

DIE EFFEKTIVITEIT VAN KALKPRODUKTE*

P J ENGELBRECHT, Somergraansentrum Cedara

Uittreksel

Die ou gesegde: "Lime and lime without manure makes both farm and farmer poor", is vandag nog net so geldig as aan die begin van gewasverbouingsaktiwiteite.

Met die toenemende kennis van grondeienskappe en spesialisasie van gewasverbouingspraktyke is dit noodsaaklik om ook die werking van bekalkingsmateriale te verstaan, asook die faktore wat hul effektiwiteite beïnvloed. Regulasies vir die beheer van kwaliteit van kommersiële landboukalk, behoort alle fisies-chemiese eienskappe in aanmerking te neem. Sif-analises is tydwond en 'n chemiese metode wat alle faktore in aanmerking neem sou die oplossing wees. 'n Klassifisering van kalkprodukte as hoogsreaktiewe, medium- en stadigreaktiewe produkte is dalk wenslik. Die verbruiker kan dan self sy keuse maak, afhange van die effek wat vereis word. Om regulasies egter te wysig op 'n lukraak basis kan net die probleem vererger. 'n Deeglike evaluasie van die verskillende produkte is daarvoor nodig.

Inleiding

Volgens historiese data is die gebruik van bekalkingsmateriale die oudste bemestingspraktyk van die mensbou. Reeds so vroeg as 2000 jaar gelede het landbouers die waarde van mergel besef as 'n medium wat tot verhoging in oesopbrengste gelei het. Mergel en krytagtige afsettings was die hoofbron van kalk vir die vroeë Europese landbouers. Dit is eers laat in die 18de eeu dat die waarde van gemaalde kalksteen besef is. Die vroeëre eksperimente was baie empiries van aard en eers met die ontwikkeling van grondchemie in die 19de eeu en die pH-konsep, vroeg in die 20ste eeu deur Sorenson is probleme rondom bekalking meer doelgerig aangepak.

Die gebruik van landboukalk het laat in die 19de eeu en vroeg in die 20ste eeu, afgeneem met die toenemende erkenning van kommersiële misstawe. Met die ontwikkeling van die pH meter vir praktiese gebruik in die dertiger jare, het kalkbehoefte bepaling egter mode geword en het die kalkverbruik sedertdien toegeneem.

In die lig van die steeds toenemende intensiewer verbouingspraktyke, waar die winsaspek al hoe belangriker word, moet die gebruik van bekalkingsmateriale heroorweeg word, tov die ware effektiwiteite. In die RSA is die gebruik van kalk 'n relatiewe jong praktyk en met die wye verskeidenheid van produkte beskikbaar lei dit dikwels tot verwarring onder landbou-adviseurs en boere. Om produk keuse te rasionaliseer is dit van kardinale belang dat die regte inligting voorsien moet word ivm die ware effektiwiteite van die verskillende produkte. Indien dit nie gebeur nie, kan dit aanleiding gee tot 'n vals ekonomie in terme van vervoerkoste en die effektiwe gebruik van duur kunsmisstawe. Dit kos die landbousektor ongeveer 30 miljoen rand per jaar vir bekalkingsprogramme. Dit opsigself is 'n aansienlike bedrag, maar gemeet teenoor die inset van gepaardgaande misstawe, kan oneffektiewe kalkprodukte bydra tot groot kapitaalverliese.

Die eienskappe van kalkprodukte wat die effektiwiteit bepaal, is chemiese samestelling en suiwerheid, die graad van fynheid en kristalliniteit. Kristalliniteit en gepaard daarmee die hardheid van die produk, is 'n faktor wat tot op hede nie veel aandag geniet het nie, maar tog aanleiding gee tot stadige reaksies. (Engelbrecht & Farina 1980).

* Referaat bekroon met die Jan de Waal Gedenktoekenning vir 1981 en gelewer tydens die Kongres van die Suid-Afrikaanse Vereniging vir Gewasproduksie, 1981.

Alhoewel baie eksperimentele werk reeds gedoen is om te bepaal watter bydrae faktore soos oa fynheid het op die effektiwiteit, is daar voor 1955 uiteenlopende resultate en gevolgtrekkings gemaak. Dit kan verklaar word uit die werk wat Elphick (1955) gedoen het. Sy navorsing was gebaseer op die hipotese van gelyke diameter vermindering van alle deeltjies. Fig 1 is 'n veralgemeende voorstelling van die eksperimentele werk van Elphick.

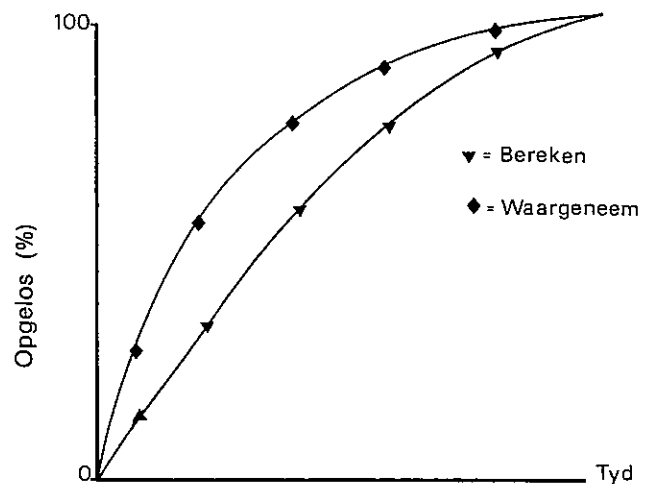


Fig 1 Veralgemeende Voorstelling

Uit die figuur volg dit dan dat enige faktor of kombinasie van faktore wat neig om die oplosbaarheid van 'n kalkproduk te verminder, bv kortperiode vergelykings, droër of minder suur toestande en harder of growwer deeltjies, lei tot gevolgtrekkings wat gemaak word by die divergerende gedeelte van die kurwes. Dit gee aanleiding daartoe dat verskille wat voorkom dan neig om maksimaal te wees. Omgekeerd geld dit ook dat faktore wat die oplossing bevorder, lei tot gevolgtrekkings wat gemaak word by die konvergerende deel van die kurwes, sodat verskille dan minimaal is. Dit is dus duidelik dat geen sinvolle verklarings gemaak kan word, rakende die effektiwiteit of relatiewe oplosbaarheid van kalkmateriale as daar nie ook verwys word na die eksperimentele periode, die oplossingsvermoë van die grond en die fisies-chemiese aard van die kalkprodukte nie.

Die uiteensetting wat volg handel hoofsaaklik oor die faktore wat die effektiwiteite van kalkprodukte bepaal en die gegewens is van eksperimentele werk verkry na 1955, om waar moontlik die verskille wat voor daardie tydperk voorgekom het, uit te skakel.

