

Voorziening van de Nederlandse akkerbouw- gewassen met sporenelementen

K. W. SMILDE,

In de Nederlandse akkerbouw zijn vooral de sporenelementen borium, koper, mangaan en molybdeen van belang; ijzer en zink zijn van geringere betekenis. Hieronder zal een uiteenzetting worden gegeven over de bodem- en bemestingsfactoren die van invloed zijn op het optreden van storingen in de voorziening met sporenelementen. Voorts zal de huidige stand van het grondonderzoek, in verband met de bestrijding of voorkoming van gebreks- en overmaatsziekten besproken worden.

BORIUM

Boriumgebrek kan voorkomen in bieten (hartrot), koolrapen (bruin in de knol), luzerne (vergeling, rozetvorming) en mogelijk in aardappelen en maïs. Algemene symptomen van boriumgebrek zijn: afsterving van het groeipunt; desintegratie van cambium en phloem (weefselwoekering); belemmering van het transport van assimilaten, waardoor deze accumuleren in het blad; onvolgende bloei en vruchtzetting.

Er bestaat een aanzienlijk verschil in boriumgehalte tussen de verschillende grondsoorten. Veën bevat meer borium dan zee- en rivierklei, terwijl zandgronden verreweg het laagste gehalte bezitten. Hiermee hangt nauw samen het optreden van boriumgebrek, dat vrijwel tot zandgronden en sommige zandige rivierkleigronden is beperkt. Opvallend is dat op de noordelijke zandgronden veel minder boriumgebrek voorkomt dan op de zuidelijke, hetgeen waarschijnlijk samenhangt met de over het algemeen lagere gehalten aan organische stof van de laatste (Lehr, 1940).

Bekalking van zure, humusrijke grond tot een pH (water) hoger dan 7 bevordert het optreden van boriumgebrek. De alkalische reactie, en niet de invloed van het calciumion, is daarbij essentieel. In vroegere onderzoeken (Reeve en Shive, 1944) werd gewezen op een verstoring van het Ca/B-evenwicht in de plant bij overmatige bekalking; thans wordt hieraan minder waarde toegekend (Oertli, 1961). Ook is gevonden dat een hoge kalibemesting boriumgebrek kan induceren, maar dit berust waarschijnlijk op een relatief boriumtekort.

Het staat wel vast dat borium onder invloed van bekalking gefixeerd kan worden, maar het is nog niet geheel duidelijk welke factoren hiervoor verantwoordelijk zijn. Chemische fixatie, in de vorm van calciumboraat, is onwaarschijnlijk aangezien deze boriumverbinding voor de plant beschikbaar is. Biologische fixatie is evenmin van betekenis, zoals blijkt uit het werk van Midgley en Dunklee (1939). Deze en andere onderzoekers schreven de vastlegging van

* Lezing gehouden voor de Nederlandse Bodemkundige Vereniging op 27 oktober 1964 te Wageningen.

borium toe aan organische stof. Scharrer, Kühn en Lüttmer (1956) achten de anorganische bodembestanddelen (kleimineralen en sesquioxiden) verantwoordelijk voor de fixatie. Hierbij wordt gedacht aan adsorptieve uitwisseling van hydroxyl tegen boraationen of aan vervanging van Al door B in het kristalrooster van kleimineralen.

Voor de bepaling van het voor de plant opneembare borium wordt een extractie met kokend water toegepast (Berger en Truog, 1944). Bij de biet werd door Henkens en Lehr (1959) een correlatie gevonden tussen het zgn. boriumwatergetal (mg B per kg grond) van de grond en het boriumgehalte van het blad. Als grenswaarde voor het optreden van hartrot werd een boriumwatergetal van 0,30 gevonden. In droge jaren bleek hartrot echter ook bij hogere waarden voor te komen. Voorlopig wordt voor zandgronden de *benedengrens* als basis voor het bemestingsadvies gehandhaafd om schade door boriumovermaat te voorkomen. Bij de opstelling van dit advies wordt stilzwijgend aangenomen dat een opbrengstvermindering ten gevolge van boriumgebrek samengaat met een optreden van de symptomen. In Engeland hecht men meer waarde aan gewasonderzoek als basis voor het bemestingsadvies dan aan grondonderzoek. De critical value bedraagt ongeveer 30 dpm B in het blad. Deze methode heeft echter het praktische bezwaar, dat een advies in vele gevallen pas gegeven kan worden wanneer bemesting geen effect meer heeft.

