

PROEFSTATION VOOR DE AKKER- EN WEIDEBOUW
WAGENINGEN

Gestencilde Verslagen
van
Interprovinciale Proeven
Nr. 141 (1970)

ONDERZOEK NAAR DE KOPER- EN KOBALTTOESTAND VAN GRASLAND

Verslag van de interprovinciale proeven 1966 t/m 1968
(Serie 74)

door
Dr. ir. K. W. Smilde
(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid - Haren (Gr.))

INHOUDSOPGAVE

- I. Inleiding
- II. Algemene gegevens
- III. Resultaten grond- en gewasonderzoek per proefveld
- IV. Het kopergehalte van de grond en de methode van voor-
behandeling van de grondmonsters
- V. De zink- en loodgehalten van het gras
- VI. Samenvatting en conclusies
- VII. Literatuur

I. INLEIDING

In februari 1966 werd, in samenwerking met het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, door elk van de toenmalige Rijkslandbouwconsulentschappen Midden, Z. O. en N. O. - Noord-Brabant en Noord-Limburg een koper-kobaltproefveld op grasland aangelegd. Doel was na te gaan in welke mate de koper en kobalttoestand van de zuidelijke zandgronden kan worden verbeterd door toediening van koper- en kobaltmeststoffen* (gift ineens), c. q. koper- en kobalthoudende (meng)meststoffen** (gedeelde giften).

De specialisten (bodem) van de consulentschappen, resp. de heren Van der Veeken, Jorissen, Limbeek en Clerx verrichtten bemonsteringen op de proefvelden en verzamelden (bewerkten) de gegevens van grond- en gewasonderzoek. Van de proefvelden in Midden- en N. O. -Noord-Brabant is reeds een verslag verschenen. In dit rapport worden de resultaten van alle proefvelden samenvattend besproken.

- * Een kopermeststof moet minstens 1,0, een koperhoudende meststof minstens 0,3 % Cu bevatten.
- ** Een kobaltmeststof moet minstens 0,1, een kobalthoudende meststof minstens 0,02 % Co bevatten.

II. ALGEMENE GEGEVENS

Alle proefvelden bestonden uit 27 veldjes van 7 x 7 m² met de volgende behandelingen in drievoud (giften in kg/ha):

1. 0 Cu, 0 Co (in zesvoud)
2. In 1966: 1,8 Cu, 0,137 Co als deltakorrel granumix NPK (0,29 % Cu; 0,022 % Co)
In 1967: 1,8 Cu, 0,114 Co als deltakorrel granumix NPK (0,19 % Cu; 0,012 % Co)
3. Als 2, maar dubbele hoeveelheden
4. In 1966: 3,6 Cu als kopersulfaat (25 % Cu); 0,236 Co als kobaltsulfaat (21 % Co)
5. Als 4, maar dubbele hoeveelheden
6. In 1966: 3,6 Cu, 0,236 Co als koperslakkenbloem (1,42 % Cu; 0,093 % Co; 1,7 % Zn; 0,19 % Pb)
7. Als 6, maar dubbele hoeveelheden
8. In 1966: 3,6 Cu, 0,128 Co als kopermagnesiummeststof "Sporumix A" (1,4 % Cu; 0,05 % Co)
In 1967: 3,6 Cu, 0,120 Co als kopermagnesiummeststof "Sporumix A" (1,2 % Cu; 0,04 % Co).

De behandelingen 2, 4 en 6 enerzijds en 3, 5 en 7 anderzijds stemmen (nagenoeg) met elkaar overeen t. a. v. de totale koper- en kobaltgiften. Object 8 correspondeert met de objecten 3, 5 en 7 t. a. v. de totale kopergift en met de objecten 2, 4 en 6 t. a. v. de totale kobaltgift.

Alle veldjes ontvingen evenveel stikstof, fosfaat, kali en magnesium, volgens onderstaand schema (giften in kg/ha):

Object	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		MgO	
	NPK	kas	NPK	sup	NPK	K-40	NPK	kies
1. 1966		199		99		99		64
1967		324		100		104		75
2. 1966	99*	100	50*	49	50*	49	22*	42
1967	162**	162	50**	50	52**	52	25**	50
3. 1966	199*		99*		99*		44*	20
1967	324**		100**		104**		51**	24
4.								
5.								
6.	als 1		als 1		als 1		als 1	
7.								
8. 1966	als 1		als 1		als 1		64 Sp. A***	
1967	als 1		als 1		als 1		75 Sp. A	

* Deltakorrel granumix NPK (16 % N; 8 % P₂O₅; 8 % K₂O; 3,6 % MgO)

** Deltakorrel granumix NPK (17,1 % N; 5,3 % P₂O₅; 5,5 % K₂O; 2,7 % MgO)

*** Sporumix A (25 % MgO)

Koper- en kobaltsulfaat en koperslakkenbloem werden éénmaal, bij de aanleg van de proefvelden (februari 1966), toegediend. Fosfaat, kali en magnesium, voor zover niet als mengmeststof gegeven, werden evenals "Sporumix A" ieder jaar in maart/april, tegelijk met de eerste stikstofbemesting, toegediend. De mengmeststof deltakorrel granumix, eventueel aangevuld met kalkammonsalpeter, werd ieder jaar in drie tot vier keer toegediend. Op geen van de proefvelden werd bemest met stalmest, dunne mest of gier.

