ja niiden hienousasteiden keskinäiset erot ja erot dolomiittikalkkiin nähden olivat hyvin pieniä ja mahdollisesti täysin satunnaisia.

Vaalan kokeessa ohrasatojen satunnaishajonta oli suuri (taulukko 13). Tästä huolimatta muutamissa koejäsenissä oli merkitsevästi suurempi ohrasato kuin kalkitsemattomassa verranteessa. Granuloidun masuunikuonan kaikki hienousasteet sekä hienonnetut terässulatonkuonat saivat ohran tuottamaan keskimäärin suuremman jyväsadon. Dolomiittikalkki, murskattu ma-

Taulukko 12. Ohran jyväsadot Ruukin kokeessa, kg/ha (kosteus 15 %).

	1979	1980	1983	Keskimäärin	
Kalkitsematon verranne	3770	3330	3580	3560	100
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	3690	3620	3390	3570	100
" 5 "	4080	3580	3590	3750	105
" 10 "	4120	3350	3500	3660	103
MAKU (Raahe) 10 "	3980	3560	3600	3720	104
GRANULI (Raahe) 10 "	3500	3740	3830	3690	104
GRANULI II (jauhettu) 10 t/ha	4020	3700	3680	3800	107
GRANULI III (hienoksi jauhettu) 10 t/ha	3890	3920	3610	3810	107
TEKU (Raahe) 10 t/ha	4070	3860	3570	3830	108
TEKU II (jauhettu) 10 t/ha	4070	3840	3610	3840	108
TEKU III (jauhettu) 10 "	4020	3670	3650	3780	106
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	-	-	-	520	15

suunikuona ja jauhamaton terässulatonkuona näyttivät olleen tehottomampia, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Erot, joita näytti olevan eri vuosien tuloksissa, saattoivat hyvin johtua sattumasta.

Taulukko 13. Ohran jyväsadot Vaalan kokeessa, kg/ha (kosteus 15 %).

	1979	1980	1983	Keskimäärin	
Kalkitsematon verranne	1410	2360	3480	2410	100
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	1740	2750	4190	2890	120
" 5 "	1850	2800	4540	3060	127
" 10 "	1900	3160	4670	3240	134
MAKU (Raahe) 10 "	1790	3350	4320	3150	131
GRANULI (RAAHE) 10 "	1800	3990	5070	3620	150
GRANULI II (jauhettu) 10 t/ha	1980	4010	5510	3830	159
GRANULI III (hienoksi jauhettu) 10 t/ha	1970	4420	5280	3890	161
TEKU (Raahe) 10 t/ha	1980	3120	4390	3160	131
TEKU II (jauhettu) 10 t/ha	2330	3700	5080	3700	154
TEKU III (jauhettu) 10 "	1980	3600	4930	3500	145
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	-	-	-	1070	44

Selviä eroja koepaikkojen välillä ei ollut. Vaikka Ruukin kokeessa ei todettu tutkittavien aineiden vaikuttaneen satoon merkitsevästi, näennäiset satoerot olivat kuitenkin enimmäkseen samansuuntaisia kuin muissakin kokeissa. Taulukoksi 14 on tämän takia laskettu näiden kolmen kokeen keskiarvotulokset.

Suurin dolomiittikalkkimäärä nosti ohran jyväsadon keskimäärin 14 prosenttia suuremmaksi kalkitsemattomaan koejäseneen verrattuna. Tämä nousu oli tilastollisesti merkitsevä yli 95 prosentin luotettavuudella. Suunnilleen yhtä paljon ohrasato nousi murskatun masuunikuonan ja terässulatonkuonan vaikutuksesta. Granuloidut masuunikuonat ja jauhettut terässulatoskuo-

nat näyttivät edellisiä tehokkaammilta, joskaan erojen luotettavuus ei yltänyt 95 prosenttiin. Näiden kuonien keskinäiset erot olivat varsin pieniä. Jauhamisen aiheuttama pieni tehon paraneminen tuntuu kyllä johdonmukaiselta. Vuosien väliset erot olivat vähäisiä. Granuloidun masuunikuonan jauhamisen aiheuttama tehon parannus saattoi painottua ensimmäiseen tai ensimmäisiin vuosiin, mutta tulos on suuren satunnaishajonnan takia hyvin epävarma.

Taulukko 14. Keskimääräiset ohran jyväsadot Toholammin, Ruukin ja Vaalan kokeissa, kg/ha (kosteus 15 %).

	1979	1980	1983	Keskimäärin	
Kalkitsematon verranne	3040	2840	3270	3050	100
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	3230	3160	3700	3360	110
" 5 "	3340	3100	3690	3380	111
" 10 "	3410	3250	3790	3480	114
MAKU (Raahe) 10 "	3400	3290	3810	3500	115
GRANULI (Raahe) 10 "	3230	3620	4140	3660	120
GRANULI II (jauhettu) 10 t/ha	3450	3580	4240	3760	123
GRANULI III (hienoksi jauhettu) 10 t/ha	3530	3840	4040	3800	125
TEKU (Raahe) 10 t/ha	3370	3330	3770	3490	114
TEKU II (jauhettu) 10 t/ha	3600	3490	3950	3680	121
TEKU III (jauhettu) 10 "	3460	3390	3980	3610	118
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)	-	-	-	410	13

Ylistaron koe sijaitsi erittäin suuressa kalkitustarpeessa olevalla maalla, kuten taulukoksi 15 kootuista ohran satotuloksista käy ilmi. Huolimatta suuresta satunnaishajonnasta kaikkien dolomiittikalkkimäärienkin välille saatiin tilastollisesti merkitsevä ero. Tulokset olivat tältä osin samanlaiset sekä kokeen ensimmäisenä että viimeisenä vuonna, jona ohra oli koekasvina. Ilman kalkitusta ohra ei tuottanut sattoa.

Taulukko 15. Ohran jyväsadot Ylistaron kokeessa.

	1980	1983	1980, 1983 keskimäärin
Kalkitsematon verranne	0	120	60
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	1000	1190	1100
" 5 "	1890	3500	2700
" 10 "	3210	5250	4230
MAKU (Raahe) 10 "	0	1210	610
GRANULI (Raahe) 10 "	0	2320	1160
GRANULI IIb (jauhettu) 10 t/ha	1660	4320	2990
TEKU (Raahe) 10 t/ha	1380	4690	3040
Turvetuhkaa 10 "	0	200	100
Pienin merkitsevä ero (Tukey, P = 0,05)			970

Murskattu masuunikuona ei saanut aikaan merkitsevää keskimääräistä sadonlisäystä. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että viimeisenä koevuonna 10 t/ha annos sitä oli yhtä tehokas kuin 2,5 t/ha dolomiittikalkkia. Granuloidun masuunikuonan (10 t/ha) keskimääräinen teho vastasi myös 2,5 t/ha dolomiittikalkkia. Sekin tehosi vasta kokeen lopussa, jolloin vaikutus vastasi todennäköisesti 3-4 t/ha dolomiittikalkkia. Terässulatonkuona vastasi teholtaan keskimäärin noin puolta sen määrästä dolomiittikalkkia. Tässäkin teho parani ajan kuluessa ja oli aluksi noin kolmannes, mutta neljäntenä koevuonna vähintään kolme neljännestä dolomiittikalkin tehosta. Turpeen tuhka ei parantanut ohran kasvua.

Granuloidun masuunikuonan jauhaminen paransi sen tehoa olennaisesti. Ensimmäisenä vuonna teho näyttää olleen lähes puolet, ja neljäntenä vuonna kolme neljäsosaa dolomiittikalkin tehosta.

Ohran jyvien ravinnepitoisuus

Dolomiittikalkki nosti jyvien keskimääräistä typpipitoisuutta Toholammin kokeessa (taulukko 16). Saman saivat kuonat aikaan. Aineiden välillä ei ollut eroa. Ruukin kokeessa ei ollut eroja. Vaalan kokeessa näytti siltä, että granuloitu masuunikuona oli laskenut jyvien typpipitoisuutta. Ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä aivan 95 prosentin luotettavuudella edes kalkitsemattoman verranteen ja hienoksi jauhetun kuonan välillä, jossa se oli suurin. Koska erot eri kokeissa olivat erisuuntaisia, ei kaikkien kokeiden keskiarvoina lasketuissa typpipitoisuuksissa ollut merkitseviä eroja koejäsenten välillä.

Taulukko 16. Ohran jyvien keskimääräinen typpipitoisuus vuosina 1979, 1980 ja 1983, g/kg k.a.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne		17,4	22,4	22,0	20,6
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha		18,8	21,8	21,3	20,6
" 5 "		19,9	21,4	21,6	21,0
" 10 "		19,6	21,6	21,4	20,8
MAKU (Raahe) 10 "		18,8	21,8	20,2	20,3
GRANULI (Raahe) 10 "		19,3	21,6	20,5	20,5
GRANULI II 10 "		19,1	21,7	20,2	20,3
GRANULI III 10 "		19,8	21,2	20,0	20,4
TEKU (Raahe) 10 "		19,5	21,5	21,0	20,7
TEKU II 10 "		19,1	21,6	20,8	20,5
TEKU III 10 "		19,5	22,1	21,2	20,9
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		1,9	1,9	2,1	1,1

Jyvien keskimääräinen fosforipitoisuus oli Vaalan kokeessa alentunut granuloidun masuunikuonan vaikutuksesta (taulukko 17). Ero oli merkitsevä kalkitsemattoman verranteen ja hienoksi jauhettua kuonaa saaneen koejäsenen välillä. Vaikka muilla koepaikoilla ei ollutkaan merkitseviä eroja, todettiin kokeitten keskiarvotuloksissa luotettava ero hienoksi jauhetun granuloidun masuunikuonan ja dolomiittikalkin välillä. Edellisen käyttö johti pienempään jyvien fosforipitoisuuteen.

Taulukko 17. Ohran jyvien keskimääräinen fosforipitoisuus vuosina 1979, 1980 ja 1983, g/kg k.a.

			Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitseman verranne			3,8	3,1	4,2	3,7
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha			3,9	3,3	4,2	3,8
"	5	"	3,9	3,3	4,1	3,8
"	10	"	3,9	3,4	4,0	3,8
MAKU (Raahe)	10	"	4,0	3,2	3,8	3,6
GRANULI (Raahe)	10	"	3,9	3,3	3,9	3,7
GRANULI II	10	"	3,8	3,5	3,8	3,7
GRANULI III	10	"	3,8	3,1	3,7	3,5
TEKU (Raahe)	10	"	3,9	3,2	4,0	3,7
TEKU II	10	"	3,9	3,4	3,8	3,7
TEKU III	10	"	3,9	3,1	3,9	3,6
Pienin merkitsevä ero						
Tukey'n mukaan ($P = 0,05$)			0,5	0,5	0,5	0,3

Jyvien kaliumpitoisuus ei muuttunut koekäsittelyjen vaikutuksesta (taulukko 18).

Taulukko 18. Ohran jyvien keskimääräinen kaliumpitoisuus vuosina 1979, 1980 ja 1983, g/kg k.a.

			Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitseman verranne			6,9	6,2	6,3	6,5
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha			6,8	6,4	6,2	6,5
"	5	"	6,9	6,8	6,2	6,6
"	10	"	7,1	6,4	6,3	6,6
MAKU (Raahe)	10	"	7,0	6,4	6,2	6,5
GRANULI (Raahe)	10	"	6,7	6,3	6,3	6,4
GRANULI II	10	"	6,9	6,4	6,1	6,5
GRANULI III	10	"	7,5	6,2	6,0	6,6
TEKU (Raahe)	10	"	7,1	6,4	6,3	6,6
TEKU II	10	"	7,2	6,5	6,0	6,6
TEKU III	10	"	6,9	6,6	6,2	6,6
Pienin merkitsevä ero						
Tukey'n mukaan ($P = 0,05$)			1,2	1,0	0,6	0,6

Dolomiittikalkki ei vaikuttanut jyvien kalsiumpitoisuuteen (taulukko 19). Myöskään masuunikuonat eivät vaikuttaneet. Sensijaan terässulatonkuona nosti sitä, jauhetut erät tehokkaammin kuin jauhamaton erä. Eri koepaikkojen tulokset olivat samansuuntaisia.