In de praktijk wordt veelal 20—25 kg borax per ha gegeven om hartrot te voorkomen. Dit is echter aanmerkelijk meer dan het gewas onttrekt en bij een goede verdeling van de meststof (menging met andere meststoffen) zou, in verband met de grote beweeglijkheid van borium in de grond, een veel lagere gift (bijv. 10 kg/ha) voldoende zijn (Henkens, 1962). Hierop berust de werking van chilisalpeter met 0,05 % B, waarvan een gift van 800 kg per ha hartrot in belangrijke mate vermindert of voorkomt. Bespuiting met borax is een andere mogelijkheid om de hoeveelheid laag te houden en daarmee de kans op schade door boriumovermaat in een volgend graangewas te verkleinen. In Engeland verkreeg men vooral in droge jaren hiermee gunstige resultaten. Door bespuiting op een tijdstip waarop de symptomen van boriumgebrek duidelijk zichtbaar waren (midden-juli), bleek schade niet meer voorkomen te kunnen worden.

In het voorgaande is reeds gewezen op de schadelijke nawerking van een te hoge bemesting met borium. Zeer gevoelig hiervoor zijn gerst en haver; bij aardappelen veroorzaakt boriumovermaat een daling van het onderwatergewicht en soms van de opbrengst. De schade zal verder afhankelijk zijn van de mate waarin borium in de grond achterblijft, waarbij regenval en grondsoort de bepalende factoren zijn.

KOPER

Onder Nederlandse omstandigheden komt kopergebrek vrijwel uitsluitend voor bij granen, waarvan vooral tarwe gevoelig is; gerst en haver zijn minder gevoelig, terwijl rogge tamelijk ongevoelig is voor kopergebrek. In zijn acute

vorm (ontginningsziekte) komt kopergebrek weinig meer voor. Sterker verbreid is daarentegen de latente vorm: een onvoldoende korrelzetting die vaak gepaard gaat met slechte afrijping die tot oogstderving leidt, zonder dat aan het gewas veel te zien is.

Veel minder gevoelig voor kopergebrek zijn hakvruchten. Bij aardappelen wordt door de bestrijding van *Fytoftora* de kopervoorziening op peil gehouden. Voor zover bekend, treedt in ons land weinig latent kopergebrek op in aardappelen. In Amerikaanse publikaties wordt echter herhaaldelijk gewezen op de gunstige werking van bespuiting met kopersulfaat, ook bij afwezigheid van een infectie door *Fytoftora* (van Alphen, 1957).

Kopergebrek komt voor op humeuze zand- en ontginningsgronden (heide, veen) gekenmerkt door hoge gehalten aan organische stof. Verschillende onderzoekers (o.a. Mulder, 1938) zijn van mening dat koper wordt vastgelegd door organische stof, waarbij vooral zwarte heidehumus een sterk fixerend vermogen voor koper heeft. Kopergebrek komt echter ook op zandgronden met lage humusgehalten voor als gevolg van een absoluut tekort aan dit element.

In het algemeen verergert bekalking kopergebrek, maar ook zeer lage pH waarden ($\text{pH-water} \leq 4$) bevorderen het optreden ervan. Bij een ruime stikstofbemesting neemt ook de koperbehoefte toe. In droge zomers is de schade tengevolge van kopergebrek groter dan in natte.

