

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen.

De inwerking van verschillende kalk- en magnesiameeststoffen op een zuren, humeuzen zandgrond, mede in verband met haar fijnheid

door

P. BRUIN en P. A. ROWAAN.

Effectiveness of different liming materials on an acid sandy soil rich in humus, also as influenced by their degree of fineness.

Summary, see p. 16.

1. Inleiding.

Door Bruin (1942) is in talrijke veld-, vak- en potproeven bij humeuzen zandgronden onderzocht, wat er na het toedienen van kalk aan den grond gebeurt, namelijk welk gedeelte van een kalkbemesting na verloop van een bepaalden tijd uitwisselbaar door den grond gebonden is en daarmede tot een stijging van de pH bijdraagt, hoeveel nog „vrij” in den grond aanwezig is en welk deel van de toegevoegde kalk reeds weer door uitspoeling naar den ondergrond verdwenen is. De kennis daarvan is van groot belang, om de overmaat aan kalk te kunnen bepalen, die boven de uit den kalkfactor (de Vries, 1938) berekende hoeveelheid moet worden gegeven ter verkrijging van de verlangde pH. Bij het genoemde onderzoek is gebleken, dat de kalkverliezen uit de bouwvoor gedurende het eerste jaar na een bekalking aanzienlijk kunnen zijn; bij de onderzochte proefvelden bedroegen zij gemiddeld ongeveer 30 %, uiteenlopend van enkele tot 50 %. Er werden op het veld geen systematische verschillen in de kalkverliezen tusschen met kalkmerge

en met landbouwpoederkalk bemeste objecten gevonden. In vak- en potproeven bleken de verliezen echter na toediening van kalkmergel aanmerkelijk hooger te zijn dan bij een gift van poederkalk. Dat kan worden verklaard door de vorming van veel koolzuur bij de reactie van het calciumcarbonaat van de mergel met den zuren humus, waardoor het bodemvocht rijker wordt aan calciumbicarbonaat, dat naar den ondergrond uitspoelen kan. Bij de reactie van de voornamelijk uit calciumhydroxyde bestaande landbouwpoederkalk met den humus zal veel minder koolzuur vrijkomen, waardoor de vorming en uitspoeling van calciumbicarbonaat geringer zullen zijn.

Door de praktijk wordt algemeen de behoefte gevoeld aan een advies voor de rationeele bekalking der nog talrijke te zure gronden. Het is niet altijd eenvoudig, uit de vele kalk- en magnesiameeststoffen van den handel, die naar herkomst, chemische samenstelling en fijnheid groote verschillen vertoonen, de juiste keuze te doen. Daarom leek het wenschelijk, door middel van vak- en potproeven de inwerking van de voornaamste diër meststoffen op den grond te onderzoeken, waarbij in het bijzonder de invloed van de chemische samenstelling (bindingsvorm van kalk resp. magnesia) en van de fijnheid nagegaan werd.

Bij dit onderzoek gaat het dus om het totaal neutraliseerend effect der verschillende kalkmeststoffen op den grond; de afzonderlijke werkingen van kalk en magnesia zijn buiten beschouwing gelaten.

Na een korte beschrijving van de proefopzet (paragraaf 2) wordt in paragraaf 3 de inwerking van de verschillende kalk- en magnesiameeststoffen uit den handel op den grond besproken. In paragraaf 4 wordt bij uitgezeefde fracties van enkele dezer meststoffen (kalkmergel en hoogovenkiezelkalk) de invloed van de fijnheid op die inwerking in het bijzonder nagegaan. Tenslotte worden in paragraaf 5 de uit het onderzoek getrokken conclusies vermeld.

2. Proefopzet.

De hier te bespreken proeven hebben alle betrekking op een zuren, humeuze zandgrond ¹⁾, afkomstig van Grootegast in Z.W. Gröningen. De pH bedroeg 4,5, het zandgehalte 83%, het gehalte aan afslibbare deelen 3% en het humuspercentage (gloeiverlies) 14%; voorts was het S-cijfer 7,8 m.a. (milli-aequivalenten per 100 g drogen grond), het (T-S)-cijfer 23,1 m.a. en het T-cijfer 30,9 m.a., waaruit een verzadigingsgraad V van 25% berekend werd ²⁾.

Voor het bepalen van de inwerking van een kalk- of magnesiameeststof werden telkens drie vakken of potten met zoodanig stijgende hoeveelheden bemest, dat de hoogste gift, uitgedrukt in milli-aequivalenten CaO (resp. CaO + MgO) per 100 g drogen grond, iets lager genomen werd dan de (T-S)-waarde van den grond, terwijl de middelste en de kleinste gift op $\frac{2}{3}$ resp. $\frac{1}{3}$ deel van de hoogste vastgesteld werden, dus b.v. resp. 18, 12 en 6 m.a. Na een zorgvuldige vermenging van meststof en grond werden de vakken of potten gevuld (per vak met 19 kg, per pot met 5 kg grond) en vervolgens in de open lucht aan alle weersomstandigheden blootgesteld. Vanzelfsprekend werd ook een aantal objecten ter controle niet met kalk bemest. In de meeste gevallen bleef de grond onbegroeid, soms werd er spinazie op geteeld of werd de ontwikkeling van het onkruid aan zich zelf overgelaten. Toediening van stikstof-, fosfaat- en kalimeststoffen had niet plaats. Het bij regenval doorlopende water verdween bij de vakken in het als ondergrond aangebrachte grove zand; bij de potten vloeide het eenvoudig weg.

Na bepaalde tijden, wisselend van ongeveer één maand tot vier jaren, werden de proefobjecten over de geheele laagdikte bemonsterd. In de

¹⁾ De inwerking van kalkmeststoffen op een ontkalkten kleigrond wordt afzonderlijk behandeld in een latere publicatie.