Dolomiittikalkki nosti jyvien magnesiumpitoisuutta (taulukko 20). Kuonat eivät vaikuttaneet siihen tilastollisesti merkitsevästi. Toholammin kokeessa masuunikuonilla saattoi olla pieni pitoisuutta kohottava vaikutus.

Taulukko 19. Ohran jyvien keskimääräinen kalsiumpitoisuus vuosina 1979, 1980 ja 1983, g/kg k.a.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne		0,39	0,40	0,49	0,43
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha		0,41	0,39	0,48	0,43
"	5 "	0,42	0,39	0,47	0,43
"	10 "	0,40	0,39	0,52	0,44
MAKU (Raahe)	10 "	0,41	0,40	0,47	0,43
GRANULI (Raahe)	10 "	0,41	0,38	0,48	0,42
GRANULI II	10 "	0,39	0,38	0,48	0,42
GRANULI III	10 "	0,42	0,40	0,47	0,43
TEKU (Raahe)	10 "	0,44	0,41	0,49	0,45
TEKU II	10 "	0,44	0,43	0,57	0,48
TEKU III	10 "	0,46	0,45	0,54	0,48
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		0,07	0,05	0,09	0,04

Taulukko 20. Ohran jyvien keskimääräinen magnesiumpitoisuus vuosina 1979, 1980 ja 1983, g/kg k.a.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne		1,05	1,17	1,29	1,17
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha		1,15	1,20	1,34	1,23
"	5 "	1,18	1,18	1,33	1,23
"	10 "	1,20	1,18	1,35	1,25
MAKU (Raahe)	10 "	1,13	1,16	1,27	1,19
GRANULI (Raahe)	10 "	1,12	1,14	1,31	1,19
GRANULI II	10 "	1,12	1,15	1,26	1,18
GRANULI III	10 "	1,14	1,16	1,25	1,18
TEKU (Raahe)	10 "	1,09	1,15	1,25	1,16
TEKU II	10 "	1,05	1,18	1,24	1,16
TEKU III	10 "	1,09	1,16	1,25	1,16
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		0,14	0,08	0,12	0,07

Ylistaron kokeessa ohranjyvien typpipitoisuus laski kalkin, granuloidun masuunikuonan ja terässulatonkuonan vaikutuksesta (taulukko 21). Kalsiumpitoisuus muuttui muuten samaan suuntaan, mutta terässulatonkuona ei vaikuttanut siihen. Magnesiumpitoisuutta terässulatonkuona taas laski, kun muut aineet eivät vaikuttaneet siihen. Dolomiittikalkki, jauhettu masuunikuona ja terässulatonkuona saattoivat vähän alentaa jyvien fosforipitoisuutta ja kohottaa kaliumpitoisuutta.

Nurmisadot

Kalkitus paransi nurmen kasvua Toholammin kokeessa erittäin selvästi (taulukko 22). Kalkkimäärien sekä kuonien ja kalkin välillä ei ollut merkitsevää eroa. Jauhetut kuonat näyttivät kuitenkin dolomiittikalkkia ja jauhamattomia kuonia vähän tehokkaammilta. Eroja oli yhtäläillä molempina vuosina ja kummassakin niitossa. Satunnaisvaihtelu oli tässä kokeessa varsin suuri.

Taulukko 21. Ohran jyvien keskimääräinen ravinnepitoisuus vuosina 1980 ja 1983 Ylistaron kokeessa, g/kg k.a.

	Typpi (N)	Fosfori (P)	Kalium (K)	Kalsium (Ca)	Magnesium (Mg)
Kalkitsematon verranne	24,2	3,7	4,6	0,46	1,27
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	21,0	3,6	5,1	0,41	1,31
" 5 "	19,2	3,5	5,2	0,36	1,29
" 10 "	19,5	3,5	5,2	0,34	1,29
MAKU (Raahe) 10 "	23,0	3,7	4,7	0,45	1,29
GRANULI (Raahe) 10 "	20,7	3,6	4,8	0,40	1,29
GRANULI Iib 10 "	19,8	3,4	5,0	0,37	1,24
TEKU (Raahe) 10 "	19,9	3,4	4,9	0,45	1,13
Turvetuhkaa 10 "	24,2	3,8	4,8	0,47	1,27
Pienin merkitsevä ero Tukey'n mukaan (P = 0,05)	2,8	0,4	0,5	0,05	0,08

Taulukko 22. Nurmisadot Toholammin kokeessa, kuiva-ainetta kg/ha.

	1981		1982		1981-1982 keskimäärin	
	1. niitto	2. niitto	1. niitto	2. niitto	kg/ha/v	sl
Kalkitsematon verranne	2350	220	2880	80	2770	100
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	5210	410	4440	500	5280	191
" 5 "	5420	770	6660	650	6750	244
" 10 "	5420	740	6660	560	6690	242
MAKU (Raahe) 10 "	4830	460	6450	490	6120	221
GRANULI (Raahe) 10 "	4720	580	5820	440	5780	209
GRANULI II 10 "	4340	600	6990	440	6180	223
GRANULI III 10 "	5720	630	7590	690	7320	264
TEKU (Raahe) 10 "	4770	470	7030	630	6450	233
TEKU II 10 "	5950	720	7760	750	7590	274
TEKU III 10 "	5110	630	7940	810	7240	261
Pienin merkitsevä ero Tukey'n mukaan (P = 0,05)	-	-	-	-	2320	84

Ruukissa (taulukko 23) ja Vaalassa (taulukko 24) suoritettuisa kokeissa ei ollut merkitseviä eroja koejäsenten välillä. Dolomiittikalkilla ja jauhetuilla kuonilla näyttää kuitenkin olleen 15-20 prosenttia satoa lisäävä vaikutus, mutta suuren hajonnan takia tulos oli epävarma. Erot näyttävät syntyneen lähinnä odelmasadoista.

Eri koepaikkojen tulokset olivat siinä määrin samansuuntaiset, että koejäsenten keskimääräiset erot olivat melko selvät (taulukko 25). Dolomiittikalkki paransi nurmen kasvua merkitsevästi, mutta kalkkimäärien väliset erot olivat epävarmoja. Viiden tonnin annos hehtaarille näyttää saaneen aikaan jo täyden hyödyn. Kuonat paransivat niinikään nurmen kasvua, ja näytti siltä, kuin jauhaminen olisi parantanut niiden tehoa. Kuonien ja niiden hienousasteiden keskinäiset sekä kuonien ja kalkin väliset erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Koevuosien välillä ei ollut ainakaan ilmeisiä eroja.

Taulukko 23. Nurmisadot Ruukin kokeessa, kuiva-ainetta kg/ha.

			1981		1982		1981-1982	
			1. niitto	2. niitto	1. niitto	2. niitto	keskimäärin kg/ha/v	sl
Kalkitsematon verranne			2830	2420	4900	1010	5580	100
Dolomiittikalkki 2,5 t/ha			2990	2110	4390	1150	5320	95
" 5 "			3060	1930	4690	1280	5480	98
" 10 "			2490	1550	5040	1660	5370	96
MAKU (Raahe)	10	"	2380	1700	5100	1280	5230	94
GRANULI (Raahe)	10	"	3220	1980	4820	1140	5590	100
GRANULI II	10	"	2560	1880	5040	1470	5470	98
GRANULI III	10	"	3070	2360	5000	1190	5810	104
TEKU (Raahe)	10	"	3220	2770	4990	1190	6080	109
TEKU II	10	"	3170	2120	4580	1370	5620	101
TEKU III	10	"	2920	2170	4840	1050	5490	98
Pienin merkitsevä ero								
Tukey'n mukaan (P = 0,05)	-	-	-	-	-	-	1400	98

Taulukko 24. Nurmisadot Vaalan kokeessa, kuiva-ainetta kg/ha.

			1981		1982		1981-1982	
			1. niitto	2. niitto	1. niitto	2. niitto	keskimäärin kg/ha/v	sl
Kalkitsematon verranne			3490	2770	4200	620	5540	100
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha			3660	3500	3840	930	5960	108
" 5 "			3600	4060	4340	930	6470	117
" 10 "			3430	3780	3980	1330	6260	113
MAKU (Raahe)	10	"	3260	2980	3960	1110	5650	102
GRANULI (Raahe)	10	"	3110	3470	4220	1170	5990	108
GRANULI II	10	"	3160	3780	4430	1010	6190	112
GRANULI III	10	"	3510	3670	4290	1230	6350	115
TEKU (Raahe)	10	"	3280	2980	4230	830	5660	102
TEKU II	10	"	3370	4340	4290	1230	6610	119
TEKU III	10	"	3300	4580	4420	1180	740	122
Pienin merkitsevä ero								
Tukey'n mukaan (P = 0,05)	-	-	-	-	-	-	1480	27

Taulukko 25. Nurmen keskimääräiset kuiva-ainesadot Toholammin, Ruukin ja Vaalan kokeissa, kg/ha.

			1981	1982	1981-1982	
					keskimäärin	
Kalkitsematon verranne			4690	4560	4630	100
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha			5960	5080	5520	119
" 5 "			6280	6180	6230	135
" 10 "			5800	6410	6110	132
MAKU (Raahe)	10	"	5200	6130	5670	122
GRANULI (Raahe)	10	"	5690	5870	5790	125
GRANULI II	10	"	5440	6460	5950	129
GRANULI III	10	"	6320	6660	6490	140
TEKU (Raahe)	10	"	5830	6300	6060	131
TEKU II	10	"	6560	6660	6610	143
TEKU III	10	"	6240	6750	6490	140
Pienin merkitsevä ero						
Tukey'n mukaan (P = 0,05)	-	-	-	-	980	21

Ylistaron kokeessa nurmen kasvu parani kalkin vaikutuksesta suunnilleen yhtä paljon kuin edellä selostetuissa kokeissa keskimäärin (taulukko 26). Tosin tässä kokeessa näyttää sadon lisäystä saadun vielä lisäämällä dolomiittikalkkimäärää viidestä kymmeneen tonniin hehtaarille. Granuloitu masuunikuona jäi jauhamattomana huonommaksi kuin dolomiittikalkki, mutta muiden kuin jauhetun granuloidun kuonan ja dolomiittikalkin välillä ei ollut merkitseviä eroja. Turvetuhkakin näyttää saaneen aikaan sadonlisäyksen, joskin tuloksen varmuus on pienempi kuin 95 prosenttia. Koejäsenten väliset erot eri vuosina ja eri niittokertoina olivat yleensä samansuuntaisia.

Taulukko 26. Nurmen kuiva-ainesato Ylistaron kokeessa, kg/ha.