Grondonderzoek

Bij de aanleg van de proefvelden (februari 1966) en in het najaar van 1967 werden per object grondmonsters genomen in de lagen 0-2½ en 2½-5 cm, voor onderzoek op koper en kobalt. In het najaar van 1966 en 1968 vond grondonderzoek per veldje plaats. In februari 1967 werden in de laag 0-5 cm monsters genomen op de veldjes bemest met kopersulfaat en koperslakkenbloem (hoogste gift) voor onderzoek op koper. In dit onderzoek werd nagegaan of bij de voorbehandeling van de monsters (uitzeven van wortelresten) ook aangehecht koper verloren gaat.

Gewasonderzoek

Van de eerste en laatste snede werden bij 10 cm lengte gewasmonsters genomen voor onderzoek op koper en stikstof. In 1966 en 1968 geschiedde de bemonstering per veldje, in 1967 per object. Bovendien werd in enkele monsters van de onbehandelde en de met koperslakkenbloem bemeste veldjes het lood- en zinkgehalte bepaald. In het vroege voorjaar van 1967 en 1968 werden op de onbehandelde veldjes, vóór de grasgroei begon, monsters genomen voor onderzoek op lood. Dit laatste geschiedde naar aanleiding van Engelse gegevens over hoge loodgehalten in gras tijdens de winter.

MB 723 - Zundert Leemhoudende zandgrond. Gegevens grondonderzoek bij aanleg (laag 0-5 cm): pH-KCl 6,0, 9,4 % organische stof, P-Al 68, K-HCl 26, Cu-HNO₃ 1,8 (dpm), Co-azijnzuur 0,09 (dpm).

Data bemonstering grond: 1/2/66, 11/11/66, 16/11/67, 31/10/68.

Data bemonstering gewas: 2/5/66, 21/9/66, 26/4/67, 13/9/67, 3/5/68, 27/9/68.

OB 3789 - Veldhoven Zandgrond. Gegevens grondonderzoek bij aanleg (laag 0-5 cm): pH-KCl 6,3, 4,1 % organische stof, P-Al 50, K-HCl 9, Cu-HNO₃ 1,5 (dpm), Co-azijnzuur 0,38 (dpm).

Data bemonstering grond: 17/2/66, 20/1/67, 22/12/67, 23/12/68.

Data bemonstering gewas: 2/6/66, 3/11/66, 23/5/67, 8/10/67, 21/5/68, 16/10/68.

NOB-1041 - Loosbroek Humeuze zandgrond. Gegevens grondonderzoek bij aanleg (laag 0-5 cm): pH-KCl 5,6, 5,2 % organische stof, P-Al 38, K-HCl 12, Cu-HNO₃ 2,0 (dpm), Co-azijnzuur 0,05 (dpm).

Data bemonstering grond: 3/2/66, 13/10/66, 17/10/67, 25/9/68.

Data bemonstering gewas: 25/4/66, 13/9/66, 5/5/67, 17/10/67, 29/4/68, 25/9/68.

NL 885 - Meijel Zandgrond (in 1954 ontgonnen veen, bezand met 30 cm zand). Gegevens grondonderzoek bij aanleg (laag 0-5 cm): pH-KCl 6,4, 6,8 % organische stof, P-Al 154, K-HCl 15, Cu-HNO₃ 1,3 (dpm), Co-azijnzuur 0,02 (dpm).

Data bemonstering grond: 15/2/66, 7/12/66, 28/9/67.

Data bemonstering gewas: 8/5/66, 20/9/66, 8/5/67, 28/9/67, 9/5/68.

Doordat het grasland plotseling door de proefveldhouder werd gescheurd, konden de bemonsteringen in het najaar van 1968 helaas niet plaatsvinden.

III. RESULTATEN GROND- EN GEWASONDERZOEK PER PROEFVELD

MB 723

Grondonderzoek

De resultaten van het grondonderzoek op koper zijn weergegeven in fig. 1. Alle meststoffen hebben het kopergehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm sterk verhoogd. De kopergehalten waren in 1967 hoger dan in 1966. Op de deltakorrel granumix en "Sporumix A" veldjes was de stijging van het kopergehalte het sterkst, hetgeen een logisch gevolg is van de spreiding der meststofgiften over de jaren 1966 en 1967. Ook op de veldjes die de bemesting ineens ontvingen (kopersulfaat en koperslakkenbloem) werd echter een kleine stijging gevonden. Een verklaring hiervoor wordt later gegeven (blz. 19). Blijkens het grondonderzoek van oktober 1968 trad daarna een sterke daling op.