²⁾ S geeft aan de in den grond aanwezige hoeveelheid door het adsorptie-complex gebonden basen, (T-S) de hoeveelheid, die de grond nog kan binden, de som van beide, d.i. T de hoeveelheid, die maximaal door den grond gebonden kan worden; de verzadigingsgraad V drukt uit, hoeveel procenten S van T bedraagt.

grondmonsters zijn geregeld de pH, het S-cijfer en de eventueel nog „vrije”, d.w.z. als carbonaat of als silicaat aanwezige kalk bepaald. De inwerking der kalkmeststoffen op den grond kwam tot uiting in de stijging van de pH en van het S-cijfer; de bepaling van het laatste is te corrigeren voor eventueel aan koolzuur of aan kiezelzuur (Bruin en ten Have) gebonden kalk. Langs grafischen weg (Bruin, 1942) is berekend, welke percentages van de toegediende kalk (en magnesia) na verloop van een bepaalden tijd in uitwisselbaren resp. in „vrijen” toestand in den grond aanwezig zijn resp. door uitspoeling verloren zijn gegaan. Door de zoo berekende percentages in een grafische voorstelling tegen den tijd van inwerking uit te zetten, krijgt men beelden, die voor de verschillende meststoffen karakteristiek zijn.

3. Vergelijking der voornaamste handelsmeststoffen.

De onderzochte meststoffen. — Verschillende kalk- en magnesiameststoffen uit den handel zijn in een aantal pot- en vakproeven op de boven beschreven wijze onderzocht, waarbij steeds dezelfde zure humeuze zandgrond gebruikt is. Het is niet mogelijk, de verkregen, zeer uitvoerige gegevens hier volledig op te nemen, maar getracht zal worden, aan de hoofdzaken zooveel mogelijk recht te doen wedervaren.

De voornaamste in het onderzoek opgenomen meststoffen waren:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. landbouwpoederkalk, | 5. magnesiakalkmergel, |
| 2. kalkmergel, | 6. magnesiamerigel, |
| 3. kalikiezelkalk, | 7. magnesiapoederkalk. |
| 4. hoogovenkiezelkalk, | |

Het kalk- en het magnesiagehalte en de bindingsvorm dier bestanddeelen loopen bij die stoffen sterk niteen: Bij landbouwpoederkalk heeft men voornamelijk te maken met calciumhydroxyde, bij kalkmergel met calciumcarbonaat; in kalikiezelkalk is de kalk (benevens iets kali) zoowel aan koolzuur als aan kiezelzuur gebonden. Bij hoogovenkiezelkalk gaat het vooral om aan kiezelzuur gebonden kalk en iets magnesia. Magnesiakalkmergel bevat in hoofdzaak calcium- en iets magnesiumcarbonaat, magnesiamerigel calcium- en magnesiumcarbonaat en magnesiapoederkalk calciumhydroxyde en magnesiumoxyde³⁾.

Er zij hier terstond op gewezen, dat voor snellere of langzamere inwerking op den grond behalve de chemische samenstelling de fijnheid der meststoffen eveneens een factor van groote beteekenis is. De fijnheid van poederkalk is over het geheel zeer gunstig, terwijl magnesiamerigel en hoogovenkiezelkalk aanmerkelijk grover plegen te zijn; van kalkmergel kan de fijnheid nogal uiteenloopen. Over het algemeen kan men zeggen, dat een product sneller werkt, naarmate het fijner is. Beneden zal hierop nader ingegaan worden.

De kalkmergel was afkomstig uit Zuid-Limburg; de kalikiezelkalk (merk „kencica”) van de Maastricht gevestigde cementindustrie, de hoogovenkiezelkalk (merk „silicakalk”) van de hoogovens te IJmuiden en de magnesiakalkmergel (merk „dolomietmergel”) uit de bij Winterswijk gelegen groeve. De landbouwpoederkalk, magnesiamerigel (fijngemalen dolomiet) en magnesiapoederkalk (gebrande en gebluschte dolomiet) waren uit het buitenland geïmporteerde producten.

Naast de juist genoemde is ook een aantal andere, deels minder gebruikelijke kalk- en magnesiameststoffen bij het onderzoek betrokken, nl. diverse kalkmergels, op verschillende wijzen gekoelde hoogovenkiezelkalk, magnesiakalkmergel (ook een product uit de Winterswijkse mergelgroeve), magnesiakalk, magnesiet en gebrande magnesia. Over de hiermede verkregen resultaten zal aan het eind van deze paragraaf in het kort iets medegedeeld worden.

Invloed op de pH van den grond. — In figuur 1 is grafisch voorgesteld, hoe de pH-stijging onder invloed van de middelste giften (zie paragraaf 2) der in aequivalente hoeveelheden toegediende meststoffen verandert met den tijd van inwerking. Daaruit is duidelijk te zien, dat de snelste en grootste stijging bereikt wordt met landbouwpoederkalk en magnesiapoederkalk

³⁾ Voor de gehalten en de fijnheid der afzonderlijke stoffen verg. de Lijst van Meststoffen, behorende bij het Meststoffenbesluit 1942.

(beide bestaande uit de hydroxyden en oxyden van calcium resp. magnesium), een geringe met magnesiakalkmergel, kalikiezelkalk en kalkmergel (alle drie als hoofdbestanddeel calciumcarbonaat bevattend), en de kleinste en langzaamste toeneming met magnesiameergel (waarin naast calcium- veel magnesiumcarbonaat voorkomt) en hoogovenkieselkalk (voornamelijk uit silicaten bestaande).

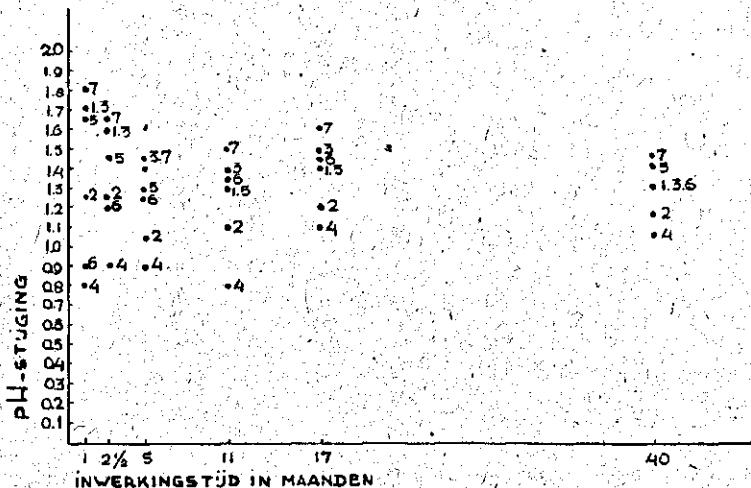


Fig. I. Stijging van de pH na bepaalde tijden onder invloed van aequivalente hoeveelheden van verschillende kalkmeststoffen (1. landbouwpoederkalk, 2. kalkmergel, 3. kalikiezelkalk, 4. hoogovenkieselkalk, 5. magnesiakalkmergel, 6. magnesiameergel, 7. magnesiapoederkalk).