	1981			1982			1981-1982	
	1. niitto	2. niitto	Yhteensä	1. niitto	2. niitto	Yhteensä	keskimäärin	Niitot yhteensä
Kalkitsematon verranne	1160	2730	3890	3900	260	4160	4030	100
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	2040	2860	4900	4360	360	4720	4810	119
" 5 "	2300	3080	5380	4800	410	5210	5300	132
" 10 "	3230	2990	6220	5140	470	5610	5920	147
MAKU (Raahe) 10 "	2390	2500	4890	4790	440	5230	5060	126
GRANULI (Raahe) 10 "	1430	2820	4250	3830	450	4280	4270	106
GRANULI IIb 10 "	2400	3130	5530	4540	460	5000	5270	131
TEKU (Raahe) 10 "	2890	2710	5600	4490	510	5000	5300	132
Turvetuhkaa 10 "	1900	2660	4560	4790	270	5060	4810	119

Pienin merkitsevä ero
Tukey'n mukaan ($P = 0,05$)

1150 28

Heinän ravinnepitoisuus ja apilan osuus

Dolomiittikalkki nosti heinän keskimääräistä typpipitoisuutta Toholammin ja Vaalan kokeissa (taulukko 27). Ruukin kokeessa ei ollut merkitseviä eroja koejäsenten välillä. Näiden kolmen kokeen keskimääräiset tulokset olivat kahden ensinmainitun kokeen mukaisia. Myös kuonat nostivat heinän typpipitoisuutta. Tehokkainta näytti olleen jauhettu terässulatonkuona, joka poikkesi merkitsevästi vastaavasta jauhamattomasta kuonasta. Yleensä kuonien sekä kuonien ja kalkin välillä ei ollut merkitseviä eroja.

Taulukko 27. Heinän keskimääräinen typpipitoisuus vuosina 1981 ja 1982, g/kg k.a.

	Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne	13,5	22,2	17,5	17,7
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha	17,9	24,1	19,3	20,5
" 5 "	18,1	23,0	20,7	20,6
" 10 "	19,9	23,0	22,6	21,8
MAKU (Raahe) 10 "	17,9	22,2	19,0	19,7
GRANULI (Raahe) 10 "	18,1	22,1	21,0	20,4
GRANULI II 10 "	18,8	23,4	18,8	20,3
GRANULI III 10 "	18,6	23,1	20,7	20,8
TEKU (Raahe) 10 "	17,8	22,6	18,6	19,7
TEKU II 10 "	19,9	22,4	22,6	21,7
TEKU III 10 "	19,7	24,5	22,1	22,1

Pienin merkitsevä ero
Tukey'n mukaan ($P = 0,05$)

3,2 3,3 5,2 2,2

Toholammin kokeessa kasvaneen heinän fosforipitoisuus, joka alunperin oli hyvin alhainen, nousi sekä dolomiittikalkin että kuonien ansiosta selvästi (taulukko 28). Dolomiittikalkki vaikutti siihen tehokkaammin kuin kuonat, joiden välillä ei juuri ollut eroja. Muissa kokeissa erot eivät olleen selviä, mutta ilmeisesti samansuuntaisia.

Taulukko 28. Heinän keskimääräinen fosforipitoisuus vuosina 1981 ja 1982, g/kg k.a.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne		2,2	3,1	3,2	2,8
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha	2,4	3,3	3,5	3,1
"	5 "	2,5	3,3	3,5	3,1
"	10 "	2,6	3,2	3,6	3,1
MAKU (Raahe)	10 "	2,4	3,1	3,3	2,9
GRANULI (Raahe)	10 "	2,4	3,1	3,4	3,0
GRANULI II	10 "	2,4	3,3	3,2	3,0
GRANULI III	10 "	2,5	3,3	3,3	3,0
TEKU (Raahe)	10 "	2,4	3,2	3,3	3,0
TEKU II	10 "	2,5	3,1	3,5	3,1
TEKU III	10 "	2,5	3,4	3,5	3,1
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		0,2	0,4	0,5	0,2

Ruukissa dolomiittikalkki nosti heinän kaliumpitoisuutta (taulukko 29). Kuonat vaikuttivat ilmeisesti samaan suuntaan, mutta erot eivät olleet merkitseviä. Toholammin kokeessa havaitut erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Vaalan kokeessa erot olivat pieniä ja sattumanvaraisia.

Taulukko 29. Heinän keskimääräinen kaliumpitoisuus vuosina 1981 ja 1982, g/kg k.a.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne		22,9	20,6	27,7	23,7
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha	22,4	21,5	28,3	24,1
"	5 "	23,6	21,2	27,9	24,3
"	10 "	22,3	23,4	28,8	24,8
MAKU (Raahe)	10 "	24,5	20,8	28,0	24,4
GRANULI (Raahe)	10 "	23,8	21,4	28,8	24,7
GRANULI II	10 "	23,6	22,6	27,1	24,4
GRANULI III	10 "	23,5	19,9	28,4	23,9
TEKU (Raahe)	10 "	24,5	20,5	27,4	24,1
TEKU II	10 "	24,1	21,4	26,9	24,1
TEKU III	10 "	22,8	21,7	26,5	23,7
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		2,3	2,7	3,7	1,6

Dolomiittikalkki nosti heinän kalsiumpitoisuutta kaikissa kolmessa nyt käsiteltävässä kenttäkokeessa hyvin selvästi (taulukko 30). Toholammin ja Vaalan kokeissa nousua jatkui suurimpaan kalkkimäärään asti, mutta Ruukissa annoksen suu-

rentaminen 2,5 tonnista hehtaaria kohti ei enää nostanut kalsiumpitoisuutta. Kuonatkin kohottivat heinän kalsiumpitoisuutta. Eroja aineiden välillä ei yleensä ollut, mutta jauhettu terässulatonkuona erottui kyllä muista tehokkaana kalsiumpitoisuuden kohottajana.

Taulukko 30. Heinän keskimääräinen kalsiumpitoisuus vuosina 1981 ja 1982, g/kg k.a.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitseman verranne		4,2	3,8	3,7	3,9
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha	5,9	5,0	5,7	5,5
"	5 "	5,9	4,7	6,3	5,6
"	10 "	6,8	3,8	7,3	6,0
MAKU (Raahe)	10 "	5,7	3,8	5,5	5,0
GRANULI (Raahe)	10 "	6,3	4,1	6,8	5,7
GRANULI II	10 "	6,8	4,4	6,3	5,8
GRANULI III	10 "	5,7	5,1	6,3	5,7
TEKU (Raahe)	10 "	6,2	5,0	5,9	5,7
TEKU II	10 "	8,1	4,2	8,7	7,0
TEKU III	10 "	8,3	5,6	8,4	7,4
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		2,3	1,4	3,9	1,5

Myös heinän magnesiumpitoisuutta dolomiittikalkki kohotti selvästi (taulukko 31). Kuonat vaikuttivat samaan suuntaan mutta vähemmän. Kuonien välillä ei ollut eroja.

Taulukko 31. Heinän keskimääräinen magnesiumpitoisuus vuosina 1981 ja 1982, g/kg k.a.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitseman verranne		1,2	1,9	1,6	1,5
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha	1,9	2,4	2,2	2,2
"	5 "	2,3	2,2	2,3	2,3
"	10 "	2,8	2,2	2,7	2,6
MAKU (Raahe)	10 "	2,0	2,0	1,8	1,9
GRANULI (Raahe)	10 "	2,1	2,1	2,3	2,2
GRANULI II	10 "	2,3	2,1	2,0	2,1
GRANULI III	10 "	1,9	2,3	2,0	2,0
TEKU (Raahe)	10 "	1,5	2,2	1,9	1,9
TEKU II	10 "	1,9	1,8	2,1	1,9
TEKU III	10 "	1,8	2,3	2,4	2,1
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		0,7	0,5	1,3	0,5

Ylistaron kokeessa heinän typpi- ja fosforipitoisuudessa ei ollut koejäsenten välisiä eroja (taulukko 32). Dolomiittikalkki, murskattu masuunikuona ja terässulatonkuona vähensivät kaliumpitoisuutta, mutta eivät muutkaan tutkitut aineet poikenneet näistä merkitsevästi. Dolomiittikalkki kohotti sekä heinän kalsium- että magnesiumpitoisuutta. Terässulatonkuona nosti kalsiumpitoisuutta hyvin selvästi, mahdollisesti enemmän kuin dolomiittikalkki. Muiden aineiden vaikutus kaliumpitoisuuteen jäi kalkkia vähäisemmäksi, eikä ollut yleensä edes merkitsevä. Granuloitu masuunikuona kohotti heinän magnesiumpitoisuutta, mutta vähemmän kuin dolomiittikalkki.

Taulukko 32. Heinän keskimääräinen ravinnepitoisuus vuosina 1981 ja 1982 Ylistaron kokeessa, g/kg k.a.

		Typpi (N)	Fosfori (P)	Kalium (K)	Kalsium (Ca)	Magnesium (Mg)
Kalkitsematon verranne		17,9	2,3	30,1	1,8	0,89
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha	17,1	2,2	26,3	2,0	1,10
"	5 "	17,3	2,3	26,9	2,3	1,27
"	10 "	17,2	2,2	25,6	2,7	1,42
MAKU (Raahe)	10 "	16,9	2,1	25,7	2,0	0,94
GRANULI (Raahe)	10 "	19,2	2,3	28,0	2,1	1,09
GRANULI IIB	10 "	17,0	2,2	27,2	2,3	1,11
TEKU (Raahe)	10 "	17,9	2,3	25,7	3,1	0,89
Turvetuhkaa	10 "	17,0	2,2	27,7	1,9	0,80
Pienin merkitsevä ero						
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		2,9	0,4	3,4	0,5	0,16

Taulukossa 33 on esitetty toisen nurmivuoden heinä- ja odelmasadon keskimääräinen apilapitoisuus koejäsenittäin Toholammilla, Vaalan ja Ylistaron kokeissa. Toholammilla ja Ylistaron kokeissa dolomiittikalkki nosti apilapitoisuutta, joka jälkimmäisessä kokeessa jäi kuitenkin alhaiseksi. Toholammilla kokeessa kuonat vastasivat vaikutukseltaan korkeintaan vajaa puolta niiden määrästä dolomiittikalkkia. Yllättävää on, että kuonan jauhaminen vähensi vaikutusta. Terässulatonkuona oli Ylistaron kokeessa yhtä tehokasta kuin dolomiittikalkki ja paljon tehokkaampaa kuin granuloitu masuunikuona. Toholammilla mainittujen kuonien järjestys oli päinvastainen. Vaalan kokeessa ei ollut merkitseviä eroja.

Taulukko 33. Heinän ja odelman keskimääräinen apilapitoisuus vuonna 1982, %.

		Toholampi	Vaala	Ylistaro
Kalkitsematon verranne		49	12	0
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha	46	30	2
"	5 "	73	41	9
"	10 "	82	46	13
MAKU (Raahe)	10 "	52	28	1
GRANULI (Raahe)	10 "	68	44	0
GRANULI II	10 "	66	31	4
GRANULI III	10 "	51	39	-
TEKU (Raahe)	10 "	60	28	12
TEKU II	10 "	55	45	-
TEKU III	10 "	51	46	-
Turvetuhkaa	10 "	-	-	1
Pienin merkitsevä ero				
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		4	39	1

Maa-analyysit

Dolomiittikalkki (10 t/ha) oli nostanut maan pH-arvoa toisen koevuoden syksyyn mennessä Toholammilla, Ruukissa ja Vaalassa keskimäärin 0,2 yksikköä (taulukko 34). Toholammilla kivennäismaalla sijainneessa kokeessa nousu oli suurempi (0,4 yksikköä) kuin muissa kokeissa, jotka olivat turvemaalla. Myös kuonat olivat yleensä kohottaneet pH-arvoa, mutta pienten erojen ja suuren satunnaishajonnan takia erot eivät yleensä olleet merkitseviä. Näyttää kuitenkin siltä, että jauhettu

terässulatonkuona oli ollut vähintään yhtä tehokasta kuin dolomiittikalkki.

Taulukko 34. Maan pH(vesi) 2. koevuoden syksyllä.

			Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne			5,1	4,9	5,2	5,1
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha		5,3	4,9	5,2	5,1
"	5 "		5,5	5,0	5,3	5,2
"	10 "		5,5	5,0	5,4	5,3
MAKU (Raahe)	10 "		5,2	4,9	5,2	5,1
GRANULI (Raahe)	10 "		5,2	4,9	5,1	5,1
GRANULI II	10 "		5,3	5,0	5,3	5,2
GRANULI III	10 "		5,3	5,1	5,4	5,2
TEKU (Raahe)	10 "		5,3	4,9	5,1	5,1
TEKU II	10 "		5,4	5,1	5,5	5,3
TEKU III	10 "		5,5	5,1	5,4	5,4
Pienin merkitsevä ero						
Tukey'n mukaan (P = 0,05)			0,3	0,3	0,7	0,3

Kokeiden päättyessä otettujen näytteiden perusteella dolomiittikalkin (10 t/ha) keskimääräinen vaikutus oli lisääntynyt 0,4 pH-yksikköä (taulukko 35). Toholammilla vaikutus oli 0,5 yksikköä, turvemaan kokeissa 0,3 yksikköä. Tämä ero kokeiden välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Jauhettu granuloitu kuona (GRANULI III) näyttää olleen suunnilleen yhtä tehokasta ja jauhettu terässulatonkuona (TEKU II ja III) jopa tehokkaampaa kuin dolomiittikalkki. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Jauhettomat masuunikuonat (MAKU ja GRANULI) olivat merkitsevästi heikompia vaikutukseltaan.

Taulukko 35. Maan pH(vesi) kokeiden päättyessä.

			Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne			5,0	5,0	5,0	5,0
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha		5,3	5,0	5,0	5,1
"	5 "		5,4	5,1	5,3	5,3
"	10 "		5,5	5,3	5,3	5,4
MAKU (Raahe)	10 "		5,2	5,1	5,2	5,2
GRANULI (Raahe)	10 "		5,3	5,1	5,4	5,2
GRANULI II	10 "		5,4	5,2	5,4	5,3
GRANULI III	10 "		5,5	5,2	5,4	5,4
TEKU (Raahe)	10 "		5,5	5,2	5,2	5,3
TEKU II	10 "		5,7	5,2	5,5	5,4
TEKU III	10 "		5,6	5,4	5,3	5,4
Pienin merkitsevä ero						
Tukey'n mukaan (P = 0,05)			0,3	0,2	0,5	0,2

Dolomiittikalkilla näytti olleen lievä maan kalsiumpitoisuutta kohottava vaikutus toisen koevuoden syksyllä otettujen näytteiden perusteella Toholammien kokeessa, mutta muissa kokeissa vaikutus oli epämääräinen (taulukko 36). Toholammillaan ero ei ollut merkitsevä. Jauhettu terässulatonkuona oli kohottanut kalsiumpitoisuutta selvästi eniten.

Taulukko 36. Maan kalsiumpitoisuus 2. vuoden syksyllä, mg/l.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne		330	1490	1040	950
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha	460	1400	1010	960
"	5 "	630	1530	1180	1110
"	10 "	560	1480	1180	1070
MAKU (Raahe)	10 "	490	1480	1130	1030
GRANULI (Raahe)	10 "	540	1440	1180	1050
GRANULI II	10 "	580	1480	1260	1100
GRANULI III	10 "	630	1610	1350	1200
TEKU (Raahe)	10 "	510	1490	1150	1050
TEKU II	10 "	740	1830	1580	1380
TEKU III	10 "	1060	1780	1680	1500
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		540	240	450	240

Kokeiden päättyessä erot olivat suunnilleen samanlaiset kuin toisena vuonna, mutta selvemmat (taulukko 37). Dolomiittikalkki nosti maan uuttuvaa kalsiumpitoisuutta. Masuunikuonat (MAKU ja GRANULI) saivat aikaan suunnilleen samansuuruisen nousun, hienoksi jauhettu granuloitu kuona ehkä vähän suuremmankin. Jauhamaton terässulatonkuona (TEKU) oli vähintään dolomiittikalkin veroista. Jauhettuna se nosti maan kalsiumpitoisuutta merkitsevästi tehokkaammin. Jauhetun terässulatonkuonan aiheuttama keskimääräinen nousu oli 600 mg/l, kun dolomiittikalkki sai aikaan 240 mg/l nousun.

Taulukko 37. Maan kalsiumpitoisuus kokeiden päättyessä, mg/l.

		Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne		290	1210	990	830
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha	510	1230	980	900
"	5 "	650	1360	1140	1050
"	10 "	660	1390	1180	1070
MAKU (Raahe)	10 "	560	1400	1090	1020
31600 JOKIOINEN	10 "	660	1300	1250	1070
GRANULI II	10 "	630	1390	1260	1090
GRANULI III	10 "	830	1400	1310	1180
TEKU (Raahe)	10 "	720	1550	1290	1190
TEKU II	10 "	990	1530	1510	1340
TEKU III	10 "	1110	1760	1410	1430
Pienin merkitsevä ero					
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		440	250	390	200

Dolomiittikalkki oli nostanut maan uuttuvan magnesiumin pitoisuutta jo toisen vuoden syksyyn mennessä selvästi (taulukko 38). Vaikutus oli ilmeinen kaikilla koepaikoilla, joskaan se ei Ruukissa ollut merkitsevä. Myös jauhettu granuloitu masuunikuona oli kohottanut maan magnesiumpitoisuutta, mutta vähemmän kuin dolomiittikalkki.

Erot olivat tulleet selvemmiksi kokeiden loppuun mennessä (taulukko 39). Dolomiittikalkki (10 t/ha) oli lisännyt magnesiumpitoisuutta keskimäärin 140 mg/l. Hienoksi jauhettu granuloitu masuunikuona (GRANULI III) oli aiheuttanut 70 mg/l lisäyksen. Jauhamattomista kuonista oli uuttuvaa magnesiumia jäänyt maahan vain puolet tästä määrästä.

Taulukko 38. Maan magnesiumpitoisuus 2. koevuoden syksyllä, mg/l.

			Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne			53	230	170	150
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha		89	230	240	190
"	5 "		129	260	300	230
"	10 "		150	290	300	240
MAKU (Raahe)	10 "		75	230	210	170
GRANULI (Raahe)	10 "		79	230	240	180
GRANULI II	10 "		88	245	250	195
GRANULI III	10 "		90	260	270	205
TEKU (Raahe)	10 "		58	215	180	150
TEKU II	10 "		53	220	180	150
TEKU III	10 "		60	235	175	155
Pienin merkitsevä ero						
Tukey'n mukaan (P = 0,05)			46	84	94	43

Taulukko 39. Maan magnesiumpitoisuus kokeiden päättyessä, mg/l.

			Toholampi	Ruukki	Vaala	Keskimäärin
Kalkitsematon verranne			43	185	175	135
Dolomiittikalkkia	2,5 t/ha		93	205	215	170
"	5 "		136	245	305	230
"	10 "		186	310	305	265
MAKU (Raahe)	10 "		75	220	210	170
GRANULI (Raahe)	10 "		100	210	250	170
GRANULI II	10 "		108	230	260	200
GRANULI III	10 "		109	240	270	205
TEKU (Raahe)	10 "		55	210	180	145
TEKU II	10 "		59	190	155	135
TEKU III	10 "		56	200	140	130
Pienin merkitsevä ero						
Tukey'n mukaan (P = 0,05)			50	65	105	45

Ylistaron kokeessa dolomiittikalkki sai aikaan 0,6 yksikön nousun maan pH-arvoon (taulukko 40). Ero oli sama 1. ja 4. koevuoden syksyllä. Murskattu masuunikuona (MAKU) oli melko tehontonta. Granuloitu kuona (10 t/ha) näytti kokeen lopussa kohottaneen maan pH:ta yhtä paljon kuin puoli määrää (5 t/ha) dolomiittikalkkia. Tässä vaiheessa kuonan jauhamisella ei näyttänyt olleen vaikutusta. Ensimmäisen vuoden syksyllä jauhamaton kuona vaikutti tehottomammalta. Jauhamisen aiheuttamat erot eivät olleet kuitenkaan merkitseviä. Terässulatonkuona (TEKU, 10 t/ha) vastasi 1. vuonna teholtaan vain 2,5 t/ha dolomiittikalkkia, mutta osoittautui kokeen päättyessä jopa tehokkaammaksi kuin tämä saadessaan aikaan 0,8 pH-yksikön nousun. Turvetuhka ei vaikuttanut maan pH-arvoon.

Dolomiittikalkki lisäsi maan uuttuvaa kalsiumpitoisuutta myös Ylistaron kokeessa (taulukko 40). Vaikutus suureni jonkin verran kokeen loppua kohti. Lopussa 10 t/ha dolomiittikalkkia saanut maa sisälsi 340 mg/l enemmän uuttuvaa kalsiumia kuin kalkitsematon verranne. Kuonista kalsium liukeni paljon hitaammin kuin dolomiittikalkista, sillä 1. ja 4. vuoden pitoisuuksien ero oli varsin suuri näissä koejäsenissä. Murskattu masuunikuona oli granuloitua kuonaa tehottomampaa. Jauhaminen

paransi granuloidun kuonan vaikutuksen melkein dolomiittikal-
kin veroiseksi. Terässulatonkuona (TEKU) lisäsi maan kalsium-
pitoisuutta noin 800 mg/l eli yli kaksi kertaa niin paljon
kuin dolomiittikalkki. Turvetuhkalla ei ollut juuri vaikutus-
ta.

Magnesiumia liukeni maahan dolomiittikalkista ja masuunikuo-
nasta (taulukko 40). Ensimmäisen ja viimeisen syksyn pitoi-
suuksissa havaittu ero viittaa siihen, että liukeneminen jat-
kui vielä 1. vuoden jälkeen. Kokeen loppuun mennessä dolo-
miittikalkki (10 t/ha) oli nostanut maan liukoista magnesium-
pitoisuutta noin 100 mg/l. Granuloitu (GRANULI) masuunikuona
oli saanut aikaan kolmanneksen pienemmän nousun. Jauhaminen
ei vaikuttanut lopulliseen tulokseen, mutta 1. syksyn analy-
sien mukaan nopeutti kyllä liukenemista. Murskatun masuuni-
kuonan (MAKU) vaikutus oli hyvin pieni. Terässulatonkuona
(TEKU) ja turvetuhka eivät vaikuttaneet maan liukoiseen mag-
nesiumpitoisuuteen.

Taulukko 40. Maan pH sekä kalsium- ja magnesiumpitoisuus,
mg/l, 1. koevuoden syksyllä ja kokeen päättyessä (4. koevuon-
na) Ylistaron kokeessa.

		pH		Ca		Mg	
		1. koev.	4. koev.	1. koev.	4. koev.	1. koev.	4. koev.
Kalkitsematon verranne		4,5	4,4	115	100	36	36
Dolomiittikalkkia 2,5 t/ha		4,7	4,7	140	205	71	83
" 5 "		4,9	4,9	265	350	94	118
" 10 "		5,1	5,0	400	440	115	143
MAKU (Raahe)	10	4,6	4,6	115	170	50	60
GRANULI (Raahe)	10	4,7	4,9	115	345	65	106
GRANULI IIb	10	4,8	4,9	240	405	94	108
TEKU (Raahe)	10	4,7	5,2	345	905	41	43
Turvetuhkaa	10	4,5	4,4	140	120	44	38
Pienin merkitsevä ero							
Tukey'n mukaan (P = 0,05)		0,3	0,3	130	310	25	52

Tulokset Koverharin kuonista

Sekä dolomiittikalkki, kalkkikivijauhe että Koverharin granu-
loitu masuunikuona paransivat viljasatoja Mietoissa tehdyssä
kokeessa (taulukko 41). Näiden aineiden välillä ei ollut
eroja. Koverharin terässulatonkuona ei sensijaan vaikuttanut
merkitsevästi satoon, mutta toisaalta ei se myöskään eronnut
merkitsevästi muista aineista. Ilmeistä on, että satoerot
syntyivät toisena ja kolmantena koevuonna, jolloin kasvina
oli ohra. Sensijaan ensimmäisenä vuonna viljelty kevätvehnä
ei juuri reagoinut koekäsittelyihin.

