

631.811.9 = 631.816

SEPARAAT  
No. 23496

# Bemestingsbeleid ten aanzien van sporenelementen

CH. H. HENKENS,

*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen*

BIBLIOTHEEK  
INSTITUUT VOOR  
BODEMVRUCHTBAARHEID  
GRONINGEN

Overdruk uit het Landbouwkundig Tijdschrift  
74ste jaargang no. 16, september 1962

# Bemestingsbeleid ten aanzien van sporenelementen

CH. H. HENKENS,

*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen*

## INLEIDING

De bemesting met sporenelementen komt steeds meer in de belangstelling te staan. In verband hiermee komt de vraag naar voren op welke wijze deze bemesting het best kan worden toegepast. Deze vraag is door verschillende industrieën reeds in zoverre beantwoord dat er speciale meststoffen met sporenelementen worden vervaardigd. Bij de bespreking van het beleid van de bemesting met sporenelementen kan men vier mogelijkheden onderscheiden:

1. Sporenelementen in de vorm van zgn. zuivere zouten, t.w. kopersulfaat, mangaansulfaat, borax, zinksulfaat, kobaltsulfaat, ammoniummolybdaat resp. meststoffen met te vergelijken gehalten.
2. Mengsels van sporenelementen met bepaalde daarvoor in aanmerking komende waren.
3. Meststoffen (mengmeststoffen of andere) waaraan kleine hoeveelheden sporenelementen zijn toegevoegd.
4. Meststoffen waarin kleine hoeveelheden sporenelementen als verontreinigingen of nevenbestanddelen voorkomen.

Als voordelen van meststoffen waaraan kleine hoeveelheden sporenelementen zijn toegevoegd, worden genoemd dat langs deze weg een evenwicht in de sporenelementenbalans ontstaat, dat er geleidelijk door geregelde toediening minder kans bestaat op volledige vastlegging van de sporenelementen in de grond en dat de verschillende sporenelementen elkaar gunstig zouden beïnvloeden. Dezelfde argumenten worden wel aangevoerd voor het gebruik van mengsels van sporenelementen. Door het gebruik van de betrekkelijk grote hoeveelheden zuivere zouten in één keer zouden de drie genoemde factoren juist ongunstig worden beïnvloed. Als belangrijkste voordeel wordt echter altijd genoemd dat als alle sporenelementen in kleine hoeveelheden en in de 'juiste' onderlinge verhouding worden toegediend, de plant harmonisch gevoed wordt. Hierbij wordt stilzwijgend aangenomen dat de samenstelling van een plant aan enge verhoudingen is gebonden. Bovendien wordt vergeten dat de grond een grote invloed heeft op de opneembaarheid van een element door de plant. Verder stellen de plantesoorten zeer verschillende eisen.

Bij de bespreking van de voor- en nadelen van een bepaald bemestingsbeleid moet allereerst de vraag worden gesteld waarom men met sporenelementen bemest. Het antwoord op die vraag zal in de eerste plaats luiden dat dit geschiedt om opbrengstverliezen te voorkomen. Dit betekent dat zoveel van het

desbetreffende element moet worden gegeven, dat het tekort wordt opgeheven en bovendien geen schade door overmaat optreedt. De vraag hoeveel gegeven moet worden, kan van twee kanten worden benaderd, nl.

- a. Van de kant van de behoefte van de plant. Dit is echter bezwaarlijk omdat deze behoefte sterk afhangt van het milieu.
- b. Van de kant van de bodemvruchtbaarheid. Hiervoor is echter een methode om deze te meten nodig. Gelukkig zijn wij voor verschillende elementen in het bezit van methoden van grondonderzoek. In andere gevallen zou men zich kunnen laten leiden door het optreden van gebreksverschijnselen.

In het volgende worden de bemesting en het bemestingsbeleid ten aanzien van de verschillende elementen besproken. Bovendien wordt nagegaan welke eisen aan de verschillende meststoffen gesteld moeten worden en of bemesting met verschillende sporenelementen tegelijk gewenst is.

#### BORIUM

Borium is zeer beweeglijk in de grond. Dit heeft tot gevolg dat een bemesting met borium snel effectief is, maar dat door uitspoeling de nawerking van een bemesting gering is. Bij uitspoelingsproeven van Krügel, Dreyspring en Lotthammer (1938) bleek dat op lichte gronden (hier komt boriumgebrek het meest voor) het toegediende borium door een hoeveelheid water overeenkomende met de neerslag van een jaar, voor  $\frac{3}{4}$  wordt uitgespoeld. Zelfs op een humeuze, kleiige leemgrond werd al het toegevoegde borium door een hoeveelheid water overeenkomende met de neerslag van  $2\frac{1}{2}$  jaar, volledig uitgespoeld. De praktijk is gewend 20 à 25 kg borax per ha (met minimaal 10 % in water oplosbaar borium) te gebruiken om hartrot te voorkomen. Hoewel men tot deze hoeveelheden gekomen is op grond van proefvelden en van ervaring, zijn wij van mening dat deze hoeveelheid borium veel te hoog is.

Het is nl. te verwachten, dat de toevoer van een element dat zeer beweeglijk is in de grond, niet veel groter hoeft te zijn dan de onttrekking door het gewas. Door de goede oplosbaarheid staat alles ter beschikking en kan een zware bemesting zelfs schade opleveren. Een gemiddelde bietenoogst haalt 350-400 gram borium uit de grond (overeenkomende met 3-3,5 kg borax). Bij bemesting met 20-25 kg borax geeft men dus 7 à 8 keer zo veel.

Tot dezelfde conclusie leidt de benadering van het vraagstuk van de kant van de bodemvruchtbaarheid. Henkens en Lehr (1959) komen tot de conclusie dat voor de verbouw van bieten een B-watergetal (B-gehalte van de grond in mg/kg bepaald volgens de methode met kokend water) van 0,30 gewenst is. Door bemesting met 25 kg borax wordt het boriumgehalte van de grond bij een gewicht van de bouwvoor van twee miljoen kg verhoogd met ongeveer 1,2 mg per kg. Voor de meeste gronden zou een verhoging met 0,2 mg per kg voldoende zijn. Ook langs deze weg komen wij dus tot de conclusie dat de huidige praktijkbemesting ongeveer 6 keer zo hoog is.

Dat de proefvelden en de ervaring toch tot deze hoge giften aanleiding hebben gegeven, is ons inziens een gevolg van de slechte verdeling.

De vraag komt op wat de voorkeur verdient, de bemesting met grote of met kleine hoeveelheden. Gezien het feit dat borium snel uitspoelt is de verhoging van de bodemvruchtbaarheid ten aanzien van borium voor langere tijd niet mogelijk of althans zeer onrendabel. Daarom verdient bemesting met kleine hoeveelheden de voorkeur. De voorwaarde is echter dat deze kleine hoeveelheid zeer regelmatig in de grond wordt verdeeld. Dit kan alleen in de vorm van meststoffen met een laag boriumgehalte, hetzij door het gebruik van laag procentige speciale boriummeststoffen waarvan dan grote hoeveelheden gebruikt moeten worden of door het gebruik van gewone (meng)meststoffen met een laag gehalte aan borium.