Fig. I. Increase of pH of the soil after certain times as influenced by equivalent quantities of different liming materials (1. slaked lime, 2. ground limestone, 3. cement flue dust, 4. blast furnace slag, 5. dolomitic limestone, 6. ground dolomite, 7. magnesian slaked lime).

Uit de grafiek blijkt verder, dat de werking der verschillende meststoffen na verloop van tijd een zekere nivelleering vertoont. De hoogste pH-stijgingen gaan weer afnemen, terwijl de laagste langer een stijging blijven vertoonen.

Binding van de kalk in den grond. — De binding, die de kalk in den grond ondergaat, wordt behalve door de toeneming van de pH aangegeven door de stijging van het S-cijfer, dat immers een maat is voor de in het adsorptiecomplex uitwisselbaar gebonden basen. De samenhang, die bij bekalking tusschen de pH en het S-cijfer van den grond bestaat, blijkt voor de verschillende kalkmeststoffen niet veel te verschillen; op afwijkingen kan hier niet nader ingegaan worden. De toeneming van het S-cijfer na verloop van bepaalde tijden levert dan ook hetzelfde beeld op (zie figuur II) als de in figuur I gedemonstreerde pH-stijging, welke eveneens geldt voor de middelste meststofgiften.

Langs grafischen weg is nagegaan, welke percentages van de toegediende kalkmeststoffen na bepaalde tijden uitwisselbaar door den grond gebonden waren. De berekende waarden zijn tegen den tijd uitgezet. Bij wijze van voorbeeld zijn in figuur III de verschillende voor kalkmergel gevonden waarden door stippen aangegeven, waardoor de gemiddelde kromme getrokken is. In figuur IV zijn voor landbouwpoederkalk, kalkmergel (d.i. dezelfde kromme als in figuur III), magnesiameergel en hoogovenkieselkalk alleen de gemiddelde krommen getrokken. Ten overvloede zij er nog eens op gewezen, dat het een vergelijking betreft van handelsmeststoffen, welke voldoen aan de gestelde eischen van gehalte en fijnheid, maar dat hier de fijnheid niet speciaal in rekening gebracht wordt (verg. hiervoor de volgende paragraaf). Men ziet aan het verloop der kromme, dat poederkalk, die de kalk voornamelijk als hydroxyde bevat, snel en volledig werkt. Reeds na één maand is meer dan 90 % van de met deze meststof toegevoegde kalk

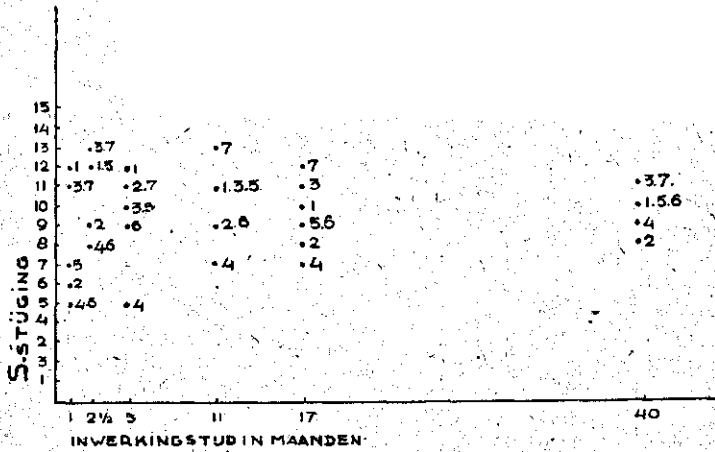


Fig. II. Stijging van het S-cijfer na bepaalde tijden onder invloed van aequivalente hoeveelheden van verschillende kalkmeststoffen (1. landbouwpoederkalk, 2. kalkmergel, 3. kaliekiezelskalk, 4. hoogovenkieszelskalk, 5. magnesiakalkmergel, 6. magnesiamergel, 7. magnesiapoederkalk).

Fig. II. Increase of S-number of the soil after certain times as influenced by equivalent quantities of different liming materials (for meaning of numbers see fig. I).

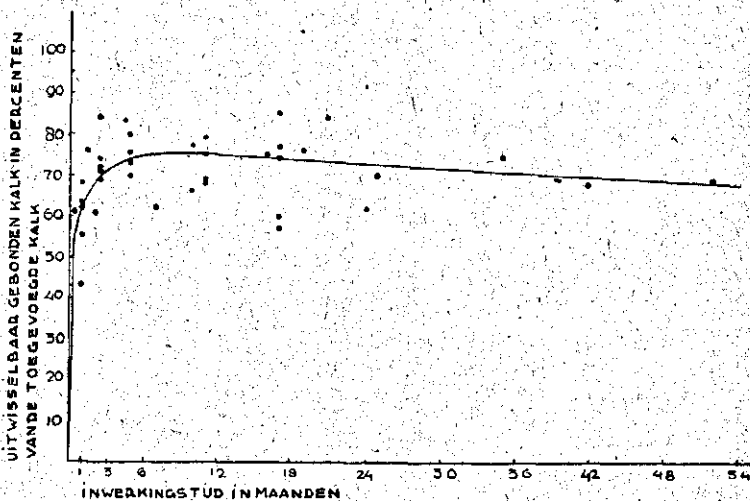


Fig. III. Kalk, na verloop van tijd uitwisselbaar gebonden, in procenten van de in den vorm van kalkmergel toegevoegde kalk (de afzonderlijk bepaalde waarden zijn aangegeven door stippen, waardoor de gemiddelde kromme getrokken is).

Fig. III. Lime exchangeably adsorbed to the soil after certain times, per cent. of lime added as ground limestone (separate determinations are represented by dots, through which an average curve has been drawn).

door den grond gebonden; na enkele maanden vermindert dat percentage geleidelijk weer iets, om na één jaar ongeveer 85 % te bereiken en zich de eerstvolgende jaren op een niveau van rond 80 % te handhaven. Kalkmergel, grotendeels uit calciumcarbonaat bestaande, geeft een langzamere werking te zien. Na één maand is 60 % van de in kalkmergel toegediende kalk gebonden, welk deel na één jaar tot bijna 75 % stijgt, om vervolgens een tijd lang op die hoogte te blijven en eerst na enkele jaren iets te dalen.