Vehnän- ja ohranjyvien keskimääräiset typpi- ja fosforipitoi-
suudet muuttuivat vain vähän koekäsittelyjen ansiosta (tau-
lukko 42). Kaliumpitoisuus ei muuttunut juuri lainkaan. Kalk-
kikivijauhe nosti vähän jyvien kalsiumpitoisuutta, mutta muut
aineet eivät vaikuttaneet. Magnesiumpitoisuutta dolomiitti-
kalkki kohotti selvimmin, mutta itse asiassa kalkkikivijauhe
ja kuonat eivät olleet merkitsevästi huonompia.

Taulukko 41. Viljasadot Mietoisten kokeessa, kg/ha (jyviä, kosteus 15 %).

	1981 kevätevehnä	1982 ohra	1983 ohra	1981-1983 keskimäärin	
Kalkitseman verranne	3030	2690	4800	3510	100
Dolomiittikalkkia 5 t/ha	3110	2850	5120	3690	105
" 10 "	3220	3180	5760	4060	116
Kalkkikivijauhetta 5 "	3200	3080	5570	3950	113
" 10 "	3060	3410	5780	4080	116
GRANULI (Koverhar) 10 "	3310	2990	5710	4010	114
TEKU (Koverhar) 10 "	3150	2850	5260	3750	107
Pienin merkitsevä ero Tukey'n mukaan (P = 0,05)				460	13

Taulukko 42. Vehnän (1981) ja ohran (1982-83) jyvien keskimääräiset ravinnepitoisuudet Mietoisten kokeessa, g/kg k.a.

	Typpi (N)	Fosfori (P)	Kalium (K)	Kalsium (Ca)	Magnesium (Mg)
Kalkitseman verranne	20,0	3,4	4,9	0,32	1,12
Dolomiittikalkkia 5 t/ha	20,1	3,5	5,0	0,32	1,16
" 10 "	20,3	3,7	5,1	0,33	1,18
Kalkkikivijauhetta 5 "	19,6	3,6	5,0	0,34	1,14
" 10 "	20,0	3,7	5,1	0,35	1,17
GRANULI (Koverhar) 10 "	20,1	3,5	5,0	0,33	1,14
TEKU (Koverhar) 10 "	19,7	3,5	5,0	0,33	1,15
Pienin merkitsevä ero Tukey'n mukaan (P = 0,05)	0,6	0,3	0,3	0,03	0,05

Sekä dolomiittikalkki että kalkkikivijauhe kohottivat ilmeisesti maan pH-arvoa, joskaan kaikki erot eivät olleet merkitseviä (taulukko 43). Kuonat vaikuttivat tehottomammilta kuin ne. Maan uuttuva kalsiumpitoisuus nousi nähtävästi ainakin kalkkikivijauheen, mutta ehkä myös dolomiittikalkin vaikutuksesta enemmän kuin kuonien ansiosta, mutta tässäkin suuri satunnaishajonta esti toteamasta eroja varmoiksi. Sekä dolomiittikalkki että Koverharin terässulatonkuona nostivat maan uuttuvaa magnesiumpitoisuutta. Niiden välillä ei ollut merkitsevää eroa. Muut aineet eivät vaikuttaneet.

Taulukko 43. Maan pH sekä kalsium- ja magnesiumpitoisuus, mg/l, 1. ja 2. koevuoden syksyllä Mietoisten kokeessa.

	pH		Ca		Mg	
	1. koev.	3. koev.	1. koev.	3. koev.	1. koev.	3. koev.
Kalkitseman verranne	5,3	5,4	1150	1000	190	180
Dolomiittikalkkia 5 t/ha	5,4	5,4	1140	1030	200	185
" 10 "	5,6	5,9	1360	1350	220	210
Kalkkikivijauhetta 5 "	5,4	5,5	1310	1150	175	165
" 10 "	5,7	5,6	1560	1310	175	170
GRANULI (Koverhar) 10 "	5,4	5,5	1210	1170	175	165
TEKU (Koverhar) 10 "	5,5	5,5	1280	1110	210	200
Pienin merkitsevä ero Tukey'n mukaan (P = 0,05)	0,4	0,5	370	540	40	60

TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää terästeollisuudesta saatavien kuonien käyttöä maanparannuksessa. Koska kuonilla tiedettiin olevan maan happamuutta neutraloivaa vaikutusta, tutkittiin lähinnä niiden arvoa vaihtoehtoisina kalkitusaineina. Vertailukohteena tässä tutkimuksessa oli dolomiittikalkki, joka on tällä hetkellä yleisin kalkitusaineemme.

Valtamineraalina kalsiittia sisältävän kalkkikivijauheen tiedetään vähentävän maan happamuutta jonkin verran tehokkaammin (JAAKKOLA & JOKINEN 1980). Perusteluna dolomiittikalkin valinnalle oli lisäksi se, että masuunikuona, jota syntyy kuonista eniten, sisältää myös magnesiumia ja saattaisi sen puolesta olla lähinnä dolomiittikalkkia korvaava aine.

Koemaat ja koekentät

Jotta edellytyksiä vertailtavien aineiden välisten erojen ilmitulolle olisi ollut, pyrittiin astiakoemaat ja koekentät valitsemaan keskimääräistä happamammilta paikoilta.

Astiakoemaina olleet rahkaturve ja hiue olivat erittäin happamia. Dolomiittikalkki saikin aikaan selvän sadonlisäyksen. Rahkaturve oli erityisen suuressa kalkituksen tarpeessa, sillä kalkitsematta kaura, joka tunnetaan vaatimattomana kasvina, ei tuottanut satoa juuri lainkaan.

Vuonna 1979 aloitetusta kolmesta kenttäkokeesta kahdessa ohran kasvu parani, kun maahan levitettiin dolomiittikalkkia. Näistä kokeista toinen sijaitsi hietamaalla Toholammilla, toinen turvemaalla Vaalassa. Myös timotei-apilanurmi hyötyi dolomiittikalkista ensinmainitussa kokeessa. Vaikka todettu kalkitustarve antoi mahdollisuuden kalkitusaineiden vertailuun, ei edellytyksiä tarkaan vertailuun ollut, koska satunaishajonta kokeissa oli varsin suuri.

Ylistarossa vuonna 1980 aloitettu koe sijaitsi niin happamalla paikalla, etteivät koekasveina käytetyt vaateliaat ohralajikkeet menestyneet ilman kalkitusta. Kalkituksella aikaansaatu sadonlisäys oli niin suuri, että huolimatta suurehkosta satunnaismuutoksesta edellytykset aineiden välisten erojen toteamiselle olivat olemassa. Nurmikin hyötyi kalkituksesta, mutta erot eivät olleet niin selvät. Vuonna 1981 Mietoisissa aloitetussa kokeessa kalkitus paransi kyllä viljasatoja, mutta ei niin selvästi, että hyviä edellytyksiä aineiden välisten erojen toteamiselle olisi ollut.

Tutkittavat aineet

Kuonien raekoostumuksen on jo aikaisemmissakin tutkimuksissa todettu olennaisella tavalla vaikuttavan niiden tehoon (VOLK ym. 1952, CHICHILO ym. 1954). Koska jauhaminen on kuitenkin varsin kallista, haluttiin myös tässä tutkimuksessa selvittää, kuinka paljon eriasteinen jauhaminen vaikuttaa kuonien tehoon. Raekoostumuksen vaikutuksen eliminoimiseksi dolomiittikalkin ja kuonien vertailussa tavoitteena oli, että hienoin jauhausaste olisi vastannut dolomiittikalkin hienoutta. Kuonat jäivät kuitenkin yleensä hieman tavoitetta karkeammiksi. Kenttäkokeissa käytetty hieno terässulatonkuona oli selvästi liian karkeata.

Tutkittavina kuonalajeina olivat Raahen tehtailta saadut ilmajäähdytetty murskattu masuunikuona, vesijäähdytetty (granuloitu) masuunikuona sekä murskattu terässulatonkuona. Verrattavien aineiden kemiallinen koostumus oli erilainen. Kuonat poikkeavat dolomiittikalkista selvimmin siinä, etteivät ne sisällä lainkaan karbonaatteja. Sensijaan niiden silikaattipitoisuus on korkeahko. Suurempi magnesiumipitoisuus erottaa masuunikuonan terässulatonkuonasta. Lisäksi terässulatonkuonassa on runsaasti rautaa.

Koverharin tehtaalta tutkittavana olleita kuonia voitiin verrata paitsi dolomiittikalkkiin myös Raahen tehtaiden kuoniin rahkaturve koemaana tehdyn astiakokeen perusteella. Sensijaan kenttäkokeessa, jossa Koverharin kuonia tutkittiin, ei ollut muita kuonia. Imatran terässulatonkuonan käyttöarvoa selvitettiin vain astiakokeessa, jossa kylläkin olivat myös muut kuonat mukana. Koverharin ja Raahen granuloidut masuunikuonat vastasivat kemialliselta koostumukseltaan ja raekokojakautumaltaan toisiaan. Sensijaan sekä Koverharin että Imatran terässulatonkuonat olivat paljon hienompia kuin Raahen kuona. Molemmat sisälsivät lisäksi enemmän magnesiumia, Imatran kuona jopa noin puolet masuunikuonien pitoisuudesta.

Vaikutus maahan

Astiakokeessa dolomiittikalkki nosti kummankin koemaan pH-arvoa erittäin selvästi. Murskattua ilmajäähdytettyä masuunikuonaa tarvittiin neljä kertaa niin paljon saman vaikutuksen aikaansaamiseksi hiukeessa. Rahkaturpeessa teho oli hieman parempi. Myös JAAKKOLAN (1979) suorittamassa astiakokeessa jauhetun ilmajäähdytetyn masuunikuonan vaikutus jäi selvästi pienemmäksi kuin dolomiittikalkin vaikutus. Granuloitu kuona oli vähän tehokkaampaa kuin murskattu ilmajäähdytetty kuona. Samanlaisen eron ovat todenneet myös VOLK ym. (1952). Raahen murskattu terässulatonkuona oli tässä kolmevuotisessa astiakokeessa suunnilleen yhtä tehotonta kuin murskattu masuunikuona, sensijaan Koverharin ja Imatran kuonat olivat paljon tehokkaampia. Kenttäkokeissa pH:n nousu jäi niin paljon pienemmäksi, että aineiden välisistä eroista ei voitu päätellä juuri mitään. Mikään ei kuitenkaan osoita, etteivät astiakokeessa saadut tulokset pätsi myös kentällä. JAAKKOLA (1979) on todennut jauhetun ilmajäähdytetyn masuunikuonan voivan jäädä dolomiittikalkkia huonommaksi myös kenttäkokeissa.