De eisen die aan het boriumgehalte zouden moeten worden gesteld zijn uiteraard verschillend. Men zou de boriumhoudende produkten moeten verdelen in drie groepen:

a. *Zgn. zuivere zouten* en andere produkten met hoge gehalten. Deze zouden ten minste 10 % in water oplosbaar borium moeten bevatten. Aan deze eis voldoen borax en boriumfrit.

b. *Speciale boriummeststoffen* voor directe toepassing. De hiervan te gebruiken hoeveelheden zijn veel groter dan van de sub a genoemde en het minimum gehalte moet veel lager zijn. Om een duidelijk onderscheid te maken tussen beide groepen is het nodig hier naast een minimum ook een maximum eis voor het boriumgehalte te stellen. De eis zou voor deze meststoffen moeten zijn ten minste 0,2 en hoogstens 0,5 % in water oplosbaar borium. Indien de praktijk erop gewezen wordt dat deze meststoffen alleen voor bieten en koolrapen moeten worden gebruikt, zou gevaar voor schade nooit optreden. Bemesting met 200–300 kg van dergelijke meststoffen zou hartrot in bieten voorkomen.

c. *Boriumhoudende meststoffen*. Dit zijn meststoffen die in de eerste plaats gebruikt worden met een ander doel dan de voorziening met borium. De hoeveelheden die hiervan gebruikt worden zijn relatief groot en afhankelijk van het gehalte aan het hoofdelement. De toegestane boriumgehalten moeten uiteraard aanzienlijk lager zijn dan die van de onder b genoemde meststoffen, daar de verdeling van het borium veel beter is en er altijd kans bestaat dat dergelijke meststoffen ook voor andere gewassen dan bieten gebruikt worden. Een dergelijke meststof zou boriumhoudend genoemd kunnen worden als het in water oplosbare boriumgehalte ten minste 0,03 en ten hoogste 0,07 % zou bedragen.

Voor de beantwoording van de vraag hoe deze meststoffen in de praktijk zullen voldoen, kunnen wij putten uit de ervaring met de bestaande produkten. Op groep a behoeven wij in dit verband niet in te gaan. Als speciale boriummeststoffen kunnen uit het huidige assortiment worden beschouwd koperhoudend boriummeel (0,3 % B) en kieseriet met 0,6 % borium 'sporumix B'. Hoewel wij zelf niet over proeven met deze meststoffen beschik-

ken, is uit verschillende proefvelden door de industrie in samenwerking met de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst aangelegd, gebleken dat bemesting met 200 kg van deze meststoffen hartrot bij bieten kan voorkomen.

Wat de werking van borium in de boriumhoudende meststoffen betreft, zij verwezen naar de gunstige ervaring met de vooroorlogse chilisalpeter. Deze bevatte ca. 0,03 % in water oplosbaar borium. Op proefvelden is gebleken dat bemesting met 800 kg van deze chilisalpeter hartrot in bieten sterk verminderde. Lehr (pers. meded.) kreeg in zijn proeven in 1935, 1936 en 1937 met chilisalpeter met 0,03 % B de volgende resultaten:

1935: gem. 37 % hartrot met synth. stikstofmeststoffen, 4 % met chilisalpeter,

1936: gem. 8 % hartrot met synth. stikstofmeststoffen, 1 % met chilisalpeter,

1937: gem. 41 % hartrot met synth. stikstofmeststoffen, 7 % met chilisalpeter.

Bij gebruik van chilisalpeter met 0,05 % borium werd de aantasting volledig onderdrukt. Proeven na de oorlog bevestigden dit resultaat volkomen.

Er zijn ook meststoffen, waarin borax met de een of andere vulstof is gemengd in een verhouding van ongeveer 1 op 4. Te noemen zijn de vroegere 'bietenborax' en de huidige 'boriummeststof' (kieseriethoudend). Bij de eerste was 20 kg borax gemengd met 80 kg zand, bij de tweede met 80 kg kieseriet. Uit het bovenstaande betoog volgt dat aan deze meststoffen geen behoefte bestaat en het gebruik ervan is af te raden. Immers op deze wijze wordt de gebruikelijke hoeveelheid borax gegeven, die echter beter wordt verdeeld. In het bovenstaande is echter juist betoogd dat deze hoeveelheden te groot zijn en bij regelmatige verdeling zelfs schadelijk kunnen werken.

#### KOPER

Bij de bespreking van het ten aanzien van koper te voeren beleid zal men onderscheid moeten maken tussen bouwland en grasland. Bij bouwland gaat het in de eerste plaats om de opbrengst terwijl bij grasland het gehalte van het gras in verband met de gezondheidstoestand van het vee meer van belang is.

Koper is een element dat niet erg beweeglijk is in de grond. Dit heeft tot gevolg dat slechts een klein gedeelte van het koper in de grond direct voor de plant beschikbaar is en dat de toediening van een hoeveelheid koper die overeenkomt met de directe behoefte van het gewas, geen effect zal hebben. De bemesting zal zo groot moeten zijn dat de concurrentie tussen de bodemdeeltjes en de wortel in het voordeel van de laatste wordt beslist.

#### *Bouwland*

Vooraf granen zijn gevoelig voor kopergebrek. Hoewel een tarweoogst gemiddeld slechts ongeveer 30 gram koper per ha aan de grond onttrekt, is gebleken dat het koper-salpeterzuurgetal (Cu-gehalte van de grond in mg/kg bepaald door extractie met salpeterzuur) van de grond bij de verbouw van tarwe 4 of hoger moet zijn. Een bouwvoor van twee miljoen kg moet dus ruim 8000 gram in 0,4 N salpeterzuur oplosbaar koper bevatten. Het grote

verschil met borium valt meteen op; bij dit laatste kwam het grenscijfer in de grond ongeveer overeen met de jaarlijkse onttrekking. Ook bij het gebruik van de Aspergillus-methode was het vereiste kopergehalte vele malen groter dan de onttrekking.

Toch is het de vraag of het nodig is bij een kopergetal 0 van de grond 8000 gram koper of ruim 30 kg kopersulfaat per ha toe te dienen om gezonde tarwe te krijgen. Hoewel uit vele proefvelden gebleken is dat bij ernstig kopergebrek bemest moet worden met 50 kg kopersulfaat, bestaat de mogelijkheid dat bij zeer goede verdeling met kleinere hoeveelheden kan worden volstaan om opbrengstverliezen te voorkomen.

Om de koperwerking van een mengmeststof met sporenelementen te toetsen werden in 1954 enkele proefvelden aangelegd. Deze meststof afkomstig uit Duitsland bevatte 12 % stikstof (voor de helft als ammoniak, voor de helft als nitraat), 12 % fosforzuur en 18 % kali (chloorarm). Bovendien waren aanwezig 0,5 % magnesium (MgO) en sporenelementen, per 100 kg van de meststof overeenkomende met 550 gram borax, 270 gram mangaansulfaat, 152 gram kopersulfaat, 90 gram zinksulfaat en 5 gram kobaltsulfaat. De sporenelementen waren niet aanwezig in de hier genoemde vorm maar met de hoofdelementen (waarschijnlijk vooral als fosfaten) gebonden.