Voor de bepaling van het voor de plant beschikbaar koper wordt de grond extraheerd met 0,4 N salpeterzuur; het kopergehalte in mg per kg grond wordt aangeduid als Cu-HNO_3 -getal. Uit de resultaten van uitgebreide pot- en veldproeven (Henkens, 1962) is gebleken dat voor tarwe het Cu-HNO_3 -getal 4 en voor haver 3 moet zijn om optimale opbrengsten te verkrijgen. Volgens Henkens (1957) voldeden belangrijke gedeelten van de oostelijke en zuidelijke zandgronden niet aan deze normen, zodat aangenomen mag worden dat de kopertoestand in deze streken ook thans nog te wensen overlaat. Het betreft hier met name het oostelijke deel van het Overijsselse zandgebied, de Graafschap, IJsselstreek, Lijmers, Rijk van Nijmegen, de zandgronden in het oostelijk deel van Noord-Brabant en op Texel. De lage kopertoestand in deze gebieden veroorzaakt waarschijnlijk op vele percelen opbrengstverliezen van haver en remt hier misschien de uitbreiding van de verbouw van tarwe. De Drentse zandgronden zijn over het algemeen beter van koper voorzien, terwijl de kopergehalten in de veenkoloniën, waar de ontginningsziekte het eerst werd waargenomen, de hoogste van het land zijn.

Het bemestingsadvies is gebaseerd op de resultaten van grondonderzoek. Bij een $\text{Cu-NH}_4\text{NO}_3$ -getal lager dan 3 wordt 50 kg kopersulfaat (24 % Cu) of 300—500 kg koperslakkenbloem (1,5 % Cu) geadviseerd, bij een waarde van 3—4 resp. 25 en 250 kg per ha. Er wordt met die giften veel meer koper ($300 \times$) aan de grond toegediend, dan het gewas onttrekt. Dit hangt samen met de geringe beweeglijkheid van dit element in de grond. Een zeer groot deel van het koper in de grond is niet direct voor het gewas beschikbaar. Gevaar voor overmaat, zoals bij borium, is daardoor onder Nederlandse omstandigheden vrijwel niet aanwezig. Naarmate de verdeling van de kopermeststof beter is, zou ook

hier misschien met kleinere hoeveelheden kunnen worden volstaan. Men mag rekenen op een nawerking van ten minste vijf jaar.

MANGAAN

Mangaangebrek komt in Nederland tamelijk veel voor, met name bij granen (veenkoloniale haverziekte), waarvan rogge het minst gevoelig is, voorts bij bieten, aardappelen, erwten (kwade harten) en bonen.

Deze gebreksziekte komt voor op de kalkrijke zavel- en kleigronden waar de pH van nature hoog is, zoals in Noord-Groningen, Noord-Friesland, de Noord-oost- en Anna Paulownapolder, de Wieringermeer en de Haarlemmermeer, de Biesbosch, Zeeuws Vlaanderen enz. Op diluviale zandgronden, die van nature een lage pH hebben, treedt mangaangebrek alleen plaatselijk op, wanneer door overbalking de pH-KCl boven 5,4 is gestegen.

Voor de karakterisering van de mangaantoeestand is de hoeveelheid uitwisselbaar mangaan weinig geschikt (de Groot, 1957). Onder Nederlandse omstandigheden werd geen verband gevonden tussen het voorkomen van mangaangebrek bij granen en bieten en het gehalte uitwisselbaar mangaan van de grond. Op mariene zavel- en kleigronden die minder dan 2½ % organische stof bevatten, bleek de hoeveelheid gemakkelijk reduceerbaar mangaan, bepaald door extractie met N neutraal ammoniumacetaat met 0,2 % hydrochinon, een maat te zijn voor het optreden van mangaangebrek. De grenswaarde bedraagt op deze gronden ± 65 dpm Mn. Bij hogere humusgehalten is mangaangebrek ook bij gehalten van 100 of meer dpm reduceerbaar mangaan niet uitgesloten. Dit wordt verklaard door binding van mangaan aan organische stof, waarbij de ontledingstoestand (C/N-quotient) van de laatste een belangrijke rol speelt (de Groot, 1957 en 1963).