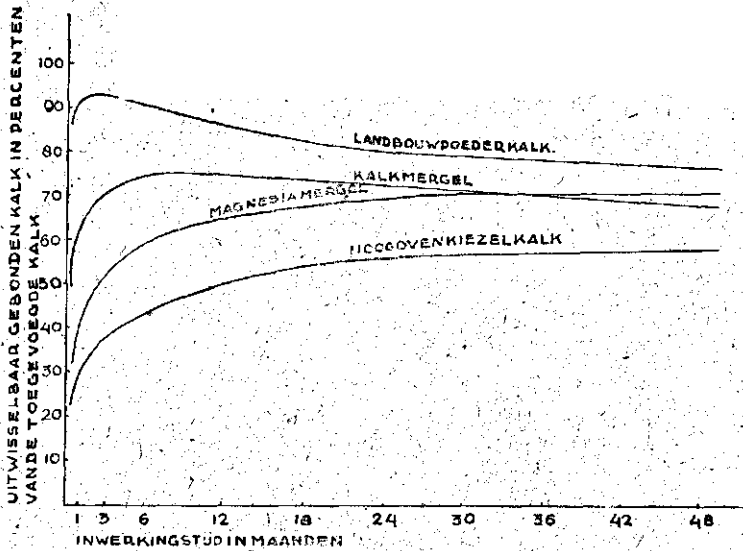


Fig. IV. Kalk, na verloop van tijd uitwisselbaar gebonden, in percenten van de resp. als landbouwoederkalk, kalkmergel, magnesiameergel en hoogovenkieselkalk toegevoegde kalk (gemiddelde krommen; die van kalkmergel is dezelfde als in fig. III).

Fig. IV. Lime exchangeably adsorbed to the soil after certain times, per cent. of lime added as slaked lime, ground limestone, ground dolomite and blast furnace slag (average curves; that of ground limestone is the same as in fig. III).

Een veel tragere werking vertoont hoogovenkieselkalk, waarin de kalk in hoofdzaak aan kiezelzuur gebonden is. Na één maand is slechts het derde deel van de kalk door den grond gebonden, na één jaar bijna de helft, terwijl na enkele jaren 60 % bereikt wordt ⁴⁾. De kromme voor magnesiameergel ligt tusschen die voor kalkmergel en die voor hoogovenkieselkalk; na één jaar is ongeveer 65 % van de gegeven kalk en magnesia ⁵⁾ in uitwisselbaren vorm aanwezig en na twee tot drie jaren wordt het niveau van kalkmergel ongeveer bereikt.

Van de overige drie meststoffen vertoont magnesiapoederkalk een werking, die met die van landbouwoederkalk vergelijkbaar is, terwijl magnesiakalkmergel en kaliekieselkalk zich bij kalkmergel aansluiten.

Behalve de uitwisselbaar gebonden kalk zijn ook bepaald de percentages van de toegediende kalk, welke na bepaalde tijden weer uit de bovenlaag (bouwvoor) verloren gegaan zijn. De hiervoor getrokken gemiddelde krommen van landbouwoederkalk en kalkmergel zijn opgenomen in figuur V. Bij kalkmergel treft men de grootste verliezen aan, die zooals boven reeds uiteengezet is, toegeschreven moeten worden aan het vrijkomen van veel koolzuur bij de reactie van calciumcarbonaat met den zuren humus; welk koolzuur vervolgens tot vorming van gemakkelijk naar den ondergrond uitspoelend calciumbicarbonaat aanleiding geeft. Het kalkverlies stijgt gedurende het eerste jaar na een bemesting met kalkmergel tot omstreeks 25 % van de toegevoegde hoeveelheid, om in de volgende jaren tot meer

⁴⁾ De hoogovenkieselkalk (merk „silicakalk”) was door de producenten, de hoogovens te IJmuiden, voor de proeven ter beschikking gesteld. Thans leveren zij een fijner product, dat vermoedelijk een wat gunstiger beeld, i.e. een iets hooger liggende kromme, te zien geeft. Maar ook bij gelijke fijnheid blijft de inwerking van aan kiezelzuur gebonden kalk duidelijk bij die van als carbonaat aanwezige kalk achter (zie paragraaf 4).

⁵⁾ In deze publicatie wordt niet ingegaan op de vraag, hoe snel de verschillende carbonaten (calcium- en magnesiumcarbonaat) afzonderlijk in den grond ontleed worden.

dan 30 % toe te nemen. Bij landbouwpoederkalk mag men het vrijkomen van veel minder koolzuur verwachten, en in overeenstemming daarmee zijn de kalkverliezen dan ook geringer. Na één jaar wordt een verlies van 15 % geconstateerd, dat na verder verloop van tijd tot ruim 20 % vermeerdert.

Hoogovenkieselkalk vertoont verliezen, die weinig verschillen van die, welke bij poederkalk gevonden zijn. Bij magnesiapoederkalk worden nog iets kleinere verliezen gevonden dan bij landbouwpoederkalk; bij magnesiakalkmergel en kaliekieselkalk zijn de verliezen van dezelfde orde van grootte als bij kalkmergel, bij magnesiamerigel zijn zij iets minder.

Tenslotte valt nog iets te zeggen over die gedeelten van de kalkgiften, welke na verloop van tijd niet uitwisselbaar gebonden, maar nog „vrij” (d.w.z. in den vorm van carbonaat of silicaat) in den grond aanwezig zijn. Van de meeste meststoffen bevat de grond na één jaar niets meer of nog slechts enkele procenten in vrijen toestand. Alleen van hoogovenkieselkalk en van magnesiamerigel worden na één jaar belangrijke hoeveelheden, soms 20 tot 30 % of meer, teruggevonden, welke nadien althans ten deele nog tot werking kunnen komen, daarbij overgaande in den uitwisselbaren toestand.