Om de koperwerking van deze meststof te toetsen werden vijf proefvelden met tarwe aangelegd in de veenkolonien op percelen met verschillend kopergehalte. Ter voorkoming van een eventueel magnesiumeffect werd overal 80 kg MgO als kieseriet per ha gegeven. Op elk proefveld werden opklimmende hoeveelheden kopersulfaat toegediend. Daar de fosfaat- en de kalibemesting bij de aanleg van de proefvelden reeds had plaats gehad en de veldjes bemest met de nieuwe mengmeststof dus meer fosfaat en kali zouden krijgen, was het nodig een eventuele fosfaat- en kaliwerking uit te schakelen. Hiertoe werden bij de aanleg van de proefvelden aan enkele veldjes met 0 en 100 kg kopersulfaat evenveel fosfaat en kali gegeven als de veldjes met de mengmeststof ontvingen. Op elk proefveld werden dus zeven objecten vergeleken. Alle objecten lagen in viervoud, zodat elk proefveld bestond uit 28 veldjes. De proefvelden bestonden uit vier kolommen van zeven veldjes gerangschikt volgens de Youden square opzet. De grootte van de veldjes was 6 x 6 m, de geoogste oppervlakte 4,9 x 5 m.

Op de veldjes die niet met de mengmeststoffen werden bemest, werd de stikstof gegeven als kalkammonsalpeter. De extra fosfaat en kali werden op de desbetreffend veldjes in de vorm van dubbelsuperfosfaat en zwavelzure kali toegepast.

Op een van de proefvelden trad een reactie op de bemesting met kopersulfaat op. Op dit proefveld werd met 84 kg stikstof per ha bemest; op de daarvoor in aanmerking komende veldjes werd dus 700 kg/ha van de mengmeststof gebruikt. Hiermee werd een hoeveelheid koper overeenkomend met  $7 \times 152 = 1064$  gram kopersulfaat gegeven. De resultaten van het grondonderzoek op dit proefveld waren als volgt: pH-KCl 5,6; humus 4,4 %; P-getal 5; P-citr 25; K-getal 27; Cu-Asp. 0.

Het proefveld werd bewerkt volgens de methode beschreven door W. G. Cochran and G. M. Cox in 'Experimental Designs', blz. 372. Bij deze methode worden de gemiddelde opbrengsten per object gecorrigeerd voor rij- en kolomverschillen.

In tabel 1 is de gemiddelde gecorrigeerde korrelopbrengst per object weergegeven. De reactie van de korrelopbrengst op de bemesting met kopersul-

Tabel 1 Invloed van bemesting met kopersulfaat en een sporenelementen bevattende mengmeststof op de opbrengst van tarwe

| object   | gecorrigeerde korrelopbrengst<br>(gem. van vier herhalingen) |          |
|--|--|----------|
|  | kg/ha  | relatief |
| 0 kg kopersulfaat .....  | 1410   | 100      |
| 25 kg „ .....  | 2390   | 169      |
| 50 kg „ .....  | 2550   | 181      |
| 100 kg „ .....   | 2500   | 177      |
| mengmeststof met sporenelementen .....                                       | 2040   | 144      |
| 0 kg kopersulfaat + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O .....   | 1640   | 116      |
| 100 kg kopersulfaat + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O ..... | 2660   | 188      |

faat was groot. Een bemesting naar 25 kg kopersulfaat per ha deed de korrel-opbrengst met 980 kg of 69 % stijgen, bemesting naar 50 kg per ha verhoogde de opbrengst met 1140 kg of 81 %; 100 kg per ha had dezelfde invloed als 50 kg.

De opbrengst met de mengmeststof met sporenelementen moet vergeleken worden met die der objecten die extra fosfaat en kali gekregen hebben. Bij extra fosfaat en kali was de opbrengst 16 % hoger. Bemesting met de mengmeststof verhoogde de opbrengst met 44 %. Het in deze meststof aanwezige koper heeft de opbrengst dus doen stijgen met  $\frac{28}{116} \times 100 = 24 \%$ . 100 kg

kopersulfaat met extra fosfaat en kali verhoogde de opbrengst met 88 %. Het effect van de 100 kg kopersulfaat (en volgens het voorgaande is dit gelijk aan dat van 50 kg) was dus  $\frac{72}{116} \times 100 = 62 \%$  of bijna 40 %

meer dan dat van het koper in de mengmeststof. Hieruit volgt dat deze mengmeststof met sporenelementen niet in staat is kopergebrek volledig op te heffen. Pfaff en Roth kwamen in 1959 tot dezelfde conclusie.

Hoewel de gebruikte mengmeststof niet in staat was opbrengstverliezen door kopergebrek te voorkomen, was de koperwerking wel groter dan men op grond van de aanwezige hoeveelheid koper zou verwachten. Hoewel met deze meststof slechts ruim 1 kg kopersulfaat werd gegeven, komt de werking overeen met die van ongeveer 10 kg kopersulfaat. Hieruit zou men kunnen afleiden dat als de verdeling zeer regelmatig is, met veel kleinere hoeveelheden koper te worden volstaan om opbrengstverliezen door kopergebrek te voorkomen. Wij verwachten dat indien de meststof in plaats van 0,04 % 0,2 à 0,3 % in mineraal zuur oplosbaar koper zou hebben bevat, het kopergebrek volledig zou zijn opgeheven.

In tegenstelling met wat bij borium het geval is, heeft het voor koper wel zin om de bodemvruchtbaarheid op te voeren. In tabel 2 is het percentage van de monsters in verschillende landbouwgebieden van Nederland vermeld waarvan het kopergehalte te laag zou zijn voor de verbouw van resp. haver en tarwe (Henkens, 1957). Hieruit blijkt dat dit percentage in de verschil-

BEMESTINGSBELEID TEN AANZIEN VAN SPORENELEMENTEN

Tabel 2 Kopertoestand van het bouwland in verschillende (landbouw)gebieden van Nederland

| (landbouw)gebied                                     | aantal<br>monsters | percentage monsters met<br>een kopergehalte |                       |
|--|--------------------|---|-----------------------|
|  |                    | te laag<br>voor haver                       | te laag<br>voor tarwe |
| Groninger noordelijke bouwstreek                     | 11                 | —   | —                     |
| Groninger centrale bouwstreek                        | 14                 | —   | —                     |
| Groninger en Drentse veenkoloniën                    | 160                | 2,6   | 12                    |
| Woldstreek   | 53                 | 7,0   | 17                    |
| Westerwolde  | 18                 | —   | 6                     |
| Drents zandgebied                                    | 368                | 17  | 56                    |
| De Wouden  | 87                 | 55  | 77                    |
| Drents-Overijssels zandgebied                        | 109                | 47  | 66                    |
| Drents-Overijsselse veenkoloniën                     |                    |   |                       |
| Noord-Westen   | 11                 | —   | —                     |
| Coevorden  | 1                  | —   | —                     |
| Gramsbergen + De Krim (Ov.)                          | 7                  | —   | —                     |
| Overijssels zandgebied                               |                    |   |                       |
| westelijk deel                                       | 18                 | —   | —                     |
| oostelijk deel                                       | 300                | 61  | 86                    |
| Graafschap   | 740                | 60  | 81                    |
| Centraal zandgebied (Gld)                            | 99                 | 39  | 81                    |
| IJsselstreek   | 35                 | 65  | 77                    |
| De Lijmers   | 23                 | 56  | 78                    |
| Rijk van Nijmegen                                    | 31                 | 61  | 85                    |
| Noord-Limburg  | 211                | 54  | 84                    |
| Meijerij   | 38                 | 60  | 92                    |
| Noord-Brabantse zuidelijke en oostelijke zandgronden | 57                 | 73  | 91                    |
| Noord-Brabantse westelijke zandgronden               | 211                | 45  | 73                    |
| Texel  | 59                 | 63  | 93                    |