Die invloed van chemiese samestelling en suiwerheid

Vir 'n produk om as 'n gronduurheidverbeteraar te klassifiseer, moet die samestelling sodanig wees dat dit tydens reaksie met die grond OH^- ione vrystel. Sulke produkte is hoofsaaklik die karbonate van Ca en Mg. 'n Sout soos CaCl_2 kan dus nie klassifiseer as 'n bekalkingsmateriaal nie. Die volgende reaksies toon aan hoe OH^- ione vrygestel kan word:

- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{++} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{++} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2 \uparrow$
- $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}^{++} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Mg}^{++} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2 \uparrow$
- $\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + 4\text{OH}^- + 2\text{CO}_2 \uparrow$
- $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{++} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$

Die Ca^{++} en Mg^{++} ione ondergaan adsorpsie op die kolloïedale kompleks, uitruilreaksies vind plaas en die komponente verantwoordelik vir die suurheidseffek presipiteer dan uit of vorm komplekse met die OH^- ione. Volgens die oplosbaarheidsprodukte is die volgorde van oplosbaarheid vir die vernaamste karbonate, $\text{MgCO}_3 > \text{CaCO}_3 > \text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$.

Dat dolomitiese bekalkingsmateriale stadiger reageer as kalsitiese tipes is al deur verskeie navorsers bevestig. (Barber, SA 1967; Turner & Skinner, 1960; Shaw & Robinson, 1959; Meyer & Volk 1952 en Zeacher, Longnecker & Merkle, 1952) afhange van die hoeveelheid Mg teenwoordig as dolomiet, neem die oplosbaarheid van produkte progressief af met 'n toename in Mg.

Beide berekende oplossingstempos en pH veranderings, dui daarop dat kalsitiese tipes ongeveer twee keer meer effektief is as dolomitiese tipes. Waar oesopbrengste as maatstaf gebruik was, het dit dikwels voorgekom dat die dolomitiese tipes beter gevaar het. Dit kan toegeskrywe word aan 'n Mg reaksie en nie aan die verskil in oplossingstempos *per se* nie. Die gemiddelde deeltjiegrootte vermindering per week (Δ) is deur Barber (1967) vasgestel as $2,83\mu$ vir kalsitiese en $1,39\mu$ vir dolomitiese tipes. Fig 2 toon aan in watter mate die fraksies van 'n dolomitiese tipe verskil in reaktiwiteit van 'n kalsitiese tipe.

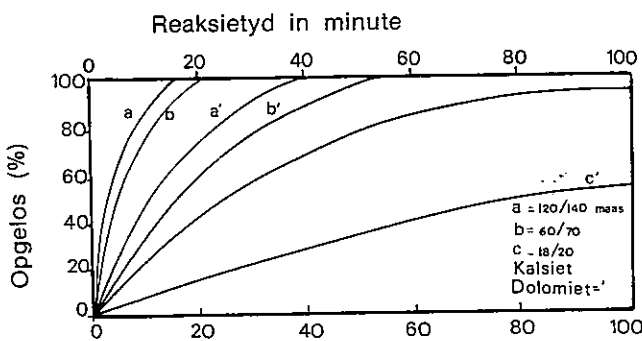


Fig 2 Reaksietydtempo's van verskillende deeltjiegroottes in tes in NH_2CL . (Na Shaw en Robinson, 1959).

Hoewel net melding gemaak is van produkte wat OH^- ione vrystel, kan ander radikale soos PO_4^{3-} en SiO_4^{4-} ook aanleiding gee tot 'n vermindering in Aluminium versadiging, sonder om die pH noemenswaardig te verander. omdat die karbonate huidige die goedkoopste bron is van gronduurheidverbeteraars sal die bespreking hoofsaaklik gaan oor die karbonate se samestellings. Waar pH waardes in die bespreking gebruik word, is dit nie om pH *per se* as 'n kalkbehoefte indeks te ondersteun nie, maar eerder as 'n indeks van reaktiwiteit.

Die huidige regulasies tov bekalkingsmateriale in die RSA vereis 'n minimum van 15% MgCO_3 inhoud vir 'n produk om te kwalifiseer as 'n dolomitiese kalk. Hierdie

- Ca na $\text{CaCO}_3 \times 2,50$
- Mg na $\text{CaCO}_3 \times 4,12$
- CaO na $\text{CaCO}_3 \times 1,78$
- MgO na $\text{CaCO}_3 \times 2,48$
- MgCO_3 na $\text{CaCO}_3 \times 1,19$
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ na $\text{CaCO}_3 \times 1,35$

syfer is gebaseer op 'n Mg waarde en gee nie 'n aanduiding of dit afkomstig is van MgCO_3 of Ca, $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ nie. Volgens Brydon & Rice (1965) is dit moontlik om kalkprodukte te kry wat uit 'n mengsel van CaCO_3 en Ca, $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ bestaan, asook mengsels van CaCO_3 en MgCO_3 . Gebaseer slegs op Ca en Mg data kan produkte verkeerdlik geklassifiseer word en sodoende kan hul effektiwiteit oorskot of onderskat word. Die noodsaaklikheid dat soveel moontlik omtrent die tipe kalkprodukt bekend moet wees, kan nie oorbeklemtoon word nie.

Huidig word kalsium karbonaat ekwivalent (KKE) internasionaal beskou as 'n indeks van die neutraliseringswaarde. Suiwer CaCO_3 het 'n KKE van 100 en alle ander produkte se neutraliseringswaarde word relatief uitgedruk tov daarvan. Dit is per toeval dat die molekulêre massa van CaCO_3 ook 100 is. Omdat MgCO_3 'n laer molmassa het nl, 84 is die KKE daarvan $100/84 \times 100 = 119$. Op 'n massa basis besit MgCO_3 dus oor 'n hoër potensiële neutraliseringsvermoë as CaCO_3 .

Die volgende omskakelingsfaktore kan gebruik word om die KKE te bereken.

Voorbeeld: Om die KKE van 'n produk te bereken met 40% CaO: $40/100 \times 1,78 \times 100 = 71,2\%$ CaCO_3 .

Verskeie afvalprodukte is tans beskikbaar as gronduurheidsverbeteraars. Die meerderheid is afkomstig van die yster-en-staalbedryf en is hoofsaaklik Ca-Al-silikate. Teoreties beskik hul oor 'n KKE van ± 86 . Verskeie navorsers het uiteenlopende resultate verkry tov die effektiwiteite. Slagmente verskil van hooggoond tot hooggoond en wissel ook na gelang van die afkoelingsproses. Gevolgtrekkings omtrent die effektiwiteite van slagmente kan dus nie veralgemeen word nie. Hoër oesopbrengste in vergelykende studies met karbonaatprodukte word toegeskrywe aan 'n reaksie op spoorelemente wat teenwoordig is of ook in sekere gevalle aan die fosfaat inhoud. (Moberley, 1974; Beaton, Speer & Harapiak, 1968; Yudin, 1971; Ott, 1965; Chichilo & Whittaker, 1953; McIntyre, 1946 en Maftel, 1942).