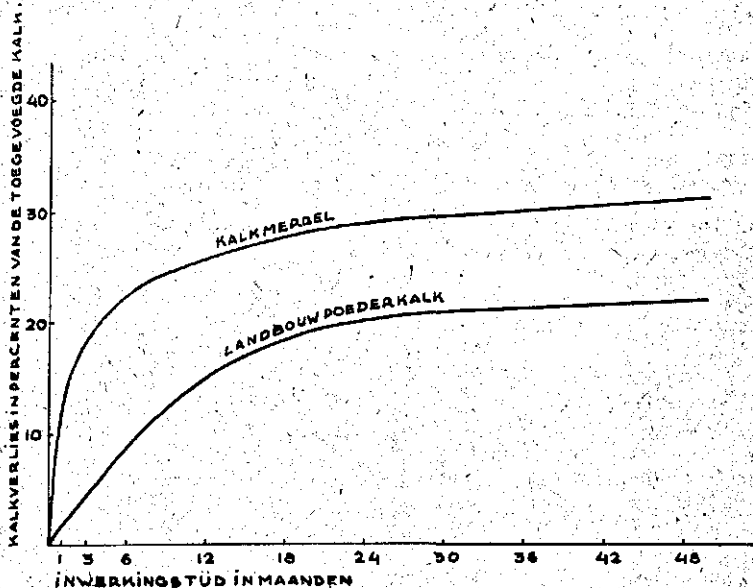


Fig. V. Kalkverliezen na verloop van tijd in procenten van de als kalkmergel en als landbouwpoederkalk toegevoegde kalk (gemiddelde krommen).
Fig. V. Losses of lime from the soil after certain times, per cent. of lime added as ground limestone and as slaked lime (average curves).

Wat de overige kalk- en magnesiameeststoffen aangaat, die behalve de zeven hierboven vrij uitvoerig besproken producten aan een onderzoek onderworpen zijn, zij kort het volgende vermeld. Bij kalkmergels van verschillende herkomst (ook uit het buitenland) bleken de resultaten wel wat te kunnen verschillen, hetgeen voornamelijk met de fijnheid verband houdt. Een drietal producten uit verschillende Zuid-Limburgsche mergelgroeven bleek in fijnheid en in overeenstemming daarmee in werkzaamheid iets te verschillen. Een kalkmergel uit Westfalen had bij gelijke fijnheid een iets snellere werking dan de Zuid-Limburgsche. Een door malen van harde kalksteen verkregen product is betrekkelijk grof en vertoont een minder gunstige werking. Van diverse soorten hoogovenkieselkalk, die bij de bereiding op verschillende wijzen gekoeld waren (met behulp van water resp. lucht), bleek ook bij gelijke fijnheid het met lucht gekoelde product het met water gekoelde in werkzaamheid te overtreffen. Magnesiakleimerigel, af-

komstig uit de Winterswijkse mergelgroeve, gaf hetzelfde beeld te zien als magnesiakalkmergel. Magnesiakalk, d.i. gebrande en fijngemalen dolomiet, vertoonde een iets betere werking dan magnesiAmergel, maar een geringere dan magnesiapoederkalk. Ook met de kalkvrije producten magnesiet (magnesiumcarbonaat) en gebrande magnesia (magnesiumoxyde) werden tamelijk goede resultaten verkregen; toepassing in de praktijk hebben deze echter niet gevonden, omdat naast een magnesiumgift toediening van kalk bijna altijd wenschelijk is. Voor overbemesting bij plotseling optredend magnesiumgebrek komen zij ook niet in aanmerking, omdat zij daarvoor te langzaam tot werking komen; in dergelijke gevallen is toediening van een oplosbare magnesiumverbinding (magnesiumsulfaat of patentkali) noodig.

Van de periodiek genomen grondmonsters is ook steeds het humusgehalte (gloeiverlies) bepaald. In landbouwkundige geschriften komt men nogal eens de opvatting tegen, dat een bekalking tot humusverlies aanleiding geeft, en dat poederkalk heftiger zou werken en een grooter verlies veroorzaken dan kalkmergel. Bij dit onderzoek is van een vernietiging van humus onder invloed van een bekalking bij dezen zuren, humeuze zandgrond evenwel niets gebleken; een verschil in werking tusschen de verschillende kalkmeststoffen is in dit opzicht evenmin geconstateerd⁹⁾.

4. Invloed van de fijnheid der meststoffen.

De invloed van de fijnheid op de inwerking van een kalkmeststof op een zuren, humeuze zandgrond is vooral bij kalkmergel vrij uitvoerig onderzocht, terwijl ook bij hoogovenkiezelkalk enkele proeven dienaangaande genomen zijn. Het onderzoek is op overeenkomstige wijze geschied, als in een vorige paragraaf beschreven is.

Invloed van de fijnheid van kalkmergel op de pH van den grond. — Voor het onderzoek zijn gebruikt de volgende fracties, die het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht door middel van draadzeven van verschillende maaswijdte (1, 0.6, 0.22 en 0.17 mm) uit een Zuid-Limburgsche kalkmergel uit den handel verkregen heeft:

| | | | |
|----------------|------|------------------------|------|
| a. 1—0.6 mm | 2 % | c. 0.22—0.17 mm | 11 % |
| b. 0.6—0.22 mm | 14 % | d. kleiner dan 0.17 mm | 68 % |

de 5 %-deeltjes, grover dan 1 mm, zijn niet nader onderzocht.

Volgens de chemische analyse verschilde het gehalte aan calciumcarbonaat dier fracties slechts enkele tiende percenten, en was dus als gelijk te beschouwen (gemiddeld 97 % CaCO_3).

In figuur VI is de pH-stijging onder invloed van de kalkmergel fracties na verloop van bepaalde tijden grafisch voorgesteld. Het is duidelijk te zien, dat de snelheid der inwerking in sterke mate afhankelijk is van de deeltjesgrootte; hoe fijner de fractie is, hoe sneller zij werkt. Na één jaar zijn de verschillen kleiner geworden, en na twee jaren hebben de grovere fracties den achterstand ingehaald, daarna schijnt zelfs onder bepaalde omstandigheden een kleine voorsprong van de grovere deelen mogelijk te worden, omdat een daarvan nog in den grond aanwezige hoeveelheid verder tot werking komt, terwijl bij de fijnere fracties niets meer in vrijen toestand aanwezig is en reeds weer verliezen kunnen optreden.