lende zandgebieden van ons land zeer groot is. Wij betwijfelen of de toestand in de zandgebieden van Duitsland en België beter zal zijn. Het is ons inziens een goed beleid ernaar te streven de bodemvruchtbaarheid geleidelijk te verhogen. Het zou zelfs aanbeveling verdienen tot een zekere sanering te komen door aan de hoofdelementen koper toe te voegen. Op deze manier zou men er zeker van zijn dat de kopertoestand geleidelijk wordt opgevoerd. De voorwaarde zou echter moeten zijn dat het directe effect van een dergelijke koperhoudende meststof zodanig is dat opbrengstverliezen door kopergebrek worden voorkomen. Deze meststoffen zouden alleen in koperarme streken gebruikt moeten worden en het zou voldoende zijn ze alleen voor granen te gebruiken. Ons inziens zou men ook voor koper de meststoffen moeten verdelen in drie groepen:

- Produkten met hoge gehalten*, zoals kopersulfaat met ten minste 24 % in water oplosbaar koper.
- Speciale kopermeststoffen* met ten minste 1 % in mineraal zuur oplosbaar koper.
- Koperhoudende meststoffen*. Een meststof zou ons inziens koperhoudend genoemd mogen worden indien zij ten minste 0,3 % in mineraal zuur oplosbaar koper bevat. Vermelding van een maximum gehalte is hier niet nodig daar koperovermaat pas optreedt bij zeer grote hoeveelheden koper.



Op grond van de bovengenoemde proeven verwachten wij dat bij gebruik van 300–400 kg van een dergelijke meststof opbrengstverliezen bij granen zouden worden voorkomen. Bovendien zou bij geregeld gebruik de koper-toestand geleidelijk stijgen.

Het spreekt vanzelf dat de praktische waarde van deze meststoffen aan de hand van proefvelden moet worden getoetst.

### Grasland

Bij grasland is koper vooral van belang in verband met de gezondheidstoestand van het dier. Bemesting met koper is gericht op een verhoging van het kopergehalte van het gras. Wij zijn van mening dat het gebruik van meststoffen met een laag gehalte op grasland alleen zin heeft indien grote hoeveelheden worden gebruikt. Dit mogen wij staven met de gegevens van enkele proefvelden in z.w. Friesland. In dit gebied werden door de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst in 1953 t/m 1956 negen proefvelden aangelegd. Hier werd de invloed van een bemesting met 100 kg 'Sporumix A' (1,2 % Cu), 300 kg koperslakkenbloem (1,5 % Cu) en 50 kg kopersulfaat (25 % Cu) op het kopergehalte van het gras vergeleken. De gegevens zijn gepubliceerd in de Gestencilde Mededelingen no. 11 van het Rijkslandbouwconsulentschap voor z.w. Friesland. In de figuren 1, 2 en 3 is het gemiddelde kopergehalte van het niet met koper bemeste object uitgezet tegen het kopergehalte van de objecten bemest met resp. 100 kg 'Sporumix A', 300 kg koperslakkenbloem en 50 kg kopersulfaat. In figuur 1 zijn de punten gegroepeerd rondom de 45° lijn. In figuur 2 is dit in mindere mate het geval. Dit betekent dat bemesting met 100 kg 'Sporumix A' het kopergehalte van het gras niet,

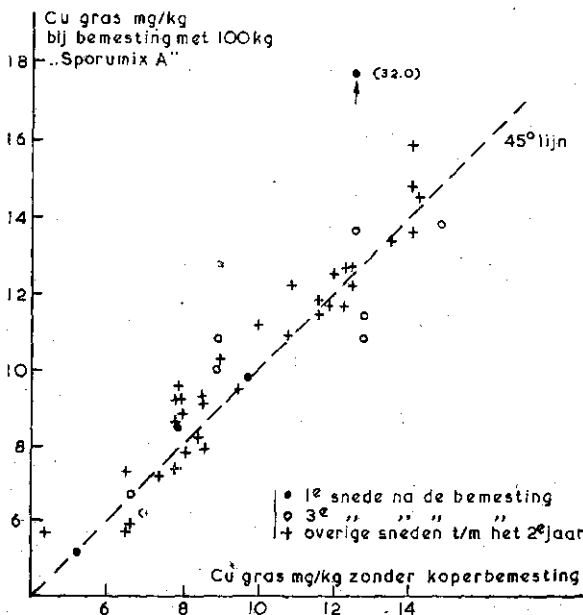


Fig. 1 Verband tussen het kopergehalte van het gras bij geen bemesting met koper en dat bij bemesting met 100 kg „Sporumix A”/ha

BEMESTINGSBELEID TEN AANZIEN VAN SPORENELEMENTEN

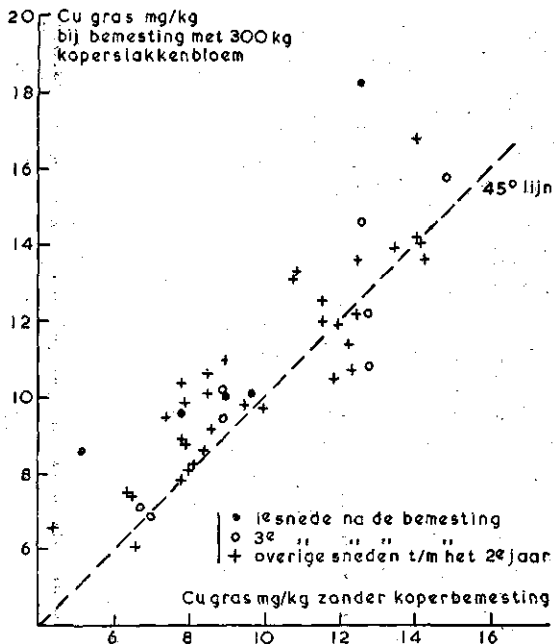


Fig. 2 Verband tussen het kopergehalte van het gras bij geen bemesting met koper en dat bij bemesting met 300 kg koperslakkenbloem/ha