Op diluviale zandgronden die gewoonlijk minder dan 60 dpm reduceerbaar mangaan bevatten, wordt het optreden van mangaangebrek uitsluitend bepaald door de pH. Boven een pH-KCl van 6,2 komt mangaangebrek algemeen voor, terwijl boven 5,4 de kans op het optreden ervan aanwezig is.

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat de bestrijding van mangaangebrek op diluviale zandgronden veel eenvoudiger is dan op mariene zavel- en kleigronden. Bij de eerste categorie kan de ziekte worden voorkomen door de pH niet boven 5,4 te laten stijgen. Bestrijding vindt plaats door bemesting met mangaansulfaat of door gebruik van fysiologisch zure meststoffen.

Op mariene zavel- en kleigronden heeft bemesting met mangaansulfaat weinig effect, omdat tweewaardig mangaan snel wordt geoxideerd of door organische stof vastgelegd. Evenwel is gebleken dat door toediening van grote hoeveelheden mangaansulfaat (tot 600 kg/ha) een opbrengstverhoging bij aardappelen en bieten bereikt kan worden op sommige gronden in de Wieringermeer (Henkens, 1959). Uit potproeven is bekend dat op humusarme gronden door toediening van grote hoeveelheden mangaansulfaat het gehalte aan reduceerbaar mangaan kan worden verhoogd. Wanneer niet gerekend mag worden op een nawerking van enige jaren, is deze investering echter te kostbaar. Dit geldt met name voor humusrijke gronden, waar het reduceerbare mangaan geen

maat is voor de mangaantoestand. Over de toepassing in de praktijk van moeilijk oplosbare, dus stabiele mangaanverbindingen (oxiden, silicaten) is nog onvoldoende bekend. De werking zal tevens afhankelijk zijn van het gewas; wikke kan bijv. gemakkelijker mangaan opnemen dan haver (Bromfield, 1958). In Engeland heeft men op gronden waar bemesting met mangaansulfaat alleen niet effectief was, opbrengststijgingen bij erwten en granen kunnen verkrijgen door gelijkrijdige toediening van mangaansulfaat en superfosfaat (Rose en Dermott, 1962).

Omdat bemesting van mariene zavel- en kleigronden in Nederland kostbaar is en wisselende resultaten geeft, moet aan bespuiting met mangaansulfaat (1000 l per ha, 1½ % oplossing) de voorkeur gegeven worden. Uit proeven met radioactieve mangaan-isotopen is bekend dat in bieten, granen en erwten mangaan slechts in geringe mate van het ene blad naar het andere verplaatst wordt (Henkens en Jongman, in voorbereiding). Dit betekent dat een profylactische bespuiting op een tijdstip dat gebrekssymptomen nog afwezig zijn, van weinig betekenis is. De beste resultaten bij granen worden verkregen door te spuiten wanneer de gebrekssymptomen algemeen verspreid voorkomen. Het verdient aanbeveling de bespuiting enige weken later te herhalen, omdat bladeren die na de eerste bespuiting gevormd zijn, hiervan weinig profiteren. Dit geldt met name voor bieten waarvan de opbrengst in veldproeven nauwelijks verhoogd werd door slechts één maal te spuiten (Henkens, 1962). Overigens is het bij dit gewas niet zeker of een of meer bespuitingen, ook al verdwijnen hierdoor de symptomen van mangaangebrek, zullen leiden tot verhoging van de opbrengst. Bij erwten geeft een bespuiting tijdens de volle bloei, gevolgd door een aan het eind van de bloei, het beste resultaat.

Resumerend kan gezegd worden dat mangaangebrek bestreden wordt door bespuiting met mangaansulfaat op het tijdstip dat zich gebrekssymptomen voordoen. Het grondonderzoek op mangaan wordt (nog) niet gebruikt bij het bemestingsadvies. Overigens zijn aan deze wijze van bestrijding wel enige bezwaren verbonden. De resultaten zijn nogal wisselend; bespuiting bij een ongunstige weersgesteldheid geeft verbranding en de methode is arbeidsintensief, omdat de behandeling herhaald moet worden.