Binding van de kalkmergel fracties in den grond. — De toeneming van het S-cijfer vertoont een overeenkomstig beeld als de pH-stijging, zoodat van het opnemen van een grafiek daarvan is afgezien.

In figuur VII zijn de percentages der met de mergelfracties toegediende kalkhoeveelheden, die door den grond uitwisselbaar gebonden zijn, tegen den tijd uitgezet. Ook hier blijkt duidelijk, hoeveel langzamer de grovere kalkmergel op den grond inwerkt dan de fijnere deeltjes. Na één jaar is van de fractie, kleiner dan 0.17 mm, bijna 80 %, van die van 0.22—0.17 mm ongeveer 75 %, van die van 0.6—0.22 mm 70 % en van die van 1—0.6 mm slechts ruim de helft uitwisselbaar door den grond gebonden. Na twee jaren vertoonen de lijnen voor de beide grofste fracties nog een geleidelijke stij-

⁹⁾ Over deze kwestie zijn vele gegevens verzameld door C. Meyer †, welke nog onder diens naam gepubliceerd zullen worden.

ging, maar die voor de beide fijnste zijn dan al weer iets gedaald. De lijnen der drie fijnste fracties vallen tenslotte praktisch samen, maar die voor de grofste deelen, grooter dan 0.6 mm, blijft een achterstand vertoonen. De gemiddelde kalkmergelmakromme (zie figuur III) blijkt ten naasten bij met de lijn van de fractie 0.22—0.17 mm samen te vallen, hetgeen in verband met het hooge percentage deeltjes, kleiner dan 0.22 mm (bijna 80 %), niet te verwonderen is.

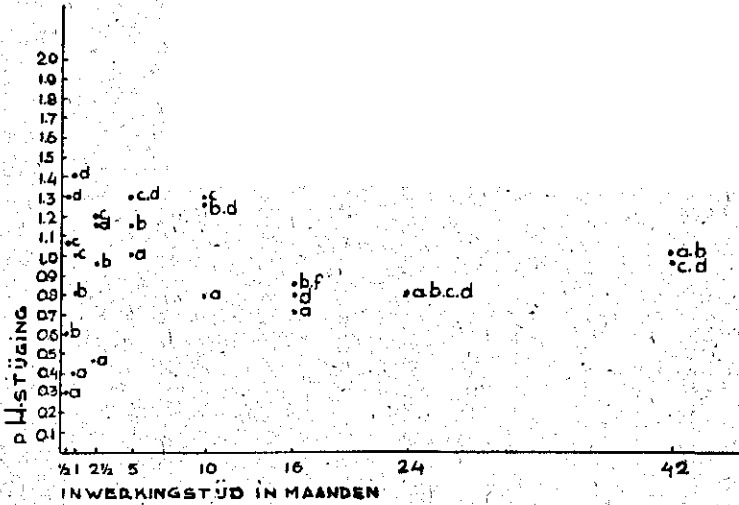


Fig. VI. Stijging van de pH na bepaalde tijden onder invloed van aequivalente hoeveelheden van verschillende kalkmergelfracties (a. 1—0.6 mm, b. 0.6—0.22 mm, c. 0.22—0.17 mm, d. kleiner dan 0.17 mm).

Fig. VI. Increase of pH of the soil after certain times as influenced by equivalent quantities of lots of different particle size of ground limestone (a. 1—0.6 mm, b. 0.6—0.22 mm, c. 0.22—0.17 mm, d. smaller than 0.17 mm).

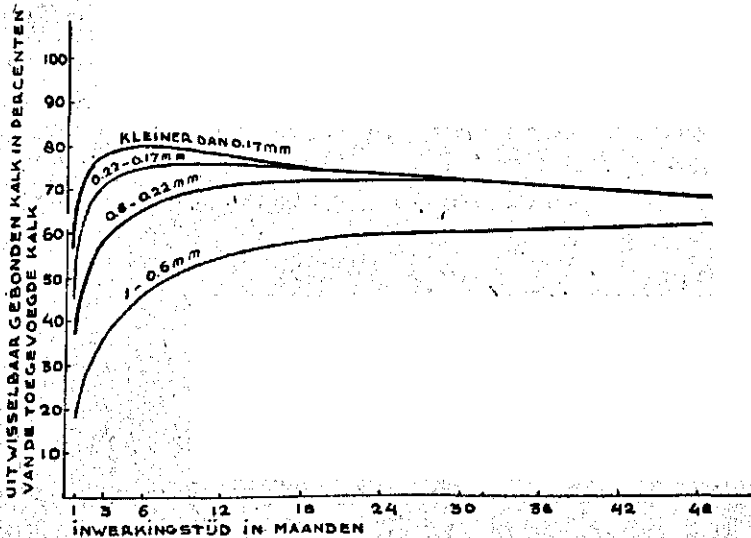


Fig. VII. Kalk, na verloop van tijd uitwisselbaar gebonden, in percenten van de in den vorm van verschillende kalkmergelfracties toegevoegde kalk (gemiddelde krommen).

Fig. VII. Lime exchangeably adsorbed to the soil after certain times, per cent. of lime added as lots of different particle size of ground limestone (average curves).

De kalkverliezen door uitspoeling naar den ondergrond ontlepen elkaar bij de verschillende fracties niet veel. Van meer belang zijn de percentages der toegediende hoeveelheden, welke na een bepaalden tijd nog „vrij” in den grond aanwezig zijn. Die zijn des te grooter, naarmate de fractie grover is, en spelen een rol bij de geleidelijke nawerking, die tenslotte tot een zekere nivelleering van de effecten der verschillende fracties leidt. Na één jaar is van de beide fijnste mergelfracties niets meer als zodanig terug te vinden, van de fractie van 0.6—0.22 mm zijn nog enkele percenten en van die van 1—0.6 mm niet minder dan 25 % aanwezig.