Oor die algemeen is gevind dat slagmente stadiger reageer as landboukalk. Vir slagmente afkomstig van Yskor het Engelbrecht & Farina (1980) gevind dat twee tot twee en 'n half keer meer benodig word om dieselfde effektiwiteit van goeie gehalte landboukalk produkte te verkry. Die wye verskeidenheid afvalprodukte wat huidig beskikbaar is, het uiteenlopende chemiese

samestellings en eienskappe. 'n Ondersoek na hul geskiktheid as gronduurheidverbeteraars asook hulle invloed op plantfisiologie is dus geregverdig en ook noodsaaklik om verwarring onder landbouadviseurs en boere uit te skakel.

Die potensiële neutraliseringsvermoë van kalkprodukte is absolute waardes, sover dit die chemiese samestelling betref. Dit kan egter wissel afhangende van die graad van suiwerheid van die produk. Met suiwerheid word bedoel die persentasie aktiewe komponent in 'n bepaalde massa. Suiwer CaCO_3 het 'n KKE van 100, maar soos wat die produk vermeng raak met die aktiewe fraksies soos kwarts (sand) tree 'n verdunningseffek inwerking, wat die KKE verlaag. Die chemiese potensiaal van sekere kalkprodukte wat van resente marine oorsprong is, kan verlaag word deur 'n siftingsproses. (Engelbrecht & Farina 1980). Dit word toegeskrywe aan die feit dat die sandfraksie fyner was as die skulpgruis fraksie en gekonsentreerd geraak het op die fyner siwwe. Hierdie effek was die opmerklikste by die fraksie $<150\mu$. Die probleem van verdunning agv 'n vermeerdering van 'n relatief inerte fraksie tydens sifting is nie van belang by die ander kommersiële tipes karbonaatprodukte nie.

Sover dit dan alle fisies-chemiese eienskappe van kalkprodukte betref, kan 'n ontledingmetode wat slegs die chemiese samestelling en suiwerheid in ag neem, nie 'n ware aanduiding gee van die effektiwiteite van produkte nie. By die verkope van kalkprodukte in die RSA word huidige baie klem gelê op chemiese ontledingsdata, maar soos reeds bespreek is dit slegs 'n aanduiding van die potensiële neutraliseringsvermoë. Die volgorde van effektiwiteit tov pH verandering wat algemeen ondervind word is:
 $\text{CaO} > \text{Ca}(\text{OH})_2 > \text{MgCO}_3 > \text{CaCO}_3 > \text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2 > \text{silikate}$

Die invloed van deeltjiegrootte

Die afgelope agt dekades het nie minder nie as 100 artikels verskyn wat die invloed van fisiese eienskappe van bekalkingsmateriale op hulle effektiwiteite bespreek. Dit is deur meeste navorsers beklemtoon dat deeltjiegrootte die faktor is wat die relatiewe oplosbaarheid die meeste beïnvloed. Geen twyfel bestaan oor die feit dat die oplosbaarheid toeneem met 'n afname in deeltjiegrootte nie en gepaard daarmee die effektiwiteite van kalkprodukte. (Gargantini, 1974; Anderson, 1968; Barrows, 1968; Fiskell, Locascio & Breland, 1965; Swartzendruber & Barber 1965; Love, Corey & Olsen, 1960; 1960; Motto & Melstead, 1960; Elphick, 1955; Meyer & Volk, 1952; Davies, 1951; Davis, 1951; Albrecht, 1946).

Oor hoe fyn kalkmateriale moet wees bestaan daar nog heelwat onsekerheid. Uiteenlopende gevolgreekings is gemaak, wat toegeskrywe kan word aan eksperimentele toestande wat verskil het, asook die tipe en aard van die kalkprodukte wat gebruik is. Oor die algemeen is gevind dat dolomitiese tipes fyner moet wees as kalsitiese tipes. Shaw (1960) beveel aan dat dolomitiese tipes twee keer fyner moet wees om net so effektief as kalsitiese tipes te wees.

By die graad van fynheid van kommersieël beskikbare kalkmateriale moet ook die ekonomie verbonde aan die fynmaak proses, die hantering van die gemaalde produk en die tipe gewas wat verbou wil word, in aanmerking geneem word. Uiteraard kan maklik te duur

word of moeilik hanteerbaar wees. Vir alle praktiese doeleindes is dit onnodig vir produkte om fyner as 120 maas te wees. (Davies 1951).

Baie navorsingsdata bevoordeel die growwe fraksies, omdat die eksperimentele periode baie lank was en alle fraksies dan die potensiële neutraliseringswaarde nader. Dit is hier waar die tipe gewas wat verbou word 'n rol speel, want opbrengs is die finale indeks van effektiwiteit. By gewasse soos mielies, grondbone ens., is 'n feitlik onmiddellike reaksie van die bekalkingsmateriaal 'n vereiste, omdat die bemestingsprogram gebaseer is op die regte "suurheidsgraad". Hierdie beginsel geld vir alle gewasproduksiepraktyke waar bekalking nodig is. Die verskil kom net by die langdurige effek van die bekalkingsmateriaal wat vereis word by meerjarige tipe aanplantings, waar 'n sekere vlak van "gronduurheid" vir 'n lang periode wenslik is. Whittaker & Chichilo (1964) stel voor dat spesifikasies vir die fynheidsgraad sodanig moet wees dat 50 persent fyner moet wees as 'n gekose mediaan sif en dat 95 persent fyner moet wees as 'n growwer sif. Kriteria wat hier gebruik kan word, is soos reeds genoem dat die fyn sif nie so fyn moet wees dat dit die produk onekonomies en onhanteerbaar maak nie. Verder moet die growwe sif nie so grof wees dat die oplossingstempo van die deeltjies so stadig is dat dit geen effek op gewasproduksie het nie. Oor die algemeen word beweer dat die fraksie 10 tot 20 maas van geen waarde is nie. (Anderson, 1968; Strel'Nikov, 1969; Motto & Melstead, 1960; Beacher et al, 1952; Meyer & Volk, 1952). Matzel en Ansorge (1971) is van mening dat die maksimum graad van fynheid vir kristallyne tipes nie die 0,30 mm grootte moet oorskry nie.

Huidige regulasies tov beklakingsmateriale in die RSA vereis dat vir kalsitiese en dolomitiese tipes 100 persent moet fyner wees as 1,70 mm en 30 persent fyner as 0,250 mm (60 maas). Voordat wysiginge van hierdie regulasies gemaak kan word, moet die kalkprodukte van die RSA behoorlik geëvalueer word, omdat plaaslike afsettings fisies chemies verskil van ander wêrelddele s'n.

Deeltjiegrootte en die invloed daarvan op die effektiwiteit van kalkprodukte is bestudeer mbv, 1) ondersoeke na die tempo van oplossing in gronde of in ander suur media; 2) die invloed op grondeienskappe soos pH; 3) die invloed op oesopbrengste.