Op zure, diluviale gronden met pH-water lager dan 5,5 moet volgens Middelburg (1957) rekening worden gehouden met mangaanovermaat in daarvoor gevoelige gewassen, zoals bonen, luzerne en koolzaad. Granen en aardappelen (met uitzondering van het ras Noordeling) zijn tamelijk ongevoelig voor mangaanovermaat. Bij Noordeling lijken de symptomen van overmaat veel op die van magnesiumgebrek. In proeven van Löhnis (1952) is gebleken dat magnesium de opneming van mangaan vermindert en zo de schadelijke werking van een overmaat mangaan bij dit aardappelras tegengaat. Hetzelfde kan bereikt worden door bekalking of toediening van fysiologisch alkalische meststoffen. De vroegere stelling dat mangaanovermaat identiek is met ijzergebrek, is niet houdbaar gebleken. Beide verschijnselen zijn verschillend: ijzergebrek treedt vooral op in de jonge, mangaanovermaat in de oude bladeren ('lower leaf necrosis').

Molybdeengebrek komt in Nederland voor op ijzeroer bevattende zand- en veengronden met een wisselend slibgehalte en pH-KCl lager dan 5,4, die vooral langs de beekjes in de oostelijke provincies worden aangetroffen. Een slechte fosfaattoestand bevordert het optreden van molybdeengebrek, evenals overmaat mangaan. Op gewone zand- en dalgronden komt gewoonlijk geen molybdeengebrek voor, behalve op percelen die bevoeid worden met afvalwater van aardappelmeelfabrieken (Henkens, 1957).

Van de akkerbouwgewassen zijn, behalve de leguminosen (klavers, luzerne en erwten), bieten en in mindere mate rogge, haver en tarwe gevoelig voor molybdeengebrek. Bij vlinderbloemigen uit het gebrek zich als stikstofgebrek, aangezien de fixatie van stikstof uit de lucht door de wortelknolletjesbacteriën stagneert. Molybdeen speelt bovendien een belangrijke rol in de nitraatreductie. Planten met molybdeengebrek hebben dan ook een hoog nitraat- en een laag eiwitgehalte.

Over de werking van molybdeen in combinatie met stikstofmeststoffen is in Australië veel onderzoek verricht (Anderson, 1956). Bij vlinderbloemigen was de werking van molybdeen groter, wanneer geen stikstofmeststoffen werden toegediend. In de plant bleek in dat geval zowel de eiwit- als de nitraatfractie te stijgen. Bij niet-leguminosen, bijv. vlas, was daarentegen de werking van molybdeen groter, wanneer gelijktijdig stikstof werd gegeven. In het gewas bleek dan de eiwitfractie te zijn gestegen en de nitraatfractie gedaald.

In Nederland heeft Mulder (1954) de fosfaatmolybdeen-interacties bestudeerd. Op fosfaatarme gronden bleek molybdeen de reactie van bloemkool op fosfaat te verminderen. Bij gelijktijdige toediening van molybdeen kon de fosfaatgift belangrijk verminderd worden. Omgekeerd kon bij hoge fosfaatgiften (300 à 500 kg P_2O_5 per ha) molybdeengebrek vrijwel opgeheven worden; in de praktijk zou dit echter niet rendabel zijn. Analoge effecten worden in sommige gevallen verkregen door bekalking. Molybdeengebrek kan opgeheven worden door bekalking, aangezien het element bij een hogere pH beter beschikbaar is voor de plant, terwijl bij leguminosen bovendien de wortelknolletjes beter tot ontwikkeling komen. Voorts is in Australië gevonden dat bij een kleine molybdeengift belangrijk op bekalking bezuinigd kon worden.