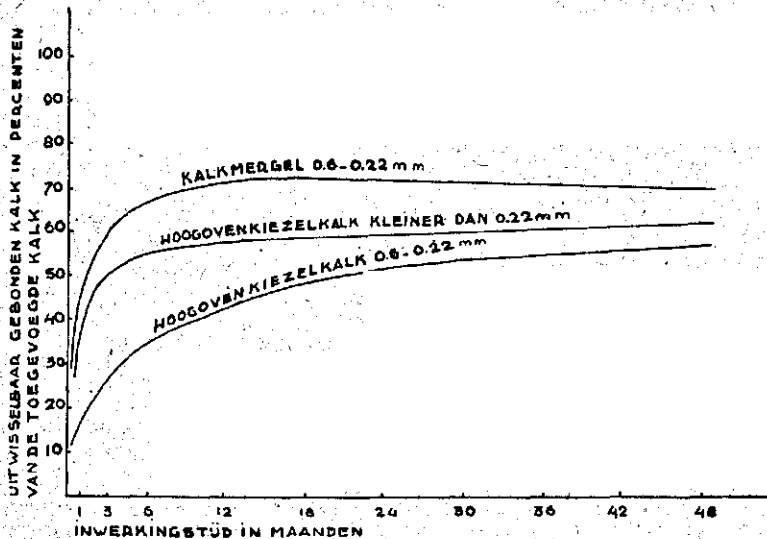


Fig. VIII. Kalk, na verloop van tijd uitwisselbaar gebonden, in percenten van de in den vorm van een tweetal hoogovenkieselkalkfracties toegevoegde kalk (gemiddelde krommen; die van de kalkmergelfractie 0.6—0.22 mm uit fig. VII is hier ter vergelijking overgenomen).

Fig. VIII. Lime exchangeably adsorbed to the soil after certain times, per cent. of lime added as lots of different particle size of blast furnace slag (0.6—0.22 mm and smaller than 0.22 mm; average curves), compared with ground limestone of 0.6—0.22 mm particle size (same curve as in fig. VII).

Invloed van de fijnheid bij hoogovenkieselkalk. — Van de hoogovenkieselkalk (merk „silicakalk”), afkomstig van de hoogovens te IJmuiden, zijn de door uitzeven verkregen fracties 0.6—0.22 mm en kleiner dan 0.22 mm onderzocht. In figuur VIII zijn de percentages, welke uitwisselbaar door den grond gebonden zijn, tegen den tijd uitgezet; als vergelijking is daarin bovendien opgenomen de kromme voor de kalkmergelfractie van 0.6—0.22 mm. Evenals bij de boven besproken kalkmergel geldt ook voor hoogovenkieselkalk, dat de inwerking op den grond des te sneller en vollediger is, naarmate het product fijner is. Hier blijkt echter bij vergelijking met de mergelkromme, die niet alleen boven de kieselkalkkromme van dezelfde fijnheid, maar ook boven die voor deeltjes, kleiner dan 0.22 mm ligt, nog eens duidelijk, dat de chemische samenstelling der kalkmeststoffen, i.c. de bindingsvorm van de kalk, eveneens grooten invloed op het resultaat uitoefent.

5. Conclusies.

De uitkomsten der onderzoekingen ter bepaling van de werkzaamheid van verschillende kalk- en magnesiameeststoffen, alsmede van den invloed van de fijnheid daarop, mogen hier nog eens kort worden samengevat.

Over het algemeen treedt als hydroxyde (resp. oxyde) gebonden kalk het snelst en volledigst met den grond in reactie. Het betreft hier de meststoffen landbouwpoederkalk en magnesiapoederkalk. Langzamer werkt als carboonaat gebonden kalk op den grond in. Het gaat hier om de verschillende mergels, in de eerste plaats kalkmergel, voorts magnesiakalkmergel en magnesiakleimergel, verder kaliekieselkalk (de kalk is hierin deels ook als

silicaat aanwezig), die zich alle in dit opzicht op ongeveer gelijke wijze gedragen. Aanmerkelijk trager werken echter door malen van harden kalksteen resp. dolomiet verkregen kalk- en magnesiameergel. De langzaamste werking op den grond vertoont de als silicaat gebonden kalk in hoogovenkieselkalk.

Wat de kalkverliezen uit de bouwvoor aangaat, die zijn het grootst bij de uit carbonaten bestaande meststoffen, hetgeen aan het vrijkomen van koolzuur bij de reactie met den zuren humus en aan de daardoor teweeggebrachte vorming van gemakkelijk oplosbare en uitspoelende bicarbonaten toegeschreven moet worden. Bij bemesting met poederkalk zijn de verliezen kleiner.

Bij het onderzoek naar den invloed van de fijnheid is gebleken, dat van de verschillende fracties van kalkmergel de werking des te sneller en vollediger is, naarmate de mergeldeeltjes fijner zijn. De fractie, kleiner dan 0.17 mm, vertoonde de beste werking; slechts weinig minder was die van de deeltjes van 0.22—0.17 mm. De fractie van 0.6—0.22 mm bleef in het begin vrij sterk bij de beide eerste achter, maar haalde na verloop van tijd den achterstand in. Van de deeltjes, grooter dan 0.6 mm, moet de werking echter onvoldoende worden geacht. Bij fracties van hoogovenkieselkalk werden overeenkomstige verschillen gevonden. Bij vergelijking van fracties van dezelfde deeltjesgrootte van kalkmergel en hoogovenkieselkalk kwam de snellere werking van de carbonaat bevattende mergel boven die van de uit silicaat bestaande kieselkalk duidelijk naar voren.

Voor de verschillende kalkmeststoffen zijn de na verloop van tijd uitwisselbaar gebonden kalkpercentages door *gemiddelde* krommen weergegeven. Het ware wellicht juist, dat door middel van een band of een bundel van lijnen te doen. Zoo zal b.v. de lijn voor een bijzonder fijne kalkmergel (in den handel veelal aangeduid als koolzure landbouwkalk) hooger liggen dan de gemiddelde mergelkromme.