Volgens Elphick (1955) en Swartzendruber & Barber (1965) is 'n matematiese benadering tot die bestudering van die tempo van oplossing van verskillende deeltjiegroottes minder empiries van aard as die gebruik aan grondeienskappe (pH) en oesopbrengste.

Die verwantskap tussen deeltjiegrootte en oplossings-tempo is volgens die hipotese van gelyke diametervermindering vir alle deeltjies bestudeer. Hierdie hipotese is ondersoek deur Krige (1929), Bear & Allen (1952), Salter & Schollenberger (1940), Elphick (1955), Schollenberger & Whittaker (1962), Swartzendruber & Barber (1955) en Barber (1967). Volgens die hipotese sal 'n deeltjie A, waarvan die deursnee twee keer die van deeltjie B is, twee keer langer duur om op te los.

In sy eenvoudigste vorm geld die volgende uitdrukking vir die hipotese:

$$R = \left(\frac{D-d}{D}\right)^3 \quad (1)$$

waar R die fraksionele residu is wat oorbly na deeltjies met 'n aanvanklike diameter D, 'n vermindering d

ondergaan het. Omdat d 'n funksie van tyd (t) is en progressiewe oplossingsdata deur Elphick (1955) benodig was, het hy d met die werklike diameter vermindering, vervang sodat vergelyking 1 geskrywe kan word as:

$$R = \left(\frac{D-t\Delta}{D}\right)^3 \quad (2)$$

Uit die goeie korrelasie wat Elphick (1955) tussen Δ en Bruto volume verkry het, het hy die algemene oplossingsvergelyking daargestel nl.

$$R = \left(\frac{D-tkV}{D}\right)^3 \quad (3)$$

waar V die ekwivalente bruto volume is en k 'n oplossingskonstante is, bepaal deur grondtoestande. V neem die chemiese suiwerheid en eienskappe soos kristalliniteit en graad van fynheid in aanmerking. Die geldigheid van vgl 3 word in fig 3 gedemonstreer.

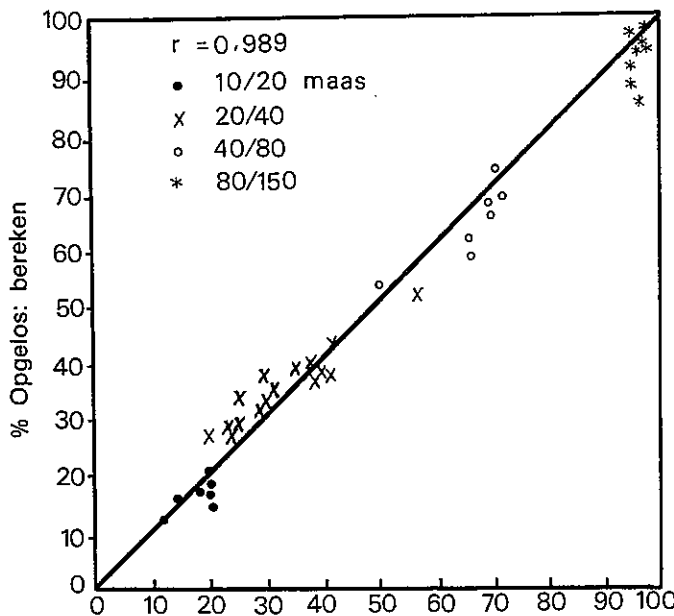


Fig 3: Opgelos: waargeneem (Elphick, 1955)

Uit vgl 3 kan nou bereken word hoeveel fyner harder gesteentes dan moet wees om net so effektief te wees as 'n sagter tipe. Dit word verkry deur die volgende vyl.

$$D = \frac{tkV}{1 - \sqrt[3]{R}} \quad (4)$$

Uit vgl 4 is dit duidelik dat D direk eweredig is aan V. Dus as deeltjies van 'n sekere grootte met gemiddelde diameter D_x , van kalkproduk X, 'n V waarde van 0,70 het (Die laaste waarde vir baie suiwer produk) sal die ooreenstemmende diameter D_y van produk Y, waarvan die V waarde 1,02 is, proporsioneel groter wees:

$$D_y = D_x \times 1,02/0,70. \quad (5)$$

Swargendruber & Barber (1965) se benadering was gebaseer op die aannames dat (i) die aanvanklike massa kalksteen teenwoordig was as sferie van univormige grootte, digtheid en samestelling en (ii) dat die tempo van massaverlies direk eweredig is aan die onmiddellike soortlike oppervlakte van die sferie. Vir die 2de aanname geld dit dan dat

$$\frac{dm}{dt} = kS$$

waar m die opgeloste massa is na tyd t; k is 'n eweredigheidskonstante en S is die soortlike oppervlakte van die sferie

Uit vgl 5 het hulle aangetoon dat $U = 1 - (1-ct)^3$ (6)

waar die fraksionele massa opgelos is en gelyk is aan M/M_0 , waar M_0 die aanvanklike massa is en M die opgeloste massa is. C is gelyk aan $2k/pD_0$ waar p die digtheid en D_0 die aanvanklike diameter van die sferie is.

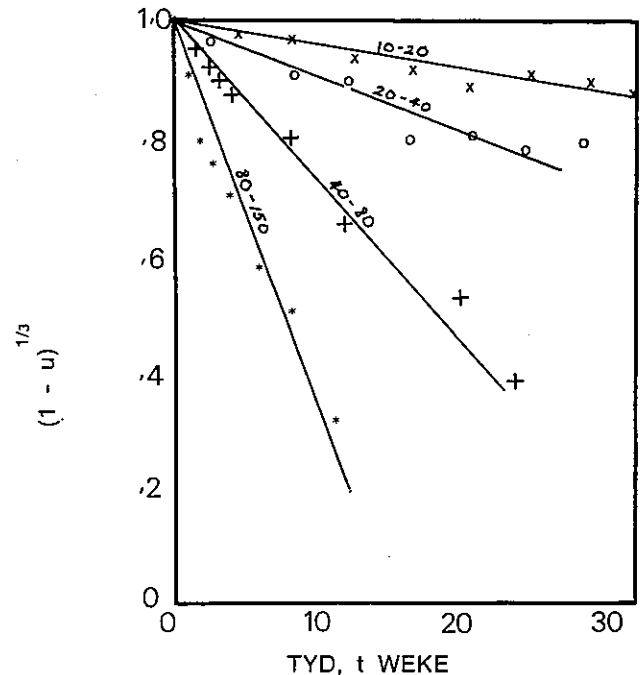


Fig 4: Die invloed van deeltjiegrootte. (Barber, 1967)

Die herrangskikking van vgl 6 lewer vgl 7

$$(1-U)^{1/3} = 1 - ct \quad (7)$$

Gebaseer op data van Elphick (1955) het Swargendruber en Barber die geldigheid van vgl 7 gedemonstreer in Fig 4. Deur van

$$\Delta = \frac{D \cdot 1 - \left(\frac{M_0 - M}{M}\right)^{1/3}}{t} \quad (8)$$

gebruik te maak het hulle ook gevind dat daar 'n opvallende verandering in Δ voorkom met verloop van tyd. Uit fig 5 is dit duidelik dat korter periodes groter waardes gee. Dit word verklaar aan die hand van dat die oplossingstempo van deeltjies nie net 'n funksie is van partikeldiameter nie, maar dat ander faktore soos oa diffusie ook die tempo van oplossing kan beïnvloed. (Barber 1967).