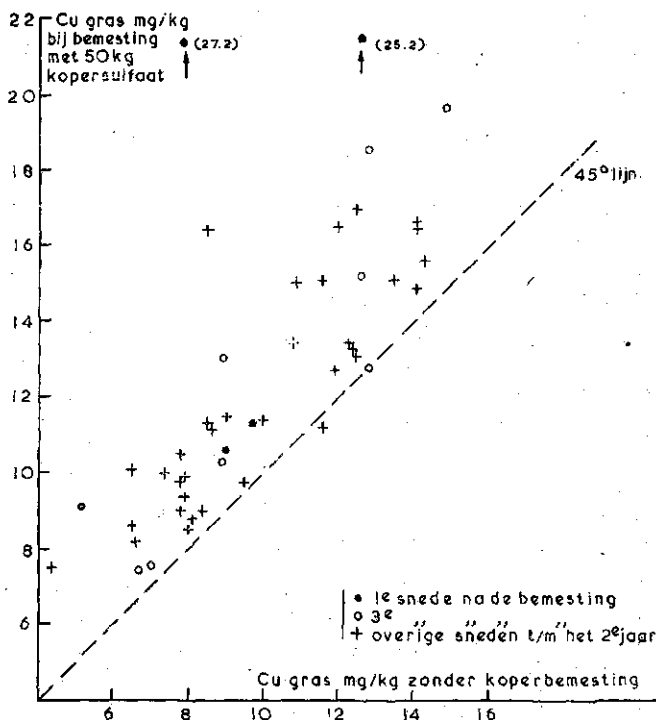


Fig. 3 Verband tussen kopergehalte van het gras bij geen bemesting met koper en dat bij bemesting met 50 kg kopersulfaat/ha

die met 300 kg koperslakkenbloem dat gehalte slechts weinig heeft verhoogd. Dit is in tegenstelling met kopersulfaat; figuur 3 laat zien dat het kopergehalte van het gras nagenoeg altijd door bemesting met kopersulfaat wordt verhoogd. In een enkel geval is het kopergehalte van de 1e snede na de bemesting zowel met kopersulfaat als met 'Sporumix A' hoog. Dit moet ons inziens worden toegeschreven aan aanhechting.

Uit deze gegevens krijgt men de indruk dat het kopergehalte van het gras alleen verhoogd kan worden door bemesting met grote hoeveelheden koper. Dit is in overeenstemming met onze verwachting op grond van de slechte verticale verplaatsing van koper in de grond (Henkens, 1962). Hieruit volgt dat in tegenstelling met wat op bouwland werd gevonden het effect van een koperhoudende (meng)meststof op grasland gering zal zijn, indien men althans het aanhechtende koper uitsluit. In gevallen van aanhechting immers ziet men de koperbemesting meer als een 'top dressing'. Deze is niet aan te bevelen daar gebleken is dat bij melkgevende koeien koperdeeltjes aan uier en haar van de koeien blijven kleven en bij het melken in de melk terecht kunnen komen wat een vermindering van de kwaliteit van de melk in verband met de boterbereiding tot gevolg heeft (Hartmans, 1960).

Het is mogelijk dat geregelde toediening van kleine hoeveelheden koper op de lange duur hetzelfde effect heeft op het kopergehalte van de grond in de laag 2-5 cm als een grote hoeveelheid ineens. Indien dit het geval zou zijn, zouden als koperhoudende meststoffen op grasland alleen stikstofmeststoffen in aanmerking komen omdat hiermee meer keren per jaar bemest kan worden. Nader onderzoek hierover is gewenst.

#### MANGAAN

Mangaangebrek is op koolzure-kalkhoudende zavel- en kleigronden zeer verbreid. Op zandgronden treedt het sporadisch op en zelden op gehele percelen maar wel op kleine plekken, die overkalkt zijn. De oorzaak van mangaangebrek is niet dat het totale mangaangehalte van de grond te laag is. De plant kan echter alleen tweewaardig mangaan opnemen, en dikwijls is de hoeveelheid daarvan te gering.

De gebruikelijke bestrijding van mangaangebrek is bespuiting met een 1½ % oplossing van mangaansulfaat. Behalve dat dit ieder jaar enkele keren moet worden herhaald, heeft deze methode nog het bezwaar, dat de behandeling niet altijd het succes heeft dat men ervan verwacht. Dit leidt tot de vraag of bemesting van de grond met mangaan geschikt is ter voorkoming van mangaangebrek.

Uit het onderzoek van De Groot (1956) is gebleken dat het gehalte aan reduceerbaar mangaan op vele gronden een maat is voor de mangaantoestand van de grond. Tevens bleek uit dit onderzoek dat het gehalte aan reduceerbaar mangaan in de loop der jaren tamelijk constant is.

Algemeen wordt aangenomen, dat bemesting met mangaansulfaat weinig zin heeft, omdat mangaan in korte tijd wordt geoxydeerd, zodat het niet meer voor de plant opneembaar is. Men is tot deze opvatting gekomen doordat

na bemesting met 100 kg mangaansulfaat per ha de symptomen dikwijls in hetzelfde jaar terugkomen.

Op grond van de resultaten van De Groot moet de vraag gesteld worden of niet zoveel mangaansulfaat aan de grond moet worden toegevoegd dat het gewenste niveau bereikt wordt. Deze methode van bestrijding zou van des te grotere betekenis zijn als het door de bemesting bereikte gehalte aan reduceerbaar mangaan evenals het natuurlijke mangaangehalte weinig schommelt.

Uit ons onderzoek (Henkens, 1959; 1962) is gebleken, dat het gehalte aan reduceerbaar mangaan door bemesting van de grond kan worden verhoogd zodat de planten geen mangaangebrek meer vertonen. Gezien het feit dat het gehalte aan reduceerbaar mangaan dikwijls laag is, zijn echter grote hoeveelheden mangaansulfaat (400–600 kg per ha) nodig. Door de grote investering die dit vraagt, zal de geschiktheid van deze bestrijdingsmethode voor de praktijk afhangen van de nawerking. Op gronden waar het gehalte aan reduceerbaar mangaan geen maat is voor de mangaantoestand, zal bemesting met mangaansulfaat minder doelmatig zijn.

Uit het feit dat voor de genezing van mangaangebrek op bouwland 400–600 kg mangaansulfaat (ruim 100 kg mangaan bevattende) nodig zijn, volgt al dat mangaanhoudende meststoffen, waarmee slechts kleine hoeveelheden mangaan worden gegeven, ongeschikt zijn voor het voorkomen van mangaangebrek. Terwijl bij koper en borium de verdeling nog een rol kan spelen, is dat hier niet mogelijk, daar de te gebruiken hoeveelheden mangaansulfaat zo groot zijn dat de verdeling gelijkmatig kan plaatsvinden. Dit wordt ook bevestigd door twee proefvelden met een mangaanhoudende mengmeststof. De onder koper genoemde mengmeststof met sporenelementen werd op deze proefvelden getoetst op zijn mangaan-effect.

De proefvelden werden aangelegd in de Wieringermeer op gronden met een laag gehalte aan reduceerbaar mangaan; de volgende objecten werden er vergeleken:

- a. geen bemesting met mangaansulfaat,
- b. bemesting met de genoemde mengmeststof naar 84 kg stikstof per ha,
- c. bemesting met mangaansulfaat equivalent aan het mangaan in de sub b genoemde gift mengmeststof,
- d. bemesting naar 100 kg mangaansulfaat per ha.