Bij vergelijking van de werking der verschillende meststoffen moet rekening worden gehouden met de hoeveelheden koper, die op het tijdstip van bemonstering in totaal zijn toegediend. De verschillen tussen de meststoffen blijken dan klein te zijn. Deltakorrel granumix verhoogde het kopergehalte van de grond in het algemeen iets meer dan de andere meststoffen, vooral bij de hoogste gift. Koperslakkenbloem bleef in werking meestal iets ten achter bij kopersulfaat.

De stijging van het kopergehalte van de grond in de laag 2,5-5 cm was aanvankelijk zeer klein, maar nam in volgende jaren toe. Bij de laatste bemonstering (oktober 1968) bedroegen de kopergehalten ongeveer de helft van die in de laag 0-2,5 cm, behalve op de deltakorrel granumix en "Sporumix A" veldjes waar de toediening van de meststof ten dele later heeft plaatsgevonden. De verticale verplaatsing van koper in de grond, samen gaand met een daling van de kopergehalten in de laag 0-2,5 cm, geschiedt dus (zeer) langzaam.

Indien geen rekening wordt gehouden met verschillen in volumegewicht en eventuele bemonsteringsfouten, kan uit de kopergehalten in de lagen 0-2,5 en 2,5-5 cm een gemiddelde waarde worden berekend voor het kopergehalte in de, normaliter te bemonsteren, laag 0-5 cm. Volgens het grondonderzoek van november 1967 blijkt dan dat 3,6 kg Cu/ha juist voldoende is geweest om het kopergehalte van de grond op het volgens de adviesbasis gewenste niveau van 5 dpm te brengen. Deze toestand bleef echter niet lang gehandhaafd.

De resultaten van het grondonderzoek op kobalt zijn weergegeven in fig. 2. Alle meststoffen verhoogden het kobaltgehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm sterk. Op de deltakorrel granumix en "Sporumix A" veldjes werden in 1967 duidelijk hogere kobaltgehalten verkregen dan in 1966, hetgeen een gevolg is van de gedeelde meststofgiften. Dit was niet het geval op de veldjes bemest met koperslakkenbloem (op de kopersulfaat veldjes is het kobaltgehalte in november 1966 niet bepaald). Bij het volgende grondonderzoek (oktober 1968) bleek het kobaltgehalte op vrijwel alle veldjes te zijn gedaald.

Bij gelijke (in totaal toegediende) hoeveelheden kobalt verhoogde koperslakkenbloem het kobaltgehalte van de grond (aanzienlijk) meer dan de andere meststoffen. De werking van kobaltsulfaat liet te wensen over, vooral bij de hoogste gift; de overige verschillen waren klein.

Het kobaltgehalte van de grond in de laag 2,5-5 cm steeg eerst zeer weinig, maar nam in volgende jaren toe. Bij het laatste grondonderzoek waren de kobaltgehalten tot ongeveer de helft van die in de laag 0-2,5 cm gestegen, behalve op de deltakorrel granumix veldjes waar de meststof ten dele later werd toegediend.