Osa kuonien dolomiittikalkkiin verrattuna vähäisemmästä maata neutraloivasta vaikutuksesta johtui epäilemättä niiden karkeudesta. Tämä kävi ilmi, kun astiakokeessa mitattiin jauhetujen kuonien aiheuttama pH:n nousu. Hienousasteen merkityksen ovat todenneet aikaisemmin VOLK ym. (1952) ja CHICHILO ym. (1954). Hienousaste vaikuttaa myös karbonaattipohjaisten kalkitusaineiden tehoon (VOLK ym. 1952, CHICHILO ym. 1954, JAAKKOLA ja JOKINEN 1980). Suunnilleen dolomiittikalkin hienouteen jauhettunakin masuunikuonan maata neutraloiva vaikutus jäi heikommaksi. Hienoksi jauhetun granuloidun ja ilmajäähdytetyn kuonan välillä ei ollut eroa. Ilmeisesti erot riippuivat kuitenkin olennaisesti sekä kuonien ja kalkin alkuperästä että maasta, jota kalkitaan. VOLK ym. (1952) toteivat verrattuaan raekoostumukseltaan toisiaan vastaavia ai-

neita, että granuloitu masuunikuona ja dolomiittikalkki olivat yhtä tehokkaita maan neutraloijia, mutta sensijaan ilmajäähdytetty kuona oli näitä tehottomampi.

Terässulatonkuonan jauhaminen oli erityisen hyödyllistä. Hienoksi jauhettuna se oli suunnilleen yhtä tehokasta kuin dolomiittikalkki. Ylistaron kenttäkokeesta saatu tulos viittaa siihen, että karkeankin kuonan teho lisääntyy aikaa myöten ja saattaa jo neljän vuoden kuluttua olla jopa yhtä suuri kuin dolomiittikalkilla. Imatran ja Koverharin terässulatonkuonien parempi teho kolmevuotisessa astiakokeessa johtui ilmeisesti siitä, että ne olivat hienompia kuin Raahen kuona. Terässulatonkuonan lopullinen vaikutus maan pH-arvoon oli joka tapauksessa vähän suurempi kuin masuunikuonien. Samaan on päätenyt mm. VETTER (1974).

Maan happamuuden vähetessä uuttuvan kalsiumin pitoisuus lisääntyi riippumatta siitä, johtuiko happamuuden väheneminen kalkista vai kuonasta. Ilmeisesti terässulatonkuona nosti maan kalsiumpitoisuutta pH:n nousuun verrattuna enemmän kuin dolomiittikalkki tai masuunikuona, mikä on selitettävissä sillä, että viimeksi mainittujen aineiden neutralointivaikutus johtui osittain magnesiumyhdisteistä. Esimerkiksi Ylistaron kenttäkokeessa maan uuttuva kalsiumpitoisuus lisääntyi terässulatonkuonan ansiosta yli kaksi kerta niin paljon kuin dolomiittikalkin vaikutuksesta, vaikka pH:n nousussa ei ollut suurta eroa. Terässulatonkuonan kalsium liukeni kuitenkin hitaammin kuin dolomiittikalkin. Levitysvuoden syksyyn mennessä dolomiittikalkista olikin ehtinyt liueta enemmän kalsiumia kuin terässulatonkuonasta.

Muissa kokeissa maan kalsiumpitoisuuden erot olivat epämääräisempiä. Vaikuttaa siltä, että jauhamattoman terässulatonkuonan kalsium ei ollut liuennut niissä yhtä täydellisesti kuin Ylistaron kokeessa. Sama koskee astiakokeita, joissa karkea kuona oli sekä nostanut maan pH:ta että lisännyt uuttuvaa kalsiumpitoisuutta vähemmän kuin dolomiittikalkki. Sensijaan jauhettu kuona oli sekä kenttä- että astiakokeissa neutralointivaikutukseltaan tehokasta, jopa dolomiittikalkin veroista ja suurensi maan uuttuvaa kalsiumpitoisuutta selvästi enemmän kuin tämä. Miksi karkea kuona liukeni Ylistaron koemaassa nopeammin ja täydellisemmin kuin muissa koemaissa, jäi selvittämättä. Ylistaron maa oli tosin kenttäkoemaista happamin, mutta kumpikin astiakoemaa oli sitä happamampi.

Maan uuttuva magnesiumpitoisuus lisääntyi käytettäessä magnesiumpitoista maanparannusainetta. Sekä dolomiittikalkki että masuunikuona lisäsivät magnesiumpitoisuutta, edellinen selvästi enemmän. Samaan tulokseen päädyttiin JAAKKOLAN (1979) suorittamassa tutkimuksessa. Varsinkin karkeaksi jätetyistä masuunikuonista magnesiumia oli jäänyt maahan uuttuvaan muotoon vähemmän kuin kuonan magnesiumpitoisuuden perusteella saattoi odottaa. Hidas liukeneminen oli todennäköinen syy tähän. Hienoksi jauhaminen paransi liukenemista huomattavasti, mutta ilmeisesti vieläkin kuonan magnesiumista jäi suurempi osa liukenematta kuin dolomiittikalkin magnesiumista. Sama kävi ilmi JOKISEN (1982) suorittamassa astiakokeessa.

Raahen terässulatonkuona sisälsi niin vähän magnesiumia (0,7 %), että astiakoemaat miltei ehtyivät siitä kolmevuotisen kaurakokeen aikana. Magnesiumlannoitusta ei nimittäin kokeissa annettu. Maan uuttuvan magnesiumin pitoisuudet laskivat terässulatonkuonaa saaneissa koejäsenissä alemmaksi kuin kal-

kitsemattomissa verranteissa, sillä kuona oli parantanut kasvin kasvua ja magnesiuminottoa. Imatran kuonan suurehko magnesiumipitoisuus (3,8 %) riitti estämään maan magnesiumipitoisuuden laskun. Mietoisten kokeessa myös Koverharin melko vähän magnesiumia sisältänyt (1,2 %) sulattokuona näytti nostaneen maan uuttuvaa magnesiumipitoisuutta. Tulos on epävarma, koska satunnaishajonta oli suuri, mutta saattaa olla selitettävissä kuonan tai kalkin epäsuoralla vaikutuksella maan uuttuvaan magnesiumiin (GESSEL ja GERRITSEN 1972).

Kalkin vaikutus satoon

Dolomiittikalkki paransi kasvin kasvua ja suurensi satoa kummallakin koemaalla suoritetuissa astiakokeissa sekä useimmissa kenttäkokeissa. Astiakoemaista rahkaturpeessa kasvanut kaura hyötyi kalkista selvimmin. Ilman kalkitusta sato jäi mitättömäksi. Toisessa kahdesta kokeesta, joissa rahkaturve oli koemaana, paras tulos saavutettiin suurimmalla kalkkimäärällä (24 g/astia). Sensijaan toisessa näistä kokeista kalkkiannoksen lisääminen 12:sta 24:ään grammaan astiaa kohti ei enää parantanut kasvua. Ainoa ero näiden kokeiden suorituksessa oli se, että viimeksi mainittu koe aloitettiin jo ensimmäistä koevuotta edeltävänä syksynä. Kalkki oli maahan sekoitettuna siis talven yli, ennenkuin koe alkoi. On epätodennäköistä, että tällä voisi olla olennaista merkitystä. Luultavasti ero oli satunnainen tai johtui huomaamatta jääneestä virheestä kokeen suorituksessa. Ilmeistä on, että dolomiittikalkkiannoksen suurentaminen paransi sen vaikutusta suurimpaan annokseen saakka, mutta sitä vähemmän, mitä korkeammalta tasolta lähdettiin.

Myös koemaana astiakokeissa ollut hiue tarvitsi kalkitusta. Jo 6 g/astia riitti tyydyttämään tarpeen, sillä suuremmilla dolomiittikalkkiannoksilla ei saatu enää hyötyä aikaan.

Todennäköisesti happamuuden väheneminen oli kalkituksella saadun sadonlisäyksen syy. Mahdollista on kuitenkin, että myös dolomiittikalkin magnesiumilla oli merkitystä. Selviä magnesiuminpuutteen oireita ei tosin havaittu kalkitsemmassa maassa kasvaneessa kaurassa, mutta ne saattoivat peittyä muiden oireiden alle, koska kitulias kasvusto oli muutenkin ulkonäöltään epänormaalia. Kalkitsemmattomissa koejäsenissä sekä kasvuston magnesiumipitoisuus että maan uuttuva magnesiumipitoisuus kokeen päätyttyä olivat varsin alhaisia, mikä tukee magnesiuminpuutteen mahdollisuutta.

Näyttää siltä, että sekä hiukeessa että rahkaturpeessa pH:n nostaminen noin viiteen on riittänyt saamaan aikaan kaiken hyödyn, joka dolomiittikalkilla on ollut mahdollista saavuttaa.

Koekentistä Ylistaron kenttä oli kipeimmin kalkituksen tarpeessa. Vaateliaat ohralajikkeet eivät tuottaneet lainkaan jyväsatoa ilman kalkitusta. Vielä suurinkin kalkkiannos (10 t/ha) nosti satoa edelliseen (5 t/ha) verrattuna. Maan pH nousi viiteen, mikä ei ehkä ollut vielä optimaalinen näille vaateliaille lajikkeille. Nurmen kasvu parani noin 50 prosenttia dolomiittikalkin avulla, vaikka siinä ei ollut juuri lainkaan vaateliaita kasvilajeja. Siemenseos sisälsi timoteita ja apilaa, mutta apilan osuus jäi kalkituissakin koejäsenissä vähäiseksi. Dolomiittikalkin aiheuttama happamuuden väheneminen on ollut ilmeisesti kasvun paranemisen syy. Tosin maan uuttuvan magnesiumin alhainen pitoisuus kalkitsemmassa koejäsenessä kokeen päätyttyä sekä kalkituksen aiheut-

tama heinän magnesiumpitoisuuden nousu viittaavat siihen, että myös magnesiumin saanti on ehkä ollut rajoittavana tekijänä. Magnesiumpitoisuus kalkitsemattomassa koejäsenessä oli varsin alhainen mm. FIEDLERin (1960) mukaan.

Muissa kenttäkokeissa, joiden kalkitsemattomassa koejäsenessä pH-arvo oli viisi tai korkeampi, dolomiittikalkin vaikutus satoon oli vähäisempi. Kuitenkin ohran sadonlisäys oli varsin selvä Toholammin (keskimäärin 10 %) ja Vaalan (27 %) kokeissa. Toholammilla pienin kalkkimäärä (2,5 t/ha) näytti tuottaneen täyden hyödyn, sensijaan Vaalassa vasta suurin määrä (10 t/ha) antoi parhaan tuloksen. Vertailu on kuitenkin varsin epävarmalla pohjalla, sillä varsinkin Vaalan kokeessa satunaishajonta oli erittäin suuri. Toholammin kokeessa myös nurmen kasvu parani dolomiittikalkin ansiosta. Toisena nurmivuonna määritetyn apilan osuuden perusteella kalkitus vaikutti nimenomaan apilasatoon timotein sadon pysyessä muuttumattomana. Myös Vaalan kokeessa apilan kasvu parani kalkituksen ansiosta, mutta kokonaissato ei muuttunut merkitsevästi. Mietoisten kokeessa sekä kalkkikivijauhe että dolomiittikalkki (10 t/ha) nostivat viljasatoja yhtä paljon (16 %). Näyttää siltä, että kalkkikivijauhetta riitti pienempikin määrä saman vaikutuksen aikaansaamiseksi.

Sekä tuotetun kasviaineksen että maan magnesiumpitoisuuden perusteella on epätodennäköistä, että magnesiumin saanti olisi ollut rajoittavana tekijänä näissä kenttäkokeissa. Tosin dolomiittikalkki lisäsi heinän ja vähän myös jyvien magnesiumpitoisuutta, mutta lähtötaso ei ollut niin alhainen kuin Ylistaron kenttäkokeessa. Todennäköisesti syynä dolomiittikalkin aikaansaamaan sadonlisäykseen oli yksinomaan maan vähentynyt happamuus. Kalkkikivijauheen dolomiittikalkkia parempi teho Mietoisten kokeessa selittyyneen sillä, että kalksi nostaa maan pH-arvoa tehokkaammin kuin dolomiitti (JAAKKOLA ja JOKINEN 1980). Tämän kokeen pH-mittaukset eivät tosin tätä vahvistaneet.