Op de veldjes die niet met de mengmeststof werden bemest, werd de stikstof gegeven in de vorm van kalkammonsalpeter, terwijl de fosfaat- en kalibemesting resp. als dubbel-superfosfaat en zwavelzure kali plaatsvond. Elk proefveld werd verder bemest naar 40 kg MgO per ha.

In verband met het mogelijk pleksgewijze voorkomen van mangaangebrek werd elk object in zesvoud aangelegd. Elk proefveld bestond uit 24 veldjes, nl. vier kolommen in zes rijen, waarbij in elke rij alle objecten voorkwamen.

Bij de aanleg van de proefvelden werd een gemiddeld monster genomen voor algemeen onderzoek, terwijl tevens elk veldje werd bemonsterd voor de bepaling van het mangaangehalte. Het algemene onderzoek leverde de volgende uitkomsten op:

Het gehalte aan reduceerbaar mangaan vertoonde op Pr 1548 een grote spreiding (12 tot 56); op Pr 1547 varieerde het slechts weinig (14 tot 23).

|         | pH-KCl | humus % | CaCO <sub>3</sub> % | P-get. | P-citr. | K-geh. | red. Mn<br>mg/kg |
|---------|--------|---------|---------------------|--------|---------|--------|------------------|
| Pr 1547 | 7,65   | 1,2     | 2,1                 | 1      | 18      | 0,008  | 24               |
| Pr 1548 | 7,35   | 2,7     | 2,2                 | 1/2    | 21      | 0,006  | 39               |

Tijdens de groeiperiode werden cijfers gegeven voor de mate van mangaangebrek. Op 4 juni trad duidelijk gebrek op. In tabel 3 zijn de gemiddelde cijfers voor de mate van mangaangebrek weergegeven.

Tabel 3. Invloed van bemesting met mangaansulfaat en mangaanhoudende mengmeststof op de mate van mangaangebrek bij haver (gemiddelde van zes herhalingen)

| object                                 | gebrekscijfers <sup>1</sup> |         |
|--|-----------------------------|---------|
|  | Pr 1547                     | Pr 1548 |
| a. zonder mangaan                      | 6,7                         | 7,4     |
| b. 700 kg mangaanhoudende mengmeststof | 6,8                         | 7,4     |
| c. evenveel mangaan als bij b          | 7,3                         | 7,7     |
| d. 100 kg mangaansulfaat per ha        | 8,6                         | 8,5     |

<sup>1</sup> Hoe hoger cijfer, hoe minder gebrek.

Uit deze tabel blijkt, dat alleen bemesting met 100 kg mangaansulfaat het gebrek duidelijk heeft teruggedrongen. In verband met de grote spreiding van het gehalte aan reduceerbaar mangaan is voor Pr 1548 het gebreks-cijfer uitgezet tegen het mangaangehalte van de grond. Uit figuur 4 blijkt, dat er een goed verband bestaat tussen het mangaangehalte van de grond en de mate van mangaangebrek. Wanneer een lijn wordt getrokken door de punten die de veldjes zonder mangaanbemesting voorstellen (zwarte stippen), blijkt dat alleen de veldjes met een bemesting naar 100 kg mangaansulfaat boven de lijn liggen (open punten); de andere tekens liggen daarentegen zowel boven als beneden de lijn. Op beide proefvelden werd de opbrengst door de bemesting niet verhoogd. Pfaff en Roth (1959) komen ook tot de conclusie, dat mangaanhoudende mengmeststoffen mangaangebrek niet kunnen voorkomen.

Wij zijn derhalve van mening dat indien men mangaangebrek door bemesting van de grond wil bestrijden, dit moet geschieden met produkten, die een hoog gehalte aan mangaan bevatten; het gebruik van meststoffen waarin een geringe hoeveelheid mangaan voorkomt, is zinloos.

#### KOBALT

Om de kobaltvoorziening van het dier te beoordelen wordt gebruik gemaakt van de bepaling van kobalt in de grond. Deze geschiedt door extractie van de grond met een 2½ % oplossing van azijnzuur. Het aldus verkregen kobaltgehalte van de grond wordt kobalt-azijnzuurgetal genoemd. 't Hart en Deys (1951) komen door vergelijking van het kobaltgehalte van de grond op bedrijven met likzucht (een van de verschijnselen van kobaltgebrek) en dat van

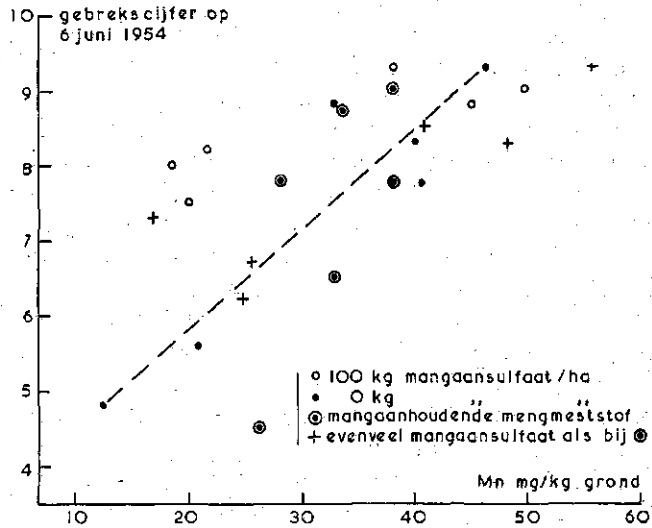


Fig. 4 Verband tussen het gehalte aan reduceerbaar mangaan van de grond en de mate van mangaangebrek op de niet met mangaan bemette veldjes bij Pr 1548 (10 = geen gebrek)

bedrijven zonder klachten tot de conclusie dat het kobalt-azijnzuurgetal van de grond 0,20–0,30 moet bedragen. In Nederland wordt een kobalt-azijnzuurgetal kleiner dan 0,10 als onvoldoende en van 0,10–0,30 als matig beschouwd.

In het algemeen bevat de grond meer kobalt naarmate hij zwaarder is. De kobalttoestand van zandgronden is dan ook aanzienlijk lager dan van zwaardere gronden. Op vele zandgronden is de kans op een onvoldoende kobaltvoorziening van het dier groot.

Om het kobalt-azijnzuurgetal van de grond met 0,1 mg/kg te verhogen zou bij een gewicht van de bouwvoor van 500 000 kg ten minste 50 g kobalt nodig zijn. Dit komt overeen met ca. 200 gram  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{aq}$ . Uit ons onderzoek (Henkens, 1959) komen wij tot de conclusie dat van een bemesting met 1–4 kg  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{aq}$  gemiddeld  $\frac{2}{3}$  deel tot uiting komt in de stijging van het kobalt-azijnzuurgetal. Dit betekent dat om het kobalt-azijnzuurgetal met 0,1 mg/kg te verhogen een bemesting met ca. 300 gram  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{aq}$  voldoende zou zijn. Uit proefvelden is gebleken dat bemesting met 2 kg kobaltchloride voor zeker vier jaar en soms zelfs voor tien jaar voldoende is. In plaats van kobaltzouten kan men ook kobalthoudend koperslakkenbloem gebruiken, hiervan zijn 300–600 kg nodig.