Nader onderzoek zal nog moeten uitmaken beneden welk gehalte aan molybdeen in de grond molybdeengebrek zal optreden.

Voor de bestrijding van molybdeengebrek moet de voorkeur gegeven worden aan verhoging van de pH. Wanneer dit niet gewenst of te duur is, kan 2—4 kg natriummolybdaat per ha, vermengd met andere meststoffen of met zand, gegeven worden. Giften van meer dan 10 kg per ha zijn waarschijnlijk reeds nadelig, omdat het molybdeengehalte van het gewas te hoog wordt, zodat het vee er schade van kan ondervinden. Er moet rekening gehouden worden met een nawerking van 3 tot 10 jaar. In acute gevallen is bespuiting met een 0,05 % oplossing van natriummolybdaat (500 l per ha) op zijn plaats.

IJZER

Ijzergebrek is in de Nederlandse landbouw niet van grote betekenis. Soms wordt het aangetroffen op onvoldoende bekalkte of slecht ontgonnen dalgronden (onvoldoende bezanding van de bonkaarde). Ijzergebrek gaat in dergelijke gevallen vaak samen met molybdeengebrek; bij pH-KCl beneden 3,3 overheerst ijzergebrek, bij hogere waarden molybdeengebrek. In Duitsland wordt gesproken van 'Säureschäden' (Brandenberg, 1960). Zowel ijzer als molybdeengebrek veroorzaken een chlorotische streping in rogge en haver; de symptomen zijn niet altijd gemakkelijk van elkaar te onderscheiden. In potproeven is gebleken dat ijzergebrek doeltreffend met ijzerchelaten bestreden kan worden. Om economische redenen is dit echter in de praktijk niet uitvoerbaar en zal de voorkeur gegeven worden aan bekalking, waarmee zowel ijzer- als molybdeengebrek opgeheven kunnen worden.

ZINK

Zinkgebrek is tot nu toe niet waargenomen in Nederlandse landbouwgewassen. Wel zijn gevallen van zinkovermaat bekend op percelen langs de Dommel (Noord-Brabant) en de Neer (Limburg), die vroeger bevoeid werden met water uit deze riviertjes (Henkens, 1961). In deze beken wordt door metallurgische bedrijven en zinkwitfabrieken in Noord-Brabant en België nogal wat zink geloosd. Ook op percelen langs rijwielpaden verhard met sintels van deze fabrieken, treedt schade op. Bij bieten veroorzaakt zinkovermaat een sterke groeiremming en symptomen van ijzergebrek. Bij haver doet het verschijnsel aan mangaangebrek denken. Zinkovermaat kan doeltreffend bestreden worden door gekalking, maar gezien de benodigde hoeveelheden, levert dit bezwaren op, terwijl er bovendien een kans bestaat op mangaangebrek. Aangezien de verticale verplaatsing van zink in de grond niet groot is, zal in sommige gevallen diepploegen de voorkeur verdienen. In proeven bleek dat toediening van ijzerchelaten de chlorose deed verdwijnen, maar het uiterlijk van de planten bleef gedrongen.

Hoewel in het voorgaande in hoofdzaak gesproken is over gebreksziekten, mag hieruit niet geconcludeerd worden dat overmaatsziekten van geringe betekenis zijn. Het is niet onmogelijk dat de belangstelling meer in de richting van de laatste zal verschuiven. Hierbij kan gedacht worden aan de toepassing van metalen in bestrijdingsmiddelen, aan de water- en luchtverontreiniging in de omgeving van industrieën (bijv. fluorschade) enz., maar het zou te ver voeren hier thans op in te gaan.

LITERATUUR

- Alphen, Th. G. van : Bespuiting met koper op verschillende gewassen. Lit. overzicht no. 20 (1957) Centrum Landb. documentatie, 65 blz.
Anderson, A. J. : Molybdenum as a fertilizer. *Adv. Agron.* 8 (1956) 163—202.
Berger, K. C. and E. Truog : Boron tests and determination for soils and plants. *Soil Sci.* 57 (1944) 25—36.