Masuunikuonan vaikutus satoon

Astiakoemaissa, joihin oli sekoitettu jauhamatonta granulointua masuunikuonaa, pH oli kokeen lopussa 4,7-4,9. Kauran kokonaissato oli tällöin suunnilleen saman suuruinen kuin nostettaessa pH dolomiittikalkilla samalle tasolle. Murskattu ilmajäähdytetty masuunikuona oli jättänyt maan happamammaksi ja tämä näkyi myös pienempänä kauran satona.

Sekä ilmajäähdytetyn että granuloidun kuonan jauhaminen paransi niiden hapanta maata neutraloivaa vaikutusta ja poisti niiden keskinäisen eron. Ilmajäähdytetyn kuonan satoa lisäävä vaikutus tehostui samalla ja saattaa olla, että myös granuloidun kuonan vaikutus parani. Vaikuttaa siltä, että jauhetut masuunikuonat saivat aikaan jopa paremman kasvun kuin kalkki parhaimmillaan. HARTIKAINEN (1984) on todennut samanlaisen eron ja esittää mahdollisena selityksenä sitä, että masuunikuonan silikaatti vapauttaa alumiinin pidättämää fosforia kun taas kalkin aiheuttama melko voimakas pH:n nousu puolestaan tehostaa fosforin pidättymistä. Tietoa tässä suhteessa aktiivisista alumiiniyhdisteistä näissä koemaissa ei ole. Hiukeessa sellaista esiintyminen on todennäköistä. Myös GEBHARDT (1972) ja WILDHAGEN (1975) ovat todenneet masuunikuonan kalkkia edullisemman vaikutuksen usealla erityyppisellä maalla, ja päättelevät sen johtuvan ainakin osittain maan fosforitalouden paranemisesta. SCHEFFER (1977) totesi astiakokeen a-

vulla, että silikaatti, joka oli peräisin joko vesilasista (natriummetasilikaatista) tai masuunikuonasta, mobilisoi kalkkipitoisen maan omaa fosforia sekä ehkäisi myös vesiliukoisen lannoitefosforin pidähtymistä. Maan rakennetta parantava vaikutus, johon GEBHARDT (1972) viittaa, ei ollut todennäköinen. Kuonan ja kalkin ero jäi kuitenkin satotulosten suuren vaihtelun takia jossain määrin epävarmaksi. Kuonan jauhatusteet olivat samanveroisia.

Ilmajäähdytetyn ja granuloidun masuunikuonan välinen ero oli hyvin selvä Ylistaron kokeen ohrasatojen perusteella. Jauhaminen paransi kuonan vaikutusta erittäin paljon. Ylistaron kokeen ohrasadot olivat suoraan verrannolliset maan pH-arvoon riippumatta siitä, aiheutuiko pH:n nousu dolomiittikalkista vai masuunikuonasta. Samaan tulokseen päädyttiin JAAKKOLAN aikaisemmassa (1979) tutkimuksessa. Granuloitua masuunikuonaa tarvittiin neljä kertaa ja jauhettuakin granuloitua kuonaa lähes kaksi kertaa niin paljon kuin dolomiittikalkkia samaan sadonlisäykseen. Nurmisatojen väliset erot olivat epämääräisemmät, mutta myös niiden perusteella jauhettua granuloitua kuonaa tarvittiin kaksi kertaa niin paljon kuin dolomiittikalkkia tietyn sadonlisäyksen aikaansaamiseksi.

Toholammin, Ruukin ja Vaalan kenttäkokeissa ohra reagoi masuunikuonan käyttöön maanparannusaineena suunnilleen samalla tavalla, vaikka kaikki erot eivät olleetkaan yhtä suuria ja vain muutamat yksittäisissä kokeissa havaitut erot olivat tilastollisesti merkitseviä. Tämän takia on perusteltua tarkastella näiden kolmen kokeen keskiarvotulosta.

Aikaisemmin todettiin, että 10 t/ha granuloitua masuunikuonaa vastasi teholtaan 2,5 t/ha dolomiittikalkkia ja 10 t/ha jauhettua kuonaa vastasi 5 t/ha dolomiittikalkkia, silloin kun maan pH oli tärkein rajoittava kasvutekijä. Puheena olevissa kenttäkokeissa olisi siis jauhamattomalla kuonalla pitänyt saada sama sato kuin 2,5 t/ha dolomiittikalkilla ja jauhettulla kuonalla sama tulos kuin dolomiittikalkkiannoksella 5 t/ha. Kuonilla saatu sato oli 300-420 kg/ha odotettua suurempi. Merkitsevä satoero oli 410 kg/ha 95 prosentin luotettavuudella. Vaikka siis on olemassa pieni mahdollisuus, että masuunikuonilla ei ole ollut pH:n noususta riippumatonta edullista vaikutusta, on sellaisen vaikutuksen olemassaolo varsin todennäköinen. Myös astiakokeissa havaitut satoerot tukevat tätä, vaikka ne sinällään eivät olleetkaan merkitseviä. Kenttäkokeista korjatut heinäsadot eivät varsinaisesti todista tämän tuntemattoman tekijän olemassaolosta, mutta eivät ne sitä kumoakaan.

Mainittu tuntematon tekijä voi olla jokin hivenravinne. Vallinneissa kenttäkoeolosuhteissa lähinnä kupari tai boori voisivat olla mahdollisia. Booripuute tuskin olisi voinut tulla esiin, koska käytetyt lannoitteet sisälsivät sitä ohran tarvetta vastaavasti. Kuparipuute, jota kalkitus pahensi, on mahdollinen, mutta havaintoja puuteoireista ei ole. Kuonan kuparipitoisuudesta ei ole tarkkaa tietoa. Luultavasti se oli niin alhainen, ettei tämäkään vaikutus ole todennäköinen. Astiakokeissa kuparipuute oli hyvin epätodennäköinen, koska kuparilannoitus suoritettiin.

Rikinpuute olisi ollut mahdollinen astiakokeessa, koska rikkiä lisättiin vain hyvin pienet määrät mangaani-, kupari- ja sinkkisulfaattina. Kenttäkokeessa rikinpuute sensijaan oli epätodennäköinen, koska käytetyt lannoitteet sisälsivät sitä.

Kuonasta liukenevan silikaatin suotuisa vaikutus maan fosforitalouteen (GEBHARDT 1972, WILDHAGEN 1975 ja HARTIKAINEN 1984) voidaan ottaa yhtenä selitysmahdollisuutena huomioon. Tosin heinän fosforipitoisuuksista ei saa tukea tälle oletukselle.

Mitkään fysikaaliset vaikutukset, joihin mm. GEBHARDT (1972) vetoaa, eivät ole todennäköisiä, koska käytetty ainemäärä, 10 t/ha, merkitsi varsin pientä pitoisuutta kyntökerroksessa, johon aine sekoittui. Tosin SCHEFFER ja MEYER (1972) olivat onnistuneet lisäämään suurten huokosten määrää maassa. Käytetty masuunikuonamäärä oli kuitenkin moninkertainen tässä tutkimuksessa käytettyyn verrattuna. Tällainen vaikutus olisi ollut mahdollinen vain kivennäismaissa, parhaiten savimaassa. Tässä tutkimuksessa kuona vaikutti turvemaille ja kivennäismaissa samalla tavalla.

Koverharin granuloitu masuunikuona oli astiakokeen mukaan tehokkaampaa kuin Raahen kuona. Ero johtui sen suuremmasta hienoudesta. Kenttäkokeessa sen (10 t/ha) teho ylitti todennäköisesti puolen dolomiittikalkkimäärän (5 t/ha) tehon, jotta määrät neutraloivat maata astiakokeen mukaan yhtä paljon. Tämän mukaan Mietoistenkin kokeessa, jossa Koverharin kuonaa tutkittiin, vaikutti tuntematon positiivinen maan happamuuden vähenemisestä riippumaton tekijä.

Terässulatonkuonan vaikutus satoon

Astiakokeissa Raahen terässulatonkuona nosti maan pH-arvoa kokeen loppuun mennessä suunnilleen yhtä paljon kuin neljännes sen määrästä dolomiittikalkkia. Hiukeessa vaikutus kolmen vuoden kokonaiskaurasatoon jäi kuitenkin tätä pienemmäksi. On todennäköistä, että ainakin osasyynä oli magnesiuminpuute, joka tuli esiin kuonan kiihdytettyä kasvin kasvua. Magnesiuminsaannin niukkuuteen viittaa kasviaineksen alhainen magnesiumipitoisuus terässulatonkuonaa saaneissa koejäsenissä. Myös maan uuttuva magnesiumipitoisuus laski erittäin alas. Rahkaturpeessa kauran sato vastasi kuonan nostamaa pH-tasoa, joten magnesiuminpuute ei ilmeisesti ollut yhtä ankara kuin hiukeessa.

Jauhaminen tehosti Raahen terässulatonkuonan vaikutusta siinä määrin, että pH:n nousu hiukeessa oli sama kuin dolomiittikalkin aiheuttama nousu. Jauhettujen kuonien vaikutus satoon oli vähintään yhtä hyvä kuin dolomiittikalkin, mikä joko kumoaa olettamuksen magnesiuminsaannin merkityksestä tai osoittaa, että myös terässulatonkuona on sisältänyt tuntemattoman satoa lisäävän tekijän. Kasvuston magnesiumipitoisuudet samoin kuin maan uuttuvan magnesiumin pitoisuudet olivat jauhettun kuonan käytön jälkeen vähintään yhtä alhaisia kuin käytettäessä jauhamatonta kuonaa.

Ylistaron kenttäkokeessa Raahen terässulatonkuona nosti maan pH:n neljävuotisen kokeen loppuun mennessä vähintään yhtä korkealle kuin dolomiittikalkki. Kuonan vaikutus oli kuitenkin hitaampi kuin kalkin, sillä ensimmäisen kasvukauden aikana oli vasta vajaa neljännes kuonan lopullisesta liukenemisestä tapahtunut, kun kalkkia liukeni myöhemmin enää hyvin vähän. Ohran sato kuonakoejäsenessä vastasi melko hyvin maan happamuutta. Heinän sato lisääntyi kuonan ansiosta yhtä paljon kuin puolella dolomiittikalkkimäärällä, mutta ero täyden kalkkimäärän tuottamaan satoon ei ollut merkitsevä. Sekä heinän magnesiumipitoisuus että maan uuttuva magnesiumipitoisuus

kokeen päättyessä viittasivat niukahkoon magnesiuminsaantiin ruuduilta, joille oli levitetty terässulatonkuonaa. Ilmeisesti magnesiuminpuute ei kuitenkaan ainakaan vakavasti rajoittanut koekasvien kasvua.

Toholammin, Ruukin ja Vaalan kokeissa Raahen terässulatonkuonan vaikutus oli suunnilleen samantapainen, mutta vain harvat erot olivat merkitseviä yksittäisissä kokeissa. Näiden kokeiden keskimääräisen tuloksen perusteella ohrasadot nousivat merkitsevästi kuonan vaikutuksesta. Jauhaminen saattoi vähän parantaa tehoa, mutta vaikutus ei ollut merkitsevä. Eroa dolomiittikalkkiin verrattuna ei voitu todeta. Nurmisaatojen vertailu antoi saman tuloksen kuin ohrasatojen vertaaminen. Jos terässulatonkuona todellakin oli sadon lisääjänä heikompi kuin masuunikuona, mikä havainto tosin oli epävarma, vahvistuu se olettamus, että silikaatilla on tässä merkitystä. Raahen terässulatonkuona sisälsi nimittäin melko vähän piitä.