Door de bemesting wordt het kobalt-azijnzuurgetal flink verhoogd en het voldoet voor lange tijd aan de eisen. De kosten hiervan per jaar en per ha zijn gering. Het is duidelijk dat de genoemde kleine hoeveelheden kobalt gemakkelijk in andere meststoffen kunnen worden opgenomen.

De beantwoording van de vraag of het aanbeveling verdient kobalt toe te dienen in de vorm van kobalthoudende meststoffen, is naar onze mening afhankelijk van de kostenvergelijking. Indien het prijsverschil omgerekend per ha per jaar niet groot is, verdient ons inziens bemesting met kobalt-

houdende (meng)meststoffen de voorkeur. Immers de kobaltoestand van grasland op zandgrond is veelal te laag, zodat de kans op een onvoldoende kobaltvoorziening van het dier groot is. Bij een te geringe opname van kobalt krijgt het dier tekort aan vitamine B<sub>12</sub> omdat de pensflora dit vitamine dan niet kan vormen. Het is dus noodzakelijk dat in de pens van het dier altijd voldoende kobalt aanwezig is; het in het dier opgeslagen kobalt kan hiertoe weinig bijdragen. Door aan de gebruikelijke meststoffen voldoende kobalt toe te voegen zou men er zeker van zijn dat elk perceel grasland op zandgrond kobalt krijgt toegediend.

Ook voor kobalt zou men onderscheid moeten maken tussen *kobaltzouten* resp. andere produkten met hoge gehalten, *speciale kobaltmeststoffen* en *kobalthoudende meststoffen*. De produkten van de eerste categorie met ten minste 20 % kobalt zullen door de zeer geringe hoeveelheden (ca. 2 kg per ha), die ervan nodig zijn, in de praktijk niet gebruikt worden. Een speciale kobaltmeststof zou een kobaltgehalte van ten minste 0,1 % moeten bevatten. Een (meng)meststof zou kobalthoudend genoemd mogen worden als het kobaltgehalte ten minste 0,02 en ten hoogste 0,04 % zou bedragen. Hoewel er geen gevaar bestaat voor kobaltovermaat, is het ons inziens toch gewenst bij de kobalthoudende meststoffen een maximum gehalte te vermelden om het verschil met de speciale kobaltmeststoffen voor de praktijk duidelijk te laten uitkomen. Een kobalthoudende meststof moet jaarlijks worden gebruikt terwijl een kobaltmeststof slechts periodiek moet worden toegepast.

In het bovenstaande is uitgegaan van de gedachte dat de pensflora uit de met het voedsel opgenomen grond het kobalt kan gebruiken, waardoor er een verband bestaat tussen de kobaltvoorziening en het kobalt-azijnzuurgetal.

#### MOLYBDEEN

Molybdeengebrek komt nagenoeg alleen voor op ijzerrijke gronden als de pH-KCl lager is dan 5,4. Op gewone zand- en dalgronden komt ook bij zeer lage pH geen molybdeengebrek voor, behalve op percelen bevoeid met afvalwater van aardappelmeelfabrieken.

De pH heeft dus grote invloed op het optreden van molybdeengebrek. Heeft men met dit gebrek te maken, dan verdient het aanbeveling eerst de pH te verhogen tot het niveau, dat in de algemene bedrijfsvoering past. In andere gevallen is een bemesting met 2 à 3 kg natrium- of ammoniummolybdaat op haar plaats. Met 3 kg natriummolybdaat wordt 1188 gram Mo per ha gegeven. Het is te verwachten dat bij gebruik van meststoffen met veel kleinere hoeveelheden molybdeen kan worden volstaan, daar de verdeling dan veel beter is en de plant slechts kleine hoeveelheden molybdeen nodig heeft (Henkens, 1957).

Het areaal gronden met molybdeengebrek is in Nederland slechts klein. Molybdeenzouten zijn betrekkelijk moeilijk te krijgen en de te gebruiken hoeveelheden zijn gering zodat de verdeling moeilijk is. Daarom bestaat in de desbetreffende gebieden behoefte aan andere meststoffen waarmee het molybdeen gemakkelijker verdeeld kan worden. Ons inziens is het niet aan

te bevelen met molybdeen te bemesten indien er geen sprake is van molybdeengebrek. Sommige gewassen nemen nl. gemakkelijk molybdeen op waardoor bij consumptie door het dier moeilijkheden kunnen optreden. In een enkel geval hebben wij een negatieve invloed van molybdeen op de plant menen te constateren. Indien er molybdeenhoudende meststoffen zouden worden gemaakt, zou aan de praktijk uitdrukkelijk geadviseerd moeten worden deze alleen te gebruiken op gronden met gebrek. Gezien het kleine aantal van dergelijke gronden zijn deze meststoffen voor industrie en handel niet interessant. Speciale meststoffen met een laag molybdeengehalte zouden echter op bouwland in deze streken wel in een behoefte voorzien. Hierbij is niet het totale gehalte aan molybdeen belangrijk maar alleen de hoeveelheid aanwezig als anion (molybdaat).

Tot nog toe is niet gebleken dat molybdeengebrek bij rundvee voorkomt. Wel kan molybdeen op sommige gronden de groei van klaver bevorderen, maar bemesting met molybdeen kan op grasland niet worden aanbevolen, te minder omdat klavers molybdeen gemakkelijk opnemen en de opneming door het dier hierdoor te groot zou kunnen worden. Een molybdeengehalte hoger dan 20 mg per kg in het voedsel kan bij dieren diarreeverschijnselen veroorzaken.

#### DISCUSSIE

In het voorgaande is aangetoond dat in bepaalde gevallen toevoeging van een sporenelement aan een meststof niet bezwaarlijk en zelfs aan te bevelen is, mits de hoeveelheid juist is. De vraag komt op of het gebruik van meststoffen met meer sporenelementen nuttig te achten is. Hieraan behoort de vraag vooraf te gaan of het aan te bevelen is met sporenelementen te bemesten als daaraan geen behoefte bestaat. Wij menen deze vraag ontkennend te moeten beantwoorden. In de eerste plaats zou het verkwisting zijn. Er wordt aangevoerd dat op deze manier voorkomen wordt dat de grond ten aanzien van sporenelementen uitgeput raakt. Indien de onttrekking door het gewas bekeken wordt, is het duidelijk dat de kans hierop zeer gering is. Men heeft bij sporenelementen die in de grond weinig bewegelijk zijn, wellicht in nog sterkere mate dan bij de voedingselementen met de desbetreffende bodemtoestand te maken, die uiterst langzaam verandert. Bovendien zijn wij er boven van uitgegaan dat van een meststof geëist mag worden dat zij in staat is in de behoefte van het gewas te voorzien. Dit brengt dus automatisch mee dat er kans bestaat op overmaat als deze meststoffen gebruikt zouden worden indien zij niet nodig zijn.