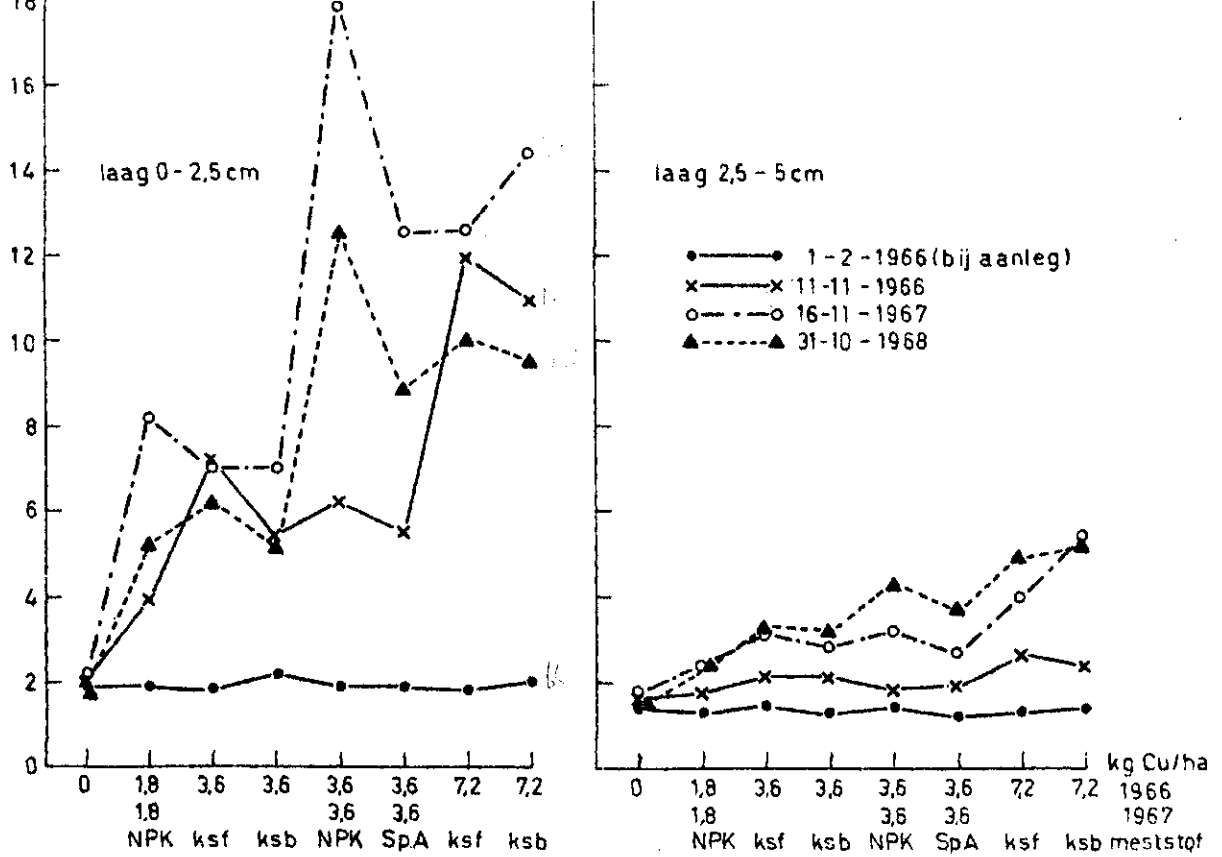


Fig. 1. MB 723. Kopergehalten van de grond na bemesting met verschillende koper (houdende) meststoffen; links laag 0-2,5 cm, rechts laag 2,5-5 cm. NPK=deltakorrel granumix, ksf=kopersulfaat, ksb=koperslakkenbloem, Sp.A="Sporumix A".

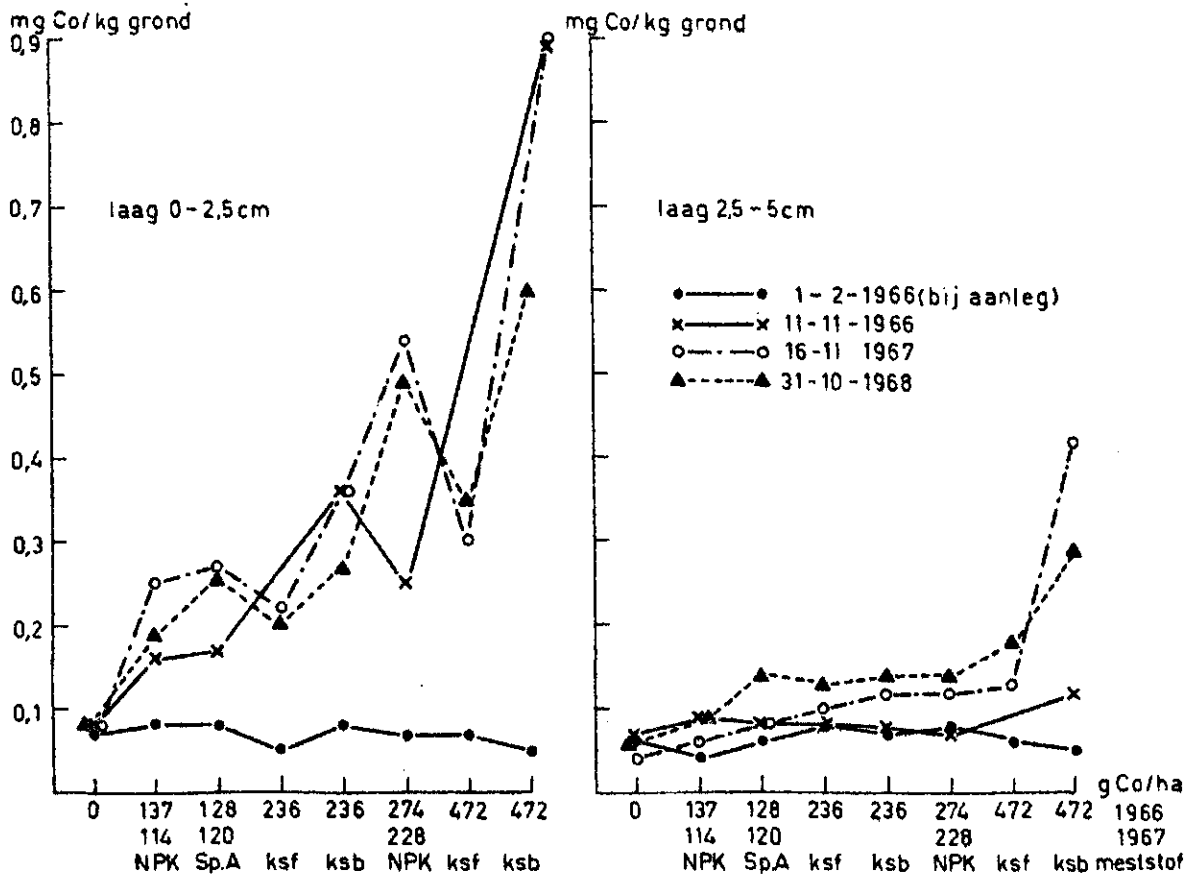


Fig. 2. MB 723. Kobaltgehalten van de grond na bemesting met verschillende kobalt (houdende) meststoffen; links laag 0-2,5 cm, rechts laag 2,5-5 cm. NPK=deltakorrel granumix, ksf=kobaltsulfaat, ksb=koperslakkenbloem, Sp.A="Sporumix A".