Zoowel bij de afzonderlijke kalkmeststoffen als bij de fracties van een bepaalde meststof treden in het begin belangrijke en kenmerkende verschillen op; in beide gevallen komt op den duur een nivelleering tot stand, doordat de grovere producten resp. fracties geleidelijk ook tot werking komen. In de practijk wenscht men het beoogde effect echter binnen een redelijken tijd, waarvoor één jaar als norm mag gelden, bereikt te zien. Men kan de gedeelten van de toegevoegde kalkmeststof, welke gemiddeld na een bepaalde tijd in uitwisselbaren vorm door den grond gebonden zijn, voor de afzonderlijke kalksoorten als kenmerkende werkingscoëfficiënten beschouwen. Uit figuur IV laat zich b.v. aflezen, dat na één jaar de werkingscoëfficiënt van landbouwpoederkalk ongeveer $\frac{1}{6}$ en die van kalkmergel $\frac{3}{4}$ bedraagt. Voor de bekalking van een zuren, humeuzen zandgrond berekent men de toe te dienen hoeveelheid kalkmeststof uit den in het laboratorium bepaalden kalkfactor en het totale kalkgehalte van de meststof. Die berekende hoeveelheid moet ter bereiking van het verlangde effect echter nog met het omgekeerde van de werkingscoëfficiënt vermenigvuldigd worden. Van landbouwpoederkalk zal men dus ongeveer $1\frac{1}{5} \times$ en van kalkmergel $1\frac{1}{3} \times$ zooveel moeten nemen als het uit den kalkfactor en het kalkgehalte van de betreffende meststof berekende kwantum. Van hoogovenkieselkalk zal de toeslag nog grooter moeten zijn (verg. ook noot 4). De boven genoemde waarden zijn op te vatten als algemeene normen voor de gemiddelde handelskwaliteit der meststoffen. Heeft men te maken met een extra fijn product, dan kan met een geringeren toeslag volstaan worden; is de waar echter aan den groven kant, dan zal men een wat grooteren overmaat dienen te nemen.

Aanvankelijk is getracht, op grond van het verrichte onderzoek te komen tot een prijsvergelijking der verschillende kalkmeststoffen. Maar tenslotte is daarvan afgezien, omdat een dergelijke vergelijking door de schommelende prijzen der afzonderlijke stoffen geen blijvende waarde bezit en vooral omdat men die niet uitsluitend op de neutraliseerende werking der producten mag baseeren, maar daarbij ook wel degelijk met de nevenbestanddeelen rekening moet houden. Immers naast de kalk kan op magnesiumarme zandgronden de magnesia van meststoffen als magnesiakalkmergel, hoogovenkieselkalk e.a. van groote beteekenis zijn (bij de kaliekieselkalk kan de kali een rol spelen). Op een op eschgrond gelegen proefveld is b.v. gebleken, dat hoogovenkieselkalk ondanks het feit, dat zij de pH minder sterk verhoogde dan poederkalk en kalkmergel, toch een beter effect, tot uiting komende in een iets hoogere opbrengst van het gewas, vertoonde; dat zal zeer waarschijnlijk aan de erin voorkomende magnesia toegeschreven moeten worden (B r u i n, 1936).

Bij de keuze van de juiste kalkmeststof voor een zuren, humeuze zandgrond zal men zoowel de mate, waarin de grond naast kalkgebrek ook wellicht behoefte aan magnesia heeft, als de gehalten, den bindingsvorm van de kalk en magnesia, de fijnheid en den prijs van het product in aanmerking moeten nemen.

LITERATUUR.

- Brin, P.: Resultaten, verkregen met eenige kalkmeststoffen. *Korte Meded. Rijkslanb.proefst. Groningen* 55 (1936) en *Nieuwe Veldbode* 4, 10 (1936) 7.
- —: Kalkverliezen van de bouwvoor gedurende het eerste jaar na de bekalking van humuszandgronden. *Landbouwk. Tijdschr.* 54 (1942) 652.
- — en J. ten Have: De invloed van Thomasslakkenmeel resp. koolzure kalk op de pH en het V-cijfer van een zuren humusrijken zandgrond. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 47 (1941) 1035.
- Vries, O. de: Behandlung der Kalkfrage in den Niederlanden. *Bodenk. u. Pflanzenern.* 54/55 (1938) 305.

SUMMARY.

Lime in the form of hydroxyde (slaked lime) has the quickest and most complete effect on the soil. The influence of lime in the form of carbonate (ground limestone, also dolomitic limestone) is less quick, ground hard limestone and dolomite act still slower. The slowest effect on the soil has ground blast furnace slag containing lime in the form of silicate.

Losses of lime out of the upper layer of the soil are heaviest with dressings of liming materials consisting of carbonates, which is due to the carbonic acid getting free at the reaction between carbonate and acid humus and to the formation of soluble calcium bicarbonate leaching to the subsoil. With a dressing of slaked lime losses are smaller.

As for the degree of fineness of ground limestone, the effect of lots of different particle size is quicker and more complete, the finer the size of the particles. The lot smaller than 0.17 mm particle size has the best effect, that of the 0.22—0.17 mm size is at the beginning behind the first two, but after some time reaches about the same level. Of lots of a particle size greater than 0.6 mm the effectiveness is to be considered insufficient. With lots of different size of blast furnace slag analogous differences are found. Comparing however lots of equal particle size of ground limestone and of blast furnace slag the effect of the carbonate (limestone) appears to be much quicker than that of the lime in the form of silicate (slag).

The percentages of lime exchangeably adsorbed to the soil after certain times are represented by average curves for the different liming materials and for lots of different particle size of ground limestone and blast furnace slag (see the figures). These are characteristic for the materials containing the lime in different forms, though the course of the curves is also largely dependent on the degree of fineness. At the beginning there are considerable differences, which gradually tend to diminish.

In agricultural practice the desired effect should be obtained within a reasonable time, for instance one year. The parts of exchangeably adsorbed in proportion to added lime may be regarded as „activity values” for the different materials. So from fig. IV can be seen, that after one year this value for slaked lime is about $\frac{5}{6}$, for ground limestone $\frac{3}{4}$. The calculated quantity of lime needed to raise the pH of an acid sandy soil with a certain amount is therefore to be multiplied by the reverse of the above values. Of slaked lime $\frac{6}{5} \times$, of ground limestone $\frac{4}{3} \times$ the calculated quantity is to be used for liming the soil, of blast furnace slag still more.

In the described experiments other valuable elements next to lime (magnesia in dolomitic limestone or in blast furnace slag; potash in cement flue dust) are not dealt with, though their presence may be of great importance on soils deficient in the named elements.

At the choice of the right liming material for an acid sandy soil one has to look not only at the degree of lime (and magnesia) deficiency of the soil, but also to take into account the lime content, the form in which the lime is present (hydroxyde, carbonate or silicate), the degree of fineness and moreover the price of the different products.