- Brandenberg, E.: Neue Ergebnisse über Molybdänmangel an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. *Ergebnisse landwirtsch. Forsch. Landwirtsch. Fakultät Justus Liebig-Universität, Gießen* 3 (1960) 107—133.
- Bromfield, S. M.: The solution of γ MnO_2 by substances released from soil and from the roots of oats and vetch in relation to manganese availability. *Plant and Soil* 10 (1958) 147—160.
- Groot, A. J. de: Mangaangebrek in Nederland. *Landbk. Tijdschr.* 69 (1957) 564—573.
- Groot, A. J. de: Mangaantoeestand van Nederlandse en Duitse holocene sedimenten in verband met slibtransport en bodemgenese. *Versl. Landbk. Onderz.* 69.7 (1963) 164 blz.
- Henkens, Ch. H.: Onderzoek over molybdeengebrek. *Landbouwwoorl.* 14 (1957) 213—217.
- Henkens, Ch. H.: De kopertoestand van het bouwland in Nederland. *Landbouwwoorl.* 14 (1957) 629—633.
- Henkens, Ch. H.: Bestrijding van mangaangebrek door bemesting van de grond. *Landbk. Tijdschr.* 71 (1959) 17—21.
- Henkens, Ch. H.: Zinkovermaat op bouwland. *Landbk. Tijdschr.* 73 (1961) 917—926.
- Henkens, Ch. H.: Bemestingsbeleid ten aanzien van sporenelementen. *Landbk. Tijdschr.* 74 (1962) 691—707.
- Henkens, Ch. H.: Bedeutung des Kupfers für Ackerbau und Grünland. *Landw. Forsch.* 16 Sonderheft (1962) 56—65.
- Henkens, Ch. H.: Manganmangel und dessen Beseitigung. *Landw. Forsch.* 16 Sonderheft (1962) 66—71.
- Henkens, Ch. H. en E. Jongman: Verplaatsing van mangaan in de plant en de consequenties hiervan in de praktijk. *Neth. J. agric. Sci.*
- Henkens, Ch. H. en J. J. Lehr: Borium op bouwland. *Landbouwwoorl.* 16 (1959) 339—344.
- Lehr, J. J.: De betekenis van borium voor de plant. *Diss. Utrecht* (1940) 193 blz.
- Löhnis, M. P.: Injury due to excess of manganese to potatoes. *Tijdschr. Plantenziekten* 58 (1952) 215—219.
- Middelburg, H. A.: Bemesting en mangaanvergiftiging. *Landbk. Tijdschr.* 69 (1957) 766—770.
- Midgley, A. R. and D. E. Dunklee: The effect of lime on the fixation of borates in soils. *Soil Sci. Amer. Proc.* 4 (1939) 302—307.
- Mulder, E. G.: Over de betekenis van koper voor de groei van planten en micro-organismen, in het bijzonder een onderzoek naar de oorzaak van ontginningsziekte. *Landbk. Tijdschr.* 50 (1938) 898—902.
- Mulder, E. G.: De betekenis van molybdeen als sporenelement in het bijzonder in verband met de stikstofvoeding van land- en tuinbouwgewassen. *Stikstof* 3 (1954) 85—96.
- Oertli, J. J.: Der Einfluss von Kalium und Calcium (sowie anderer Erdalkalitionen) auf die Borernährung von Pflanzen. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenk.* 94 (1961) 1—8.
- Reeve, E. and J. W. Shive: Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. *Soil Sci.* 57 (1944) 1—14.
- Rose, T. H. and W. Dermott: Micronutrient deficiencies in arable crops in Romney Marsh. II. Manganese deficiency in peas and cereals. *Emp. J. Expt. Agric.* 30 (1962) 263—275.
- Scharrer, K., H. Kühn and J. Lüttmer: Untersuchungen über die Bindung des Bors durch anorganische Bodenbestandteile. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenk.* 73 (1956) 40—48.