Dat dit wel die geval is word in fig 6 gedemonstreer. ook die persentasie opgelos met tydsverloop dui daarop, veral vir die fyner fraksies. Fig 7.

Baie eksperimentele werk is gedoen waar die verandering in pH as maatstaf gebruik is om die invloed van deeltjiegrootte aan te dui. Daar moet egter op gelet word om nie glashuisdata en velddata goedsmoeds te veralgemeen nie, omdat klimaatstoestande verskil en die vermenging van kalkmateriale oor die algemeen beter is vir potproewe is as vir veldproewe.

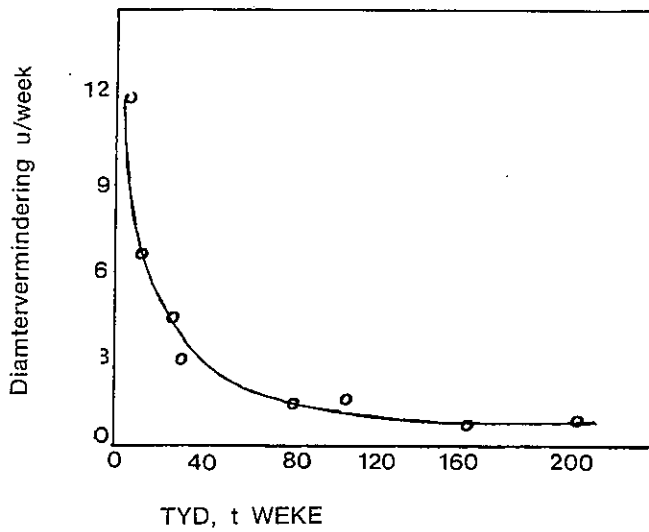


Fig 5: Die verhouding tussen diametervermindering en tyd. (Barber, 1967)

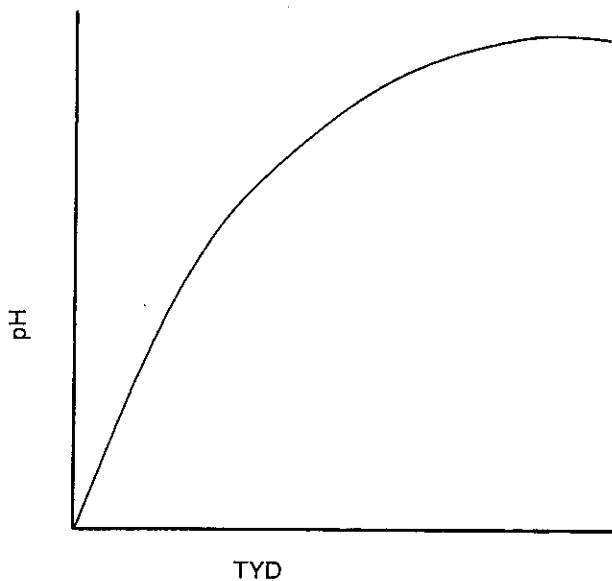


Fig 6: Die verandering van pH met tydsverloop na toediening.

Motto en Melstead (1960) het gevind dat die 10- tot 28 maasgrootte deeltjies slegs 14% so effektief was as die fraksie < 100 maas, terwyl deeltjies > 10 maas feitlik geen effek op die pH gehad het nie. Barrows et al (1967) het gevind dat die fraksie < 100 maas die pH binne 17 uur vanaf 4,0 tot 5,5 verhoog het. Daarteenoor het die fraksie 12-14 maas na 'n periode van 'n maand, die pH slegs tot 5,4 laat styg. Meyer et al (1952) het gevind dat deeltjies growwer as 20 maas min of geen waarde as grondsuurheidsverbeteraars het nie, terwyl die fraksie 20-60 maas eers na 18 maande die effektiwiteit van die heel fyn fraksie bereik. Deeltjies < 100 maas reageer baie vinnig na toediening maar verminder in effektiwiteit na 18 maande. Hulle het ook tot die gevolgtrekking gekom dat kalkprodukte waarvan 70 persent < 40 maas was, meer effektief was as baie fyn tot melerige tipes. Figuur 8 illustreer hoe pH in die algemeen toeneem met 'n afname in die deeltjegrootte. Opbrengsvermeerdering word ook verkry met 'n afname in deeltjegrootte. Barber (1967) het verskeie werkers se eksperimentele

data saamgestel en fig 9 toon aan dat die relatiewe opbrengs verhoog met 'n toename in die graad van fynheid. Daaruit kan ook afgelei word dat die reaksie

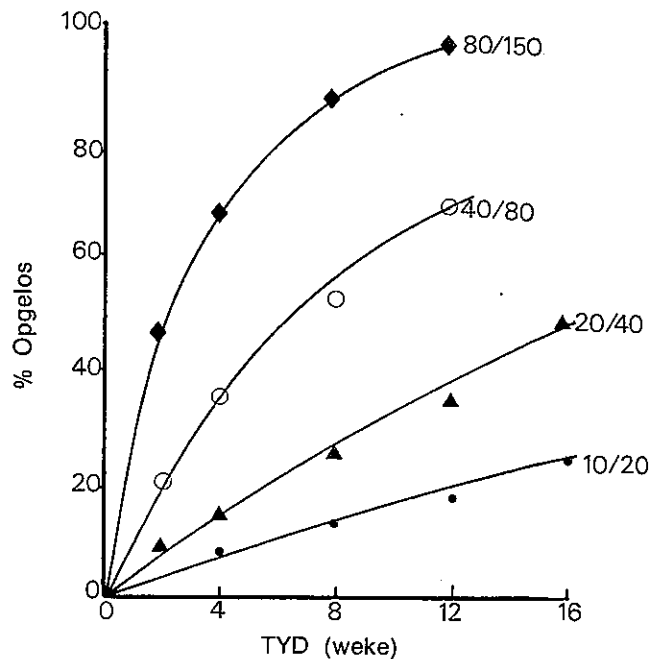


Fig 7: Die verwantskap tussen deeltjegrootte, persentasie opgelos en tyd. (Na Elphick 1955).