De kobaltgehalten in de lagen 0-2,5 en 2,5-5 cm (grondonderzoek november 1967) kunnen herleid worden tot een gemiddeld kobaltgehalte in de laag 0-5 cm. Dan blijkt dat ca. 240 g Co/ha niet voldoende is geweest om het kobaltgehalte van de grond in de laag 0-5 cm op het gewenste niveau van 0,30 dpm te brengen. De dubbele hoeveelheid was wel voldoende, behalve wanneer kobalt als kobaltsulfaat werd gegeven.

Gewasonderzoek

De resultaten van het gewasonderzoek zijn vermeld in tabel 1.

Tabel 1. MB 723. KOPERGEHALTEN VAN HET GRAS (in dpm) NA BEMESTING (in kg/ha) MET VERSCHILLENDE KOPER(HOUDENDE) MESTSTOFFEN

Datum	0 Cu	1,8 Cu (NPK) ¹⁾	3,6 Cu (NPK)	3,6 Cu		3,6 Cu (Sp.A) ⁴⁾	7,2 Cu	
		in 1966	in 1966	in 1966		in 1966	in 1966	
		1,8 Cu (NPK)	3,6 Cu (NPK)	ksf	ksb	3,6 Cu (Sp.A)	ksf	ksb
in 1967	in 1967	in 1967						
2/ 5/66	4,8	5,8	7,0	9,6	11,7	10,2	13,7	12,6
21/ 9/66	5,7	7,5	8,8	9,1	7,7	8,4	9,7	8,9
26/ 4/67	5,5	7,7	9,6	9,3	8,3	12,0	10,8	9,8
13/ 9/67	5,3	8,6	10,2	8,0	6,9	-	8,5	7,9
3/ 5/68	6,3	10,2	12,7	9,9	10,1	11,8	12,0	10,6
27/ 9/68	5,4	8,5	11,0	8,2	7,6	8,8	9,5	9,7
Ruw-eiwit-		2/5/66	21/9/66	26/4/67	13/9/67	3/5/68	27/9/68	
gehalte (%)		21,8	27,0	27,8	25,2	25,8	32,0	

1) deltakorrel granumix NPK (0,29 % Cu in 1966; 0,19 % Cu in 1967)

2) kopersulfaat (25 % Cu)

3) koperslakkenbloem (1,42 % Cu)

4) kopermagnesiummeststof "Sporumix A" (1,4 % Cu in 1966; 1,2 % Cu in 1967)

Het kopergehalte van het gras steeg met de toegediende hoeveelheid koper. Najaarsgras had gewoonlijk een hoger kopergehalte dan voorjaarsgras, zoals blijkt bij beschouwing van de niet met deltakorrel granumix bemeste veldjes. Koper- en ruw-eiwit(stikstof)gehalten liepen niet parallel. De kopergehalten van het gras op de deltakorrel granumix veldjes stegen in de loop van 1966 en 1967, hetgeen een gevolg is van de gedeelde bemesting. Indien bij de verschillende maaidata rekening wordt gehouden met de totaal toegediende hoeveelheden koper, blijken de verschillen tussen de meststoffen, wat betreft de verhoging van het kopergehalte van het gras, gering te zijn. Deltakorrel granumix had een iets betere werking dan de andere meststoffen, terwijl kopersulfaat over het algemeen iets beter werkte dan koperslakkenbloem.

OB 3789

Grondonderzoek

Fig. 3 laat de resultaten van het grondonderzoek op koper zien. Het kopergehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm is sterk gestegen door toediening van de meststoffen. Vergelijking van de kopergehalten op de achtereenvolgende bemonsteringsdata toont aan, dat op de deltakorrel granumix en "Sporumix A" veldjes een sterke stijging optrad, die zich, in tegenstelling tot MB 723, tot eind 1968 voortzette. Het kopergehalte op de kopersulfaat en koperslakkenbloem veldjes veranderde in de loop van de proefperiode weinig, aannemende dat de lage waarden bij het grondonderzoek van december 1967 (hoogste gift) berusten op een analyse- of bemonsteringsfout.