Vaikka Toholammin kokeessa terässulatonkuona nosti toisen nurmivuoden heinäsadon vähintään yhtä korkealle kuin dolomiittikalkki, jäi nurmen apilapitoisuus selvästi pienemmäksi. Kuona paransi siis myös timotein kasvua, toisin kuin kalkki, joka vaikutti vain apilaan. Vaalan kokeessa ei vastaavaa eroa ilmennyt.

Sekä kasvien että maan magnesiumpitoisuuksista saattoi päätellä, että magnesiuminsaanti oli terässulatonkuonaa käytettäessä niukempaa kuin dolomiittikalkin tai masuunikuonan levityksen jälkeen. Pitoisuudet eivät kuitenkaan laskeneet niin alas kuin astiakokeissa ja Ylistaron kokeessa, eikä saanti varmaankaan rajoittanut kasvua.

Koverharin terässulatonkuona ei suurentanut viljasatoja Mietoisten kenttäkokeessa merkitsevästi. Toisaalta tämän koejaksen sadot eivät poikenneet merkitsevästi dolomiittikalkilla saaduista sadoista. Kokeen tulos jäi siis epämääräiseksi. Rahkaturpeella tehdyssä astiakokeessa Koverharin kuona, joka jo luonnostaan oli verraten hienoa, osoittautui yhtä tehokkaaksi kuin Raahen jauhettu terässulatonkuona. Imatran terässulatonkuona, jota ei tutkittu kenttäkokeessa, jäi astiakokeessa näistä vähän järkeen, kun tarkastellaan maan pH:n nousua. Sadonlisäys oli kuitenkin yhtä suuri. Myös Imatran kuona oli Raahen kuonaa hienompaa, mutta raekokojakautuma poikkesi myös Koverharin kuonasta. Imatran kuonassa oli paljon sekä hyvin hienoa että hyvin karkeaa ainesta. Koverharin kuonan raekoot keskittyivät voimakkaasti välille 0,25-1 mm. Sekä Imatran että Koverharin kuonat sisälsivät runsaasti piitä, millä saattaa myös olla merkitystä.

Turpeen tuhka maanparannusaineena

Ylistaron kokeessa mukana ollut turpeen tuhka oli hyvin tehotonta maanparannusainetta. Se ei vähentänyt maan happamuutta havaittavassa määrin, eikä myöskään mainittavasti parantanut ohran eikä heinän kasvua.

Kasvien ravinnepitoisuus

Heinän typpipitoisuus muuttui koekäsittelyjen ansiosta Toholammin ja Vaalan kenttäkokeissa. Sekä dolomiittikalkki että kuonat nostivat pitoisuuksia. Tämä viittaa siihen, että

typpeä vapautui kasveille käyttökelpoisessa muodossa, kun maata kalkittiin. Kenties todettujen sadonlisäysten välittömänä syynä olikin typen saannin paraneminen. Tämä ei kuitenkaan selitä masuunikuonan paremmuutta dolomiittikalkkiin nähden. Ruukin kokeessa ei typpipitoisuus muuttunut, eikä siinä todettu sadonlisäystä. Näin ollen typpeä ei liene vapautunut koekäsittelyjen vaikutuksesta. Ylistaron kokeessakaan heinän typpipitoisuus ei muuttunut, vaikka sato lisääntyi. Typensaannin paraneminen tuskin olikaan sadonlisäyksen ainoa syy. Luultavasti se ei ollut edes tärkein syy.

Toholammin kokeessa jyvienkin typpipitoisuus lisääntyi sekä kalkin että kuonien ansiosta. Sensijaan Vaalassa ohra reagoi päinvastoin. Tämä viittaa siihen, että ohran kasvua kalkitsemattomassa maassa rajoitti jokin muu tekijä kuin typen saanti. Sama tilanne oli Ylistaron kokeessa, jossa kalkitsemattomassa tai huonolla kalkitusaineella kalkitussa maassa tuotettu jyväsato oli varsin typpipitoista.

Heinän fosforipitoisuuden kohoaminen kalkituksen ansiosta yht'aikaa sadon määrän kanssa viittaa selvästi myös fosforin saannin paranemiseen. Tämä todettiin Toholammin ja Vaalan kokeissa. Lähtöpitoisuus Toholammilla oli hyvin alhainen, eikä se suurimmillaankaan noussut Ruukin ja Vaalan tasolle. Ylistarossa heinän fosforipitoisuus oli suunnilleen sama kuin Toholammilla. Se ei noussut kalkin eikä kuonien vaikutuksesta. Fosforin otto kuitenkin lisääntyi sadon suuretessa, mutta ei voida päätellä, oliko se sadonlisäyksen syy vai seuraus.

Ohran jyvien fosforipitoisuus reagoi koekäsittelyihin vain vähän. Ylistaron kokeessa, jossa satoerot olivat suuret fosforipitoisuus oli yleensä sitä suurempi, mitä pienempi sato oli, mutta erot eivät olleet suuret. Turvetuhka nosti jyvien fosforipitoisuutta. Tuhkan fosforipitoisuutta ei ollut määritetty, mutta todennäköisesti se sisälsi sitä paljon ja toimi fosforilannoitteena, kuten HARTIKAINEN (1984) on todennut samanlaisesta tuhkasta.

Heinän kaliumpitoisuus vaihteli hyvin epämääräisesti Toholammin ja Ruukin kokeiden eri koejäsenissä. Ruukissa, jossa lähtöpitoisuus oli alhaisempi kuin muualla, dolomiittikalkki nosti sitä, mutta kuonat eivät vaikuttaneet, sensijaan Toholammilla juuri kuonat näyttivät vaikuttaneen. Vaalassa, jossa heinä oli hyvin kaliumpitoista, ei ollut eroa koejäsenten välillä. Näiden kokeiden ohran jyvien kaliumpitoisuus oli riippumaton koekäsittelyistä.

Ylistaron kokeen happamuudesta pahiten kärsinyt heinä oli hyvin kaliumpitoista. Kalkki ja kuonat vähensivät pitoisuutta jonkin verran. Sensijaan jyvien kaliumpitoisuus käyttäytyi päinvastoin. Happamuudesta pahimmin kärsinyt ohra tuotti tavallista vähemmän kaliumia sisältäviä jyviä. Muiden kasvien kaliumpitoisuutta ei määritetty. Pääosa viljan kaliumistahan on muualla kuin jyvissä, joiden pieni pitoisuus saattaa osoittaa vain puutteellista kulkeutumista vegetatiivisista osista.

Heinän kalsiumpitoisuuteen koekäsittelyt vaikuttivat varsin yhdenmukaisesti. Hienoksi jauhettujen kuonien ja dolomiittikalkin vaikutukset olivat verrannolliset niiden kalsiumpitoisuuteen. Näin ollen terässulatonkuona tuotti suurimman pitoi-

suuden. Karkeana se oli selvästi tehottomampaa, mutta ylitti silti ainakin Ylistaron kokeessa dolomiittikalkin vaikutuksen. Kaikissa kokeissa myös jyvien kalsiumpitoisuus muuttui samaan suuntaan, joskin vähemmän.

Magnesiumpitoiset aineet kohottivat heinän magnesiumpitoisuutta, kuten satotuloksia tarkasteltaessa todettiin. Dolomiittikalkki oli tehokkainta. Se nosti Toholammin, Ruukin ja Vaalan pitoisuuden 1,5:stä 2,6:een g/kg k.a.. Ilmajäähdetty masuunikuona oli tehotonta, mutta granuloitu masuunikuona sai aikaan magnesiumpitoisuuden 2,2 g/kg k.a.. Yllättävää on, että Raahen terässulatonkuona, joka ei sisältänyt magnesiumia nosti pitoisuuden 1,9:ään g/kg k.a.. Myös GESSEL ja GERRITSEN (1972) ovat todenneet melko vähän magnesiumia sisältävän kuonan parantaneen välillisesti magnesiumin saantia. Sitävastoin Ylistaron kokeessa, jossa magnesiumin lähtöpitoisuus oli vain 0,9 g/kg k.a., terässulatonkuona ei sitä nostanut. Myös jyvien magnesiumpitoisuuteen dolomiittikalkki ja masuunikuona vaikuttivat, mutta erittäin paljon vähemmän kuin heinän pitoisuuteen.

KIRJALLISUUS

- ANON. 1977. Düngemittelverordnung. Bundesgesetzblatt 1977, Teil I: 2845-2880.
- CHICHILO, P. P., ARMIGER, W. H., SPECHT, A. W. & WHITTAKER, C. W. 1954. Plant nutrients from slag. Furnace slag as a source of plant nutrients and its liming effectiveness relative to limestone. J. Agric. Food Chem. 2: 458-462.
- FIEDLER, H. J. 1960. Hüttenkalkdüngung zu Bernburger einjährigen Weidelgras. Z. f. landw. Versuchs- u. Untersuchungswesen 6: 405-418.
- GEBHARDT, H. 1972. Physikalische und chemische Wirkung von Bodenverbesserungsmitteln auf Kieselsäurebasis (Agrosil). Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 15: 225-245.
- GESSEL, T. P. van & GERRITSEN, H. J. 1972. Basic slag and the behaviour of magnesium in the soil. AGRI Digest 25: 15-27.
- HARTIKAINEN, H. 1984. Peat ash and basic slag as substitutes for lime with reference to phosphorus uptake by turnip rape. J. Agric. Sci. Finl. 56: 291-198.
- JAAKKOLA, A. 1979. Kalkkikivi jauheen, dolomiittikalkin ja masuunikuonan vertailu. Maatalouden tutkimuskeskus, maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote n:o 10: 1-18.
- JAAKKOLA, A. & JOKINEN, R. 1980. Comparison of fine and coarse limestones. Ann. Agric. Fenn. 19: 108-124.
- JOKINEN, R. 1982. The efficiency of dolomitic limestone, basic slag and peat ash as liming agents, and as calcium and magnesium sources for turnip rape. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 54: 371-383.
- SCHEFFER, K. 1977. Der Einfluss von Kieselsäure auf die Mobilität verschiedener Phosphatdünger auf kalkhaltigem Boden. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 25: 321-332.
- & MEYER, B. 1972. Strukturwirkungen meliorativer Kalkungen in Ap-Horizonten von Löss-Parabraunerden (Poren-Verteilungsmessungen). Landw. Forsch. 28: 324-339.

- STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. 1960. Principles and Procedures of Statistics. New York. 481 p.
- VETTER, H. 1974. Feldversuchsergebnisse über die Düngewirkung von Konverterkalk. Die Phosphorsäure 30: 265-271.
- VOLK, G. W., HARDING, R. B. & EVANS, C. E. 1952. A comparison of blast furnace slag and limestone as a soil amendment. Ohio Agr. Exp. Station Research Bulletin 708: 3-19.
- WILDHAGEN, H. 1975. Erhöhung der Mobilität und Exhauribilität von Boden- und Dunger-P durch Kalke und lösliche SiO_2 -Formen. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft. 22: 411-418.

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 1979-82. 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. ESP00 - INK00. 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 savimailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.

4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-83. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaattilla. 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 1978-83. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitus-tarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maalajeissa. 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 lajikeko-keiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen 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 liitettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALLA. 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. 52 p.

I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa

II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina

III Kompostin arvo lannoitteena

1985

2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NÖRDLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y.

Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.

3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakokeissa

1970 - luvulla. 270 p.

5. TUORI, M., NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuus-
tutkimus. 38 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 ammoniakki sitomiskyky. 25 p.

10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. &

VUORINEN, M. Terähteollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.