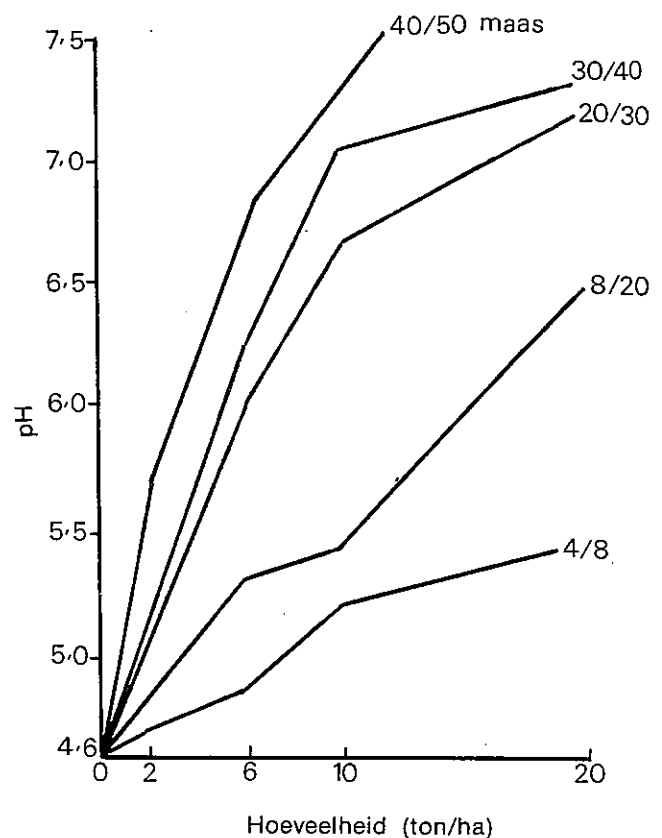


Fig 8: Die effek van deeltjegrootte en hoeveelheid van 'n dolomitiese kalksteen op die pH van 'n Caufield slikleem 18 maande na toediening. (Meyer et al, 1952).

van 'n gewas op toenemend toedienings gewoonlik kromlynig is. Dus sal 5 ton van 'n kalkproduk wat 'n effektiwiteit van 80 persent het nie dieselfde opbrengsvermeerdering gee as 4 ton van 'n produk met 'n effektiwiteit van 100 persent nie. Die horisontale lyn by 'n relatiewe opbrengs van 80 persent toon aan hoeveel van elke fraksie benodig word om ekwivalent te wees aan 3 ton van 'n kalkmateriaal met 31 tot 40 persent fyner as 60 maas (0,250 mm), wat as standaard gebruik was om 'n relatiewe opbrengs van 100 persent te gee.

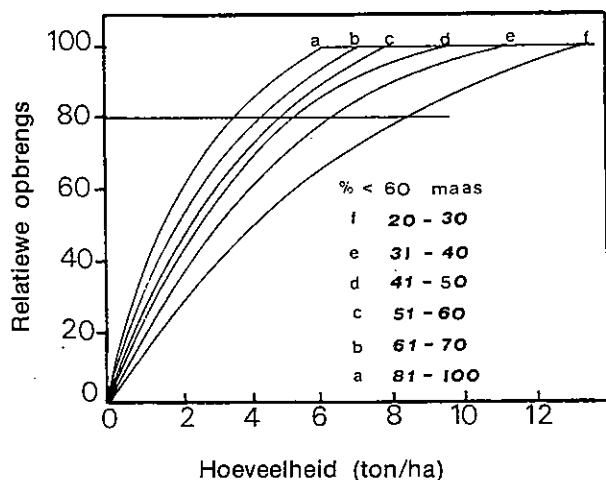


Fig 9: (Barber, 1967).

Die invloed van kristalliniteit en hardheid

Afhangende van die geologiese oorsprong, kan kalkprodukte wissel van sagte amorf en ongekonsolideerde tipes, tot harde en kompakte kristallyne tipes, ongeag die Ca: Mg verhouding. Dit is dus moontlik om kalkprodukte te kry wat chemies dieselfde is, maar verskil in effektiwiteit agv hardheidsverskille. Die poreusheid en gepaard daarmee die totale aktiewe soortlike oppervlakte word grootliks beïnvloed deur die hardheid en kristalliniteit.

Elphick (1955) het gevind dat die harde tipes kalkprodukte aanvanklik baie stadig reageer, maar met verloop van tyd dieselfde reaktiwiteit het as sagter tipes. Met 'n ondersoek van 25 verskillende produkte het hy 'n beter korrelasie gekry tussen die tempo van oplossing en fisiese parameters, as tussen chemiese suiwerheid en tempo van oplossing. (Tabel 1).

TABEL 1 Korrelasie tussen Δ en die indekse van effektiwiteit (Elphick, 1955)

Totale CO_3	Gemiddelde Poreusheid	Ekivalente kalsiet oppervlakte	Ekivalente Bruto Volume
$r = -0,546$	+0,718	+0,834	+0,917

Die oplossingstempo (Δ) is eweredig aan V (Bruto volume) en volgens definisie is V omgekeerd eweredig aan die kalsiumdigtheid. Dus is $\Delta \times$ kalsiumdigtheid 'n konstante (Elphick, 1955). Dit beteken dat hoe meer poreus en onsuiver 'n kalkproduk is, hoe vinniger los die deeltjies op. Die gevolgtrekking kan gemaak word dat dit nie die hardheid is van 'n kalkproduk wat die oplossingstempo beïnvloed nie, maar wel die kalsiumdigtheid in terme van V. Die korrelasie tussen V en hardheid is egter hoog ($r = 0,752$) sodat dit geldig is om die term hardheid algemeen te gebruik.

In 'n ondersoek deur Engelbrecht en Farina (1980) is gevind dat 'n kristallyne dolomiet aansienlik verskil het van 'n sagter tipe met dieselfde graad van fynheid.

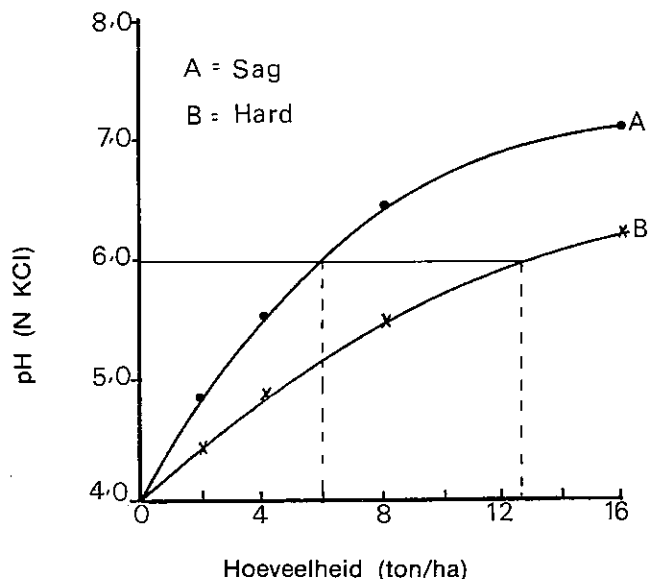


Fig 10: Die effek van hardheid na 90 dae inkubasie.

Gebaseer op huidige regulasies is dit dus moontlik om waar fynheid en chemiese suiwerheid al kriteria is vir die effektiwiteit van produkte, 'n vals ekonomie te kry, veral tov vervoerkoste en die werking van duur kunsmisstowwe. 'n Evaluerings metode vir kalkprodukte wat alle fisies- chemiese faktore in aanmerking neem sou die oplossing wees.