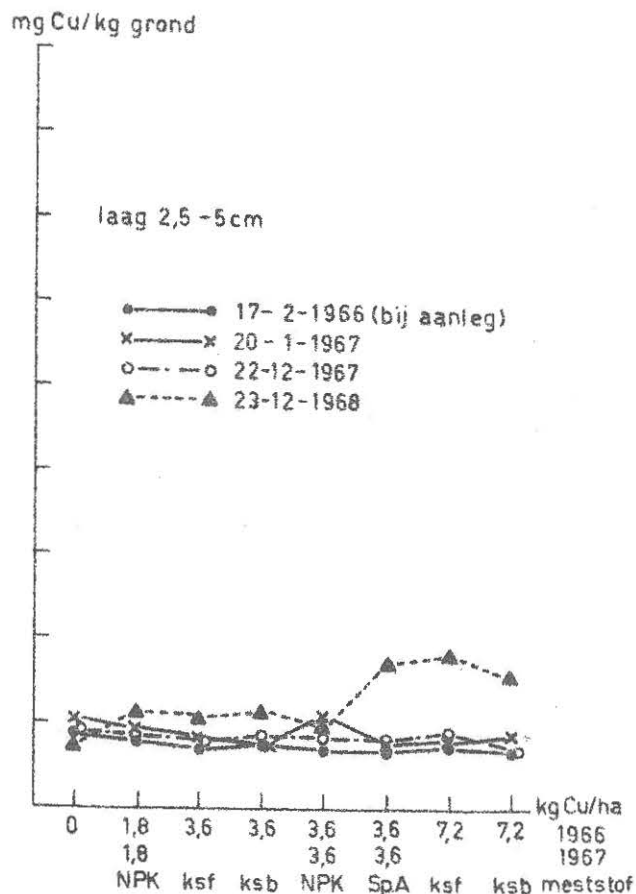
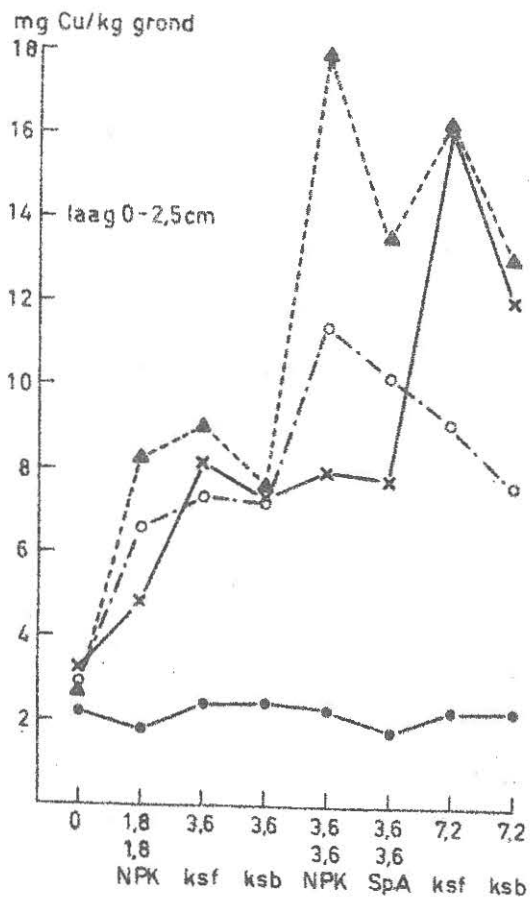


Fig. 3. OB 3789. Kopergehalten van de grond na bemesting met verschillende koper (houdende) meststoffen; links laag 0-2,5 cm, rechts laag 2,5-5 cm. NPK=deltakorrel granumix, ksf=kopersulfaat, ksb=koperslakkenbloem, Sp.A="Sporumix A".