Toch kan het voor bepaalde gronden en (vooral) voor bepaalde gewassen aan te bevelen zijn met meer sporenelementen tegelijk te bemesten. Die sporenelementen zouden in dat geval in zo grote hoeveelheden aanwezig moeten zijn dat de tekorten worden opgeheven. Indien zou blijken dat een koperhoudende (meng)meststof het kopergehalte van gras kan verhogen, verdient het voor zandgronden aanbeveling aan een dergelijke meststof kobalt toe te voegen. Op zandgronden zijn dikwijls de koper- en kobaltoestand



beide laag. Voor bouwland zou men op zandgronden aan de combinatie van borium en koper kunnen denken. Wij menen die echter te moeten ontraden daar granen gevoelig zijn voor kopergebrek maar ook voor boriumovermaat. Voor bieten zou deze combinatie minder bezwaarlijk zijn.

Uit wat onder molybdeen is vermeld, volgt reeds dat een combinatie van molybdeen met andere sporenelementen sterk is af te raden. Zoals wij in het bovenstaande hebben aangetoond, achten wij toevoeging van mangaan aan meststoffen waardeloos; hetzelfde geldt natuurlijk voor de combinatie van mangaan met andere elementen.

Wij hebben ijzer en zink buiten beschouwing gelaten. Beide elementen vormen in hoofdzaak alleen een probleem in de fruitteelt. Voor de genezing van ijzergebrek door middel van bemesting is de meest geschikte weg het gebruik van ijzerchelaten. Deze zijn echter duur, zodat bij licht ijzergebrek bespuiting van het gewas met ijzercarbamaten wellicht de voorkeur verdient. Voor zink verwachten wij hetzelfde als voor koper op grasland. Evénaals koper wordt zink moeilijk naar de diepere lagen van de grond verplaatst, zodat toediening van kleine hoeveelheden weinig effect zal hebben daar deze niet tot de wortels zullen doordringen (Henkens, 1962).

#### SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Het bemestingsbeleid voor de verschillende sporenelementen werd besproken, alsmede de eisen die aan de verschillende meststoffen moeten worden gesteld. Tevens werd nagegaan of het gebruik van meststoffen met meer sporenelementen gewenst is.

Aan de hand van beschouwingen op basis van uitkomsten van proefvelden zijn wij tot de conclusie gekomen dat de meststoffen die borium, koper en kobalt bevatten verdeeld moeten worden in drie groepen:

- a. zgn. zuivere zouten en andere produkten met hogere gehalten. Deze zouden resp. ten minste 10 % B, 24 % Cu en 20 % Co moeten bevatten (in water oplosbaar),
- b. speciale borium- resp. koper- en kobaltmeststoffen met ten minste 0,2 % en ten hoogste 0,5 % in water oplosbaar borium resp. ten minste 1 % in mineraal zuur oplosbaar koper en ten minste 0,1 % in mineraal zuur oplosbaar kobalt,
- c. borium resp. koper- en kobalthoudende meststoffen. Een meststof zou boriumhoudend genoemd kunnen worden indien het boriumgehalte oplosbaar in water ten minste 0,03 % en ten hoogste 0,07 % zou bedragen. Voor koper zou dit ten minste 0,3 % in mineraal zuur oplosbaar moeten zijn en voor kobalt ten minste 0,02 % en ten hoogste 0,04 % in mineraal zuur oplosbaar.

Aan de hand van proefvelden werd betoogd dat boriumhoudende meststoffen (zie c) met het bovengenoemde gehalte boriumgebrek kunnen voorkomen. Hetzelfde geldt voor koperhoudende meststoffen op bouwland en kobalt-

houdende meststoffen op grasland. Het is nog de vraag of koperhoudende meststoffen op grasland effectief zijn. Nader onderzoek hierover is gewenst. Het spreekt vanzelf dat de praktische waarde van elke meststof afzonderlijk ook voor bouwland op proefvelden moet worden getoetst.

Toevoeging van mangaan aan meststoffen is van geen waarde zoals uit proefvelden gebleken is. Hoewel toevoeging van molybdeen aan meststoffen niet bezwaarlijk is, is het van weinig betekenis daar het areaal gronden met molybdeengebrek zeer klein is. Het gebruik van molybdeenhoudende meststoffen op grasland moet met het oog op de gezondheid van het vee worden afgeraden. Een speciale molybdeenmeststof met een laag gehalte zou voor bouwland in een behoefte voorzien.

De vraag of toevoeging van meer sporenelementen aan een meststof is aan te bevelen, moet in het algemeen ontkennend worden beantwoord. Voor bepaalde streken zou een combinatie van belang kunnen zijn. Hetzelfde geldt voor mengsels van sporenelementen.

## LITERATUUR

- GROOT, A. J. DE: Mangaangebrek in Nederland. *Landbouwk. Tijdschr.* 69 (1957) 564—574.
- : Influence of the age and organic matter on the availability of manganese in marine and estuary soils. VIe Congrès international de la science du sol (Paris 1956) Rapports II (1956) 531—539.
- HART, M. L. T en W. B. DEYS: Verslag C.I.L.O. over 1950 (1951) 137—144.
- HARTMANS, J.: Nieuwe ervaringen aangaande kopergebrek bij runderen in Friesland. *Wetenschap voor de praktijk* (1960) 30—31.
- HENKENS, CH. H.: De kopertoestand van het Bouwland in Nederland. *Landbouwwoorl.* 14 (1957) 629—633.
- : Onderzoek over molybdeengebrek. *Landbouwwoorl.* 14 (1957) 213—217.
- : Kobalt op grasland. *Landbouwwoorl.* 16 (1959) 642—651.
- : Bestrijding van mangaangebrek door bemesting van de grond. *Landbouwk. Tijdschr.* 71 (1959) 17—21.
- en J. J. LEHR: Borium op bouwland. *Landbouwwoorl.* 16 (1959) 339—344.
- : Koperbepaling op bouwland; de waarde van chemische bepalingsmethoden in vergelijking met de *Aspergillus niger* methode. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 67 10 (1961), blz. 28.
- : Zinkovermaat op bouwland. *Landbouwk. Tijdschr.* 73 (1961) 917—926.
- : Verticale verplaatsing van koper in de grond. *Landbouwk. Tijdschr.* 74 (1962) 16—23.
- : Bedeutung des Kupfers für Ackerbau und Grünland. *Landwirtsch. Forsch.* 16. Sonderheft (1962) 56—66.
- : Manganmangel und dessen Beseitigung. *Landwirtsch. Forsch.* 16. Sonderheft (1962) 66—71.
- KRÜGEL, C., C. DREYSPRING and R. LOTTHAMMER: Leaching experiments with borates. *Superphosphate XI* (1938) 141—150 en 161—166.
- PFAFF, C. und H. ROTH: Zur Düngung mit Mikronährstoffen. *Landwirtsch. Forsch.* 12 (1959) 231—239.
- POSTHUMA, M.: De minerale samenstelling van gras. III. Gestencikde Meded. Rijkslandbouwconsulentenschap voor Z.W. Friesland, no. 11 (1960).