Die invloed van grondeienskappe en bewerkingsmetodes

Die tempo van oplossing van kalkmateriale, asook die totale neutraliseringseffek word bepaal deur die grond se buffervermoë en die aanvanklike graad van suurheid. Dit word weer bepaal deur die tekstuur en organiese materiaal inhoud. 'n Voorvereiste vir die effektiewe werking van alle kalkprodukte is 'n deeglike vermenging met die grond.

Fig 11 illustreer die effek van buffervermoë van die grond op die hoeveelheid kalk benodig om 'n eenheidsverandering in pH te bewerkstellig.

Beide organiese materiaal en die kleifrasie bepaal die bufferkapasiteit van 'n grond. in humus is dit

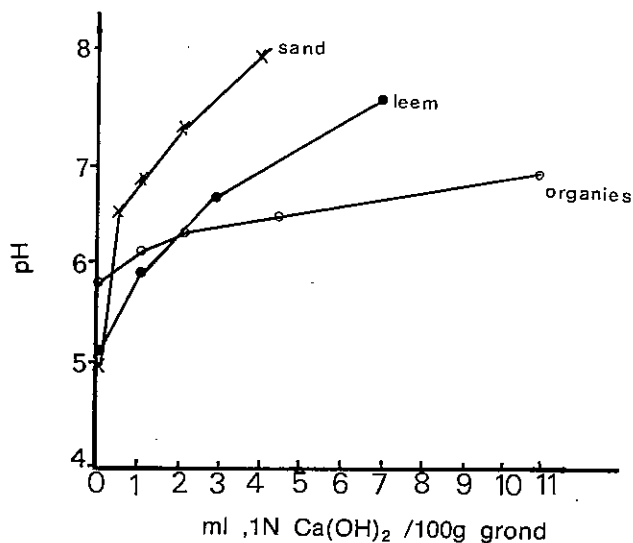
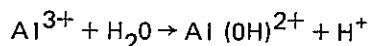


Fig 11: Die buffereffek van grond (Gardner en Garner, 1953).

hoofsaaklik die dissosiasie van organiese sure, terwyl vir die kleifrasie dit die aluminium-silikaat kleie en hidro-oksiedes is. By gronde met 'n hoë bufferkapasiteit word die naturaliseringseffek onderdruk en gevolglik word groter hoeveelhede kalk benodig om die gewenste uitwerking te kry.

Coleman *et al* (1958) is van mening dat die hidrolisasie van aluminium verantwoordelik is vir die buffereffek. Die proses word soos volg voorgestel:



Sodra die hidronium (H_3O^+) ione geneutraliseer word, word ewewig herstel vanaf die adsorpsie kompleks. Totdat die bron van geadsorbeerde Al uitgeput is, sal die pH verandering baie stadig geskied. Verskeie ander spesies van aluminium hidroksiedes is ook verantwoordelik vir die buffereffek.

Klimaatstoestande speel ook 'n rol by die oplossings-tempo van kalkprodukte. Shaw (1960) het gevind dat met 'n afname in grondvog en temperatuur, daar 'n afname is in die oplossingstempo. Omgekeerd is daar 'n toename in die oplossingstempo. Die klimaatstoestande is egter te wisselvallig om as 'n faktor in die bewerkingspraktyk ingesluit te word, daar moet eerder gepoog word om die beste vermenging moontlik met die grond te bewerkstellig. Die ekonomie van verskillende bewerkingsmetodes moet egter vergelyk word om die mees ekonomiese, dog effektiefste kombinasie te verkry. Omdat 'n intieme vermenging noodsaaklik is vir die effektiewe werking van bekalkingsmateriale, kan minimum bewerkings metodes nie konstant toegepas word op gronde wat gereelde bekalking nodig het nie.

Hulburt en Wentzel (1953) het met hul ondersoek na die mengvermoë van verskillende implimente gevind dat strooi en ploeg neig om die materiaal op die ploegblad te plaas met 'n minimum vermenging, terwyl 'n baie goeie vermenging verkry is deur gestrooide materiaal twee keer met 'n "rotary tiller" in te werk. Skoffelploë, dis- en implimente gee egter net 'n vermenging met die boonste laag grond. Daar is hedendaagse swaar disimplimente beskikbaar waarmee goeie vermenging tot op 20 cm in sanderige gronde verkry kan word.

Dat 'n goeie vermenging effektiewer is as geband-plaasde kalk of oppervlak toegediende kalk, is bo alle twyfel bewys. (MacLeod en Bradfield, 1964; Haurigan *et al*, 1961; Rathwell en Peech, 1965; Woodhouse, 1956). Die diepte van bewerking moet in aanmerking geneem word by die hoeveelheid kalk wat toegedien gaan word. As die kalkbehoefte vir die boonste 12 cm bepaal is, sal 'n verdunningseffek plaas vind met dieper bewerking, wat kan lei tot 'n vermindering in effektiwiteit.

Ondergrondse-suurheid kom dikwels voor en die regstelling daarvan is deur verskeie werkers ondersoek. (Fehrenbacher, Vaura en Lang, 1958; De Roo, 1956; Giddens, Perkins, Beaky en Morris, 1962; Woodruff en Smith, 1947; Haurigan *et al*, 1961). Vanweë die feit dat oppervlaktogediende kalk vir alle praktiese doeleindes nie loog nie en die gebrek aan geskikte implimente, bly die regstelling van ondergrondse suurheid steeds 'n probleem.

Die algemene opvatting is dat solank die bogrond genoegsaam bekalk is en daar nie droogte toestande heers nie, is ondergrondse suurheid nie van groot belang nie. Vir droëland-gewasverbouing kan dit egter van aansienlike waarde wees om ondergrondse-suurheid effektief te neutraliseer, met die oog op gebruik van die reserwe vog gedurende droë periodes. Die beste resultate kan verkry word deur die aanbevele hoeveelheid in twee bewerkings toe te dien. Eerstens 'n diep ploeg en dan 'n disvermenging van die res. (Gargantini *et al*, (1965). Die strooi-aksie moet ook sodanig wees dat 'n homogene laag kalk gestrooi word. Verskeie tipes implimente is vir hierdie doel beskikbaar, maar oor die algemeen word die beste resultate verkry met 'n vryval toediener.