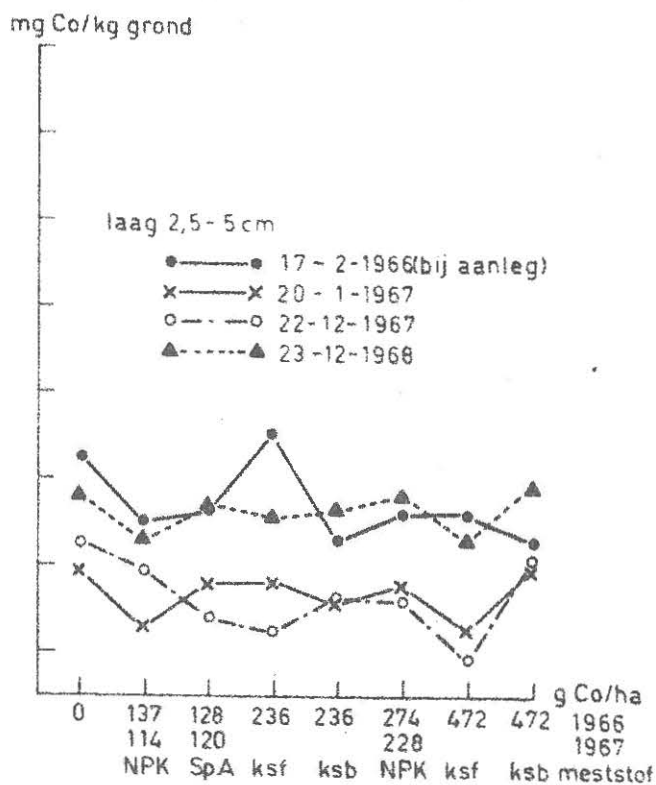
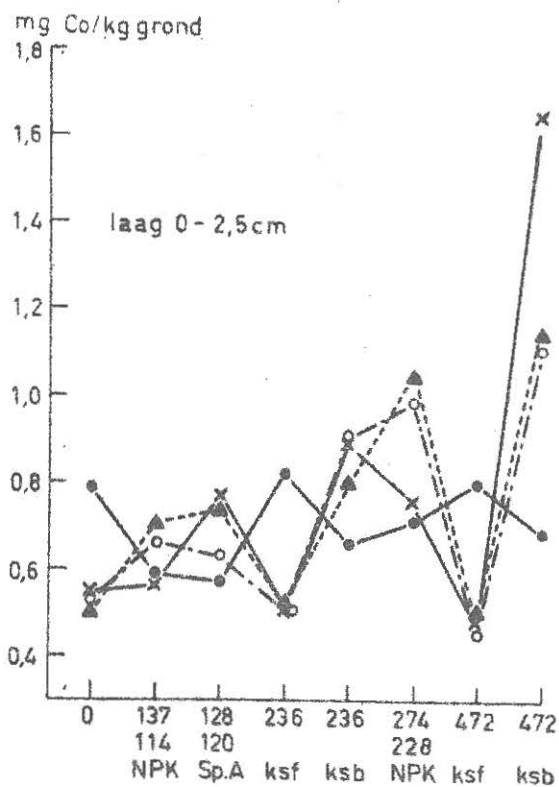


Fig. 4. OB 3789. Kobaltgehalten van de grond na bemesting met verschillende kobalt (houdende) meststoffen; links laag 0-2,5 cm, rechts laag 2,5-5 cm. NPK=deltakorrel granumix, ksf=kobaltsulfaat, ksb=koperslakkenbloem, Sp.A="Sporumix A".

Te oordelen naar de resultaten van het grondonderzoek op de veldjes die gelijke hoeveelheden koper hebben ontvangen, verschilden de meststoffen weinig in werking. Deltakorrel granumix verhoogde bij de hoogste gift het kopergehalte van de grond iets meer dan de andere meststoffen, terwijl kopersulfaat iets beter werkte dan koperslakkenbloem.

Een duidelijke stijging van het kopergehalte van de grond in de laag 2,5-5 cm werd pas bij het laatste grondonderzoek (december 1968) waargenomen.

Berekening van een gemiddelde waarde van het kopergehalte in de laag 0-5 cm (grondonderzoek december 1968) toont aan, dat 3,6 kg Cu/ha juist voldoende is geweest om de kopertoestand van de grond op het gewenste niveau van 5 dpm te brengen.

De kobaltoestand van het proefveld was zeer onregelmatig, zoals blijkt uit het grondonderzoek bij aanleg (fig. 4). De meststoffen hebben het kobaltgehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm verhoogd, behalve kobaltsulfaat dat in het geheel niet heeft gewerkt. Op de deltakorrel granumix veldjes waren de kobaltgehalten in 1967 hoger dan in 1966, ten gevolge van de gedeelde bemesting. Op de koperslakkenbloem veldjes trad daarentegen een daling op, die bij de hoogste gift reeds in 1967 tot uiting kwam.

Bij vergelijking van de meststoffen op basis van de totaal toegediende hoeveelheden kobalt blijkt, dat koperslakkenbloem het kobaltgehalte van de grond meer verhoogde dan de andere meststoffen.

Over de kobaltgehalten van de grond in de laag 2,5-5 cm is niets met zekerheid te zeggen. Het niveau van de onbemeste veldjes is ongetwijfeld te hoog (te ondiepe bemonstering?).

Gewasonderzoek

Alle meststoffen verhoogden het kopergehalte van het gras (tabel 2).

Tabel 2. OB 3789. KOPERGEHALTEN VAN HET GRAS (in dpm) NA BEMESTING (in kg/ha) MET VERSCHILLENDE KOPER(HOUDENDE) MESTSTOFFEN

Datum	0 Cu	1,8 Cu (NPK) ¹⁾		3,6 Cu (NPK)		3,6 Cu (Sp.A) ⁴⁾		7,2 Cu	
		in 1966		in 1966		in 1966		in 1966	
		1,8 Cu (NPK)		3,6 Cu (NPK)		3,6 Cu (Sp.A)		7,2 Cu	
		in 1967		in 1967		in 1967		in 1966	
				2) ksf 3) ksb				ksf	ksb
2/ 6/66	7,6	7,5		8,0		8,5	7,8	10,3	8,8 8,2
3/11/66	8,8	11,8		14,1		12,3	12,4	12,3	13,8 14,4
23/ 5/67	9,4	11,4		13,0		10,7	8,8	20,2	11,4 8,0
8/10/67	13,6	17,8		19,0		16,7	16,7	18,9	17,3 16,7
21/ 5/68	10,0	11,6		13,9		11,4	11,6	12,0	11,5 12,0
16/10/68	10,6	13,5		15,4		13,5	12,3	15,7	14,5 13,5
Ruw-eiwit- gehalte (%)		2/6/66	3/11/66	23/5/67	8/10/67	21/5/68	16/10/68		
		15,1	20,4	18,5	32,3	25,2	15,3		

1) deltakorrel granumix NPK (0,29 % Cu in 1966; 0,19 % Cu in 1967)

2) kopersulfaat (25 % Cu)

3) koperslakkenbloem (1,42 % Cu)

4) kopermagnesiummeststof "Sporumix A" (1,4 % Cu in 1966; 1,2 % Cu in 1967)

Verdubbeling van de toegediende hoeveelheid koper van 3,6 tot 7,2 kg/ha bracht slechts een geringe stijging teweeg. Het najaarsgras had een hoger koper- en ruw-eiwitgehalte dan het voorjaarsgras. De stijging van de kopergehalten van het gras op de deltakorrel granumix veldjes in 1966 en 1967 is daarom niet alleen een gevolg van de gedeelde bemesting. Vergelijking

van de meststoffen, op basis van de totaal toegediende hoeveelheden koper, laat zien dat de verschillen in werking gering waren. Deltakorrel granumix verhoogde het kopergehalte van het gras iets meer dan de andere meststoffen, kopersulfaat in het algemeen iets meer dan koperslakkenbloem. Het hoge kopergehalte van het gras op de "Sporumix A" veldjes bij de bemonstering in mei 1967 is waarschijnlijk veroorzaakt door aanhechting van meststofdeeltjes.

NOB 1041

Grondonderzoek

Alle meststoffen verhoogden het kopergehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm sterk (fig. 5). Het verloop van de kopergehalten in de verschillende jaren vertoont een grote gelijkens met dat op proefveld MB 723. Bij het grondonderzoek in 1967 waren de kopergehalten hoger dan in 1966, met name op de veldjes met de gedeelde bemesting (deltakorrel granumix en "Sporumix A"). Daarna trad een sterke daling op, waardoor de kopergehalten op de kopersulfaat en koperslakkenbloem veldjes, blijkens het grondonderzoek van september 1968, zelfs beneden het niveau van 1966 kwamen.

Beoordeling van de meststoffen, op basis van de totaal toegediende hoeveelheden koper, laat zien dat de verschillen in werking klein waren. Kopersulfaat verhoogde het kopergehalte van de grond iets meer dan koperslakkenbloem.

De kopergehalten van de grond in de laag 2,5-5 cm bleven laag. Van een regelmatige stijging in de loop der jaren kan niet worden gesproken. Dit is niet in overeenstemming te brengen met de daling van de kopergehalten in de laag 0-2,5 cm (grondonderzoek september 1968). Is bij het laatste grondonderzoek in de laag 2,5-5 cm de bemonstering te diep geweest?

Uit de resultaten van het grondonderzoek van oktober 1967, wanneer alle veldjes de totale hoeveelheden koper hebben ontvangen, kunnen gemiddelde waarden voor het kopergehalte in de laag 0-5 cm worden berekend. Dan blijkt dat 3,6 kg Cu/ha ruimschoots voldoende is geweest om de koper-toestand van de grond op 5 dpm te brengen. Bij het volgende grondonderzoek (september 1968) zijn de kopergehalten echter weer beneden dit niveau gekomen.

Alle meststoffen hebben het kobaltgehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm sterk verhoogd (zie fig. 6). Op de deltakorrel granumix en "Sporumix A" veldjes werden bij het grondonderzoek in oktober 1967 duidelijk hogere kobaltgehalten gevonden dan in 1966, als gevolg van de gedeelde bemesting. Deze stijging zette zich in 1968 voort. Op de kobaltsulfaat en koperslakkenbloem veldjes daalden daarentegen de kobaltgehalten in de loop der jaren.

Rekening houdende met de totaal toegediende hoeveelheden kobalt op het tijdstip van bemonstering, blijkt koperslakkenbloem het kobaltgehalte van de grond sterker te verhogen dan de andere meststoffen. Kobaltsulfaat bleef in werking achter, vooral bij de hoogste gift.

Het kobaltgehalte van de grond in de laag 2,5-5 cm steeg aanvankelijk zeer weinig, later iets meer. Toch blijven de gehalten, ook bij het laatste grondonderzoek, laag ten opzichte van die in de laag 0-2,5 cm (minder dan de helft).

Uit berekening van een gemiddelde waarde voor het kobaltgehalte in de laag 0-5 cm (grondonderzoek oktober 1967) volgt, dat ca. 240 g Co/ha niet (geheel) voldoende was om het kobaltgehalte van de grond tot 0,30 dpm te verhogen. Dit werd wel bereikt met de dubbele hoeveelheid, behalve bij kobaltsulfaat.