Verwysings

- ALBRECHT, W.A., 1946. Plant nutrition and the hydrogen ion. V. Relative effectiveness of coarsely ground and finely pulverized limestone. *Soil Sci.* 61: 265-271.
- ANDERSON, C.A., 1968. Effect of particle size of calcitic and dolomitic limestone on rate of reaction in Lakeland fine sand. *Proc. Soil Crop. Sci. Soc.* 28, 63-69.
- BARBER, S.A., 1967. Liming materials and practices. In R.W. Pearson & F. Adams (eds.) *Soil acidity and liming*. Agron, 12, Amer. Soc. Agron., Madison, Wis. 145-160.
- BARROWS, H.L., TAYLOR, A.W., & SIMPSON, E.C., 1968. Interaction of limestone particle size and phosphorus on the control of soil acidity. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32, 64-68.
- BEACHER, R.L., LONGNECKER, D. & MERKLE, F.G., 1952. Influence of form, fineness and amount of limestone on plant development and certain soil characteristics. *Soil Sci.* 73, 75-82.
- BEAR, F.E. & ALLEN, L. 1937. Relation between fineness of limestone particles and their rates of solution. *Ind. Eng. Chem.* 24, 998-1001.
- BEATON, J.D., SPEER, R.C. & HARAPIAK, J.T., 1968. Response of red clover to kimberley electric furnace iron slag and other liming materials. *Can. J. Pl. Sci.*, 48, 455-466.
- CHICHILO, P. & WHITTAKER, C.W., 1961. Trace

- elements in agricultural limestone of the United States. *Agron. J.* 53, 139-144.
- CRANE, F.H., 1930. A comparison of some effects of blast furnace slag and of limestone on an acid soil. *J. Amer. Soc. Agron.* 22, 968-973.
- DAVIS, F.L., 1951. Effect of fineness of agricultural lime upon crop response. *Agron. J.* 43, 251-255.
- DEROO, H.C., 1956. Subsoiling, ploughing and deep placement of lime or fertilizer in one operation. *Agron. J.* 48, 476-477.
- ELPHICK, B.L., 1954. Studies in use of agricultural limestone. 1. Chemical and physical properties of South Island (New Zealand) agricultural limestones. *New Zeal. J. Sci. Tech.* 36A, 134-166.
- ELPHICK, B.L., 1955b. Studies in use of agricultural limestone. III Solubility of limestone in acid soil as influenced by type of stone and particle size. *New Zeal. J. Sci. Tech.* 37A, 241-258.
- ENGELBRECHT, P.J. & FARINA, M.P.W., 1980. 'n Vergelyking van verskeie kommersieël beskikbare kalkprodukte. Gewasproduksie Vereniging van S.A. (Indruk).
- FEHRENBACHER, J.B., VAVRA, J.P. & LANG, A.L., 1958. Deep tillage and deep fertilization experiment on a claypan Soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22, 553-557.
- FISKELL, J.G.A., LOCASCIO, S.J. & BRELAND, H.L., 1965. Effects of soil acidity and liming of Leon fine sand on the exchange properties and on watermelons as indicator plants. *Proc. Soil Crop Sci. Soc.* 24, 52-62.
- GARDNER, H.W., & GARNER, H.V. 1953. The Use of lime in British Agriculture.
- GARGANTINI, H. 1974. Effects of particle size, forms and quantities of amendments on soil acidity. *Bragantia.* 33, 87-96.
- GIDDENS, J., PERKINS, H.F., BEATY, E.R. & MORRIS, 1962. Deep soil preparation and deep placement of fertilizer, lime. *Georgia Agr. Exp. Sta. Georgia Agr. Res.* 4, 10-11.
- HULBURT, W.C., & MENZEL, R.G., 1953. Soil mixing Characteristics of tillage implements. *Agr. Eng.* 34, 702-708.
- HOIRIGAN, W.R., FRANLIN, R.E. Jr., McLEAN, E.O., & BHUMBLA, D.R., 1961. Growth and Ca uptake by plants as affected by rate and depth of liming. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25, 491-494.
- LOVE, J.R., CARYE, R.B. & OLSEN, C.C., 1960. Effect of particle size and rate of application of dolomitic limestone on soil pH and growth of alfalfa. *Int. Congr. Soil Sci. Trans.* 7th, 4, 293-301.
- LATHWELL, D.J. & PEECH, M., 1965. Interpretation of chemical soil tests. *New York (Cornell Univ.) Agr. Exp. Bull.* 995.
- MACINTYRE, W.A., 1946. Certain "glassy" and crystalline calcium silicate materials. Their distinctive behaviour and liming effectiveness as registered by plant response and soil pH. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* (1945) 10, 71-80.
- MACLEOD, L.B. & BRADFIELD, R., 1964. Greenhouse evaluation of the relative importance of lime and potassium for the establishment and maintenance of alfalfa and orchardgrass seedlings. *Agron. J.* 56, 381-386.
- MATZEL, W. & ANSORGE, H., 1971. (The neutralizing effect of various limestones of different fineness). *Arch. Bodemfrucht. Pfl. prod.* 15, 39-51.
- MEYER, T.A. & VOLK, G.W., 1952. Effect of particle size of limestone on soil reaction, exchangeable cations and plant growth. *Soil Sci.* 73, 37-52.
- MOBERLEY, P.K., 1974. The response to agricultural lime and silicate materials in some soils of the South African Sugar industry. *Proc. SAST. Assoc.* 58-69.
- MOTTO, H.L. & MELSTEAD, S.W., 1960. The efficiency of various particle size fractions of limestone. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24, 488-490.
- NAFTEL, J.A., 1942. Soil liming investigations. IV Response of crimson clover to boron with and without lime on coastal plain soils. *J. Amer. Soc. Agron.* 34, 975-985.
- OTT, A.N., 1965. Agricultural uses for open hearth slag. *Diss. Abstr.* 26, 5.
- SALTER, R.M. & SCHOLLENBERGER, C.J., 1940. Criteria for the evaluation of agricultural ground limestone. *Amer. Soc. Testing materials, Symp. Lime.* 1939, 71-82.
- SCHOLLENBERGER, C.J. & WHITTAKER, C.W., 1962. A comparison of methods of evaluating activities of agricultural limestone. *Soil Sci.* 93, 161-171.
- SHAW, W.M., 1960. Rate of reaction of limestone with soils. *Univ. Tennessee Agr. Exp. Sta. Bull.* 319.
- SHAW, W.M. & ROBINSON, B., 1959. Chemical evaluation of neutralising efficiency of agricultural limestone. *Soil Sci.* 89, 262-272.
- SWARTZENDRUBER, D. & BARBER, S.A., 1965. The dissolution of limestone particles in the soil. *Soil Sci.* 100, 287-291.
- TURNER, R.C. & SKINNER, S.I.M. 1960. An investigation of the intercept method for determining the proportion of dolomite and calcite in mixtures of the two. II Experimental rates of solution of dolomite and calcite in samples consisting of a number of crystals. *Can J. Soil. Sci.* 40.
- WHITTAKER, C.W. & CHICHILO, P., 1964. Interpretation of sieve analysis of agricultural limestone and suggested particle size specifications. *Agron. J.* 56, 561-565.
- WOODHOUSE, W.W., Jr., 1956. Effect of placement and rate of phosphorus, potash and limestone on the growth of alfalfa and lespedeza. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20, 15-18.
- WOODRUFF, C.M. & SMITH, D.D., 1947. Subsoil shattering and subsoil liming for crop production in claypan soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* (1946) 11, 539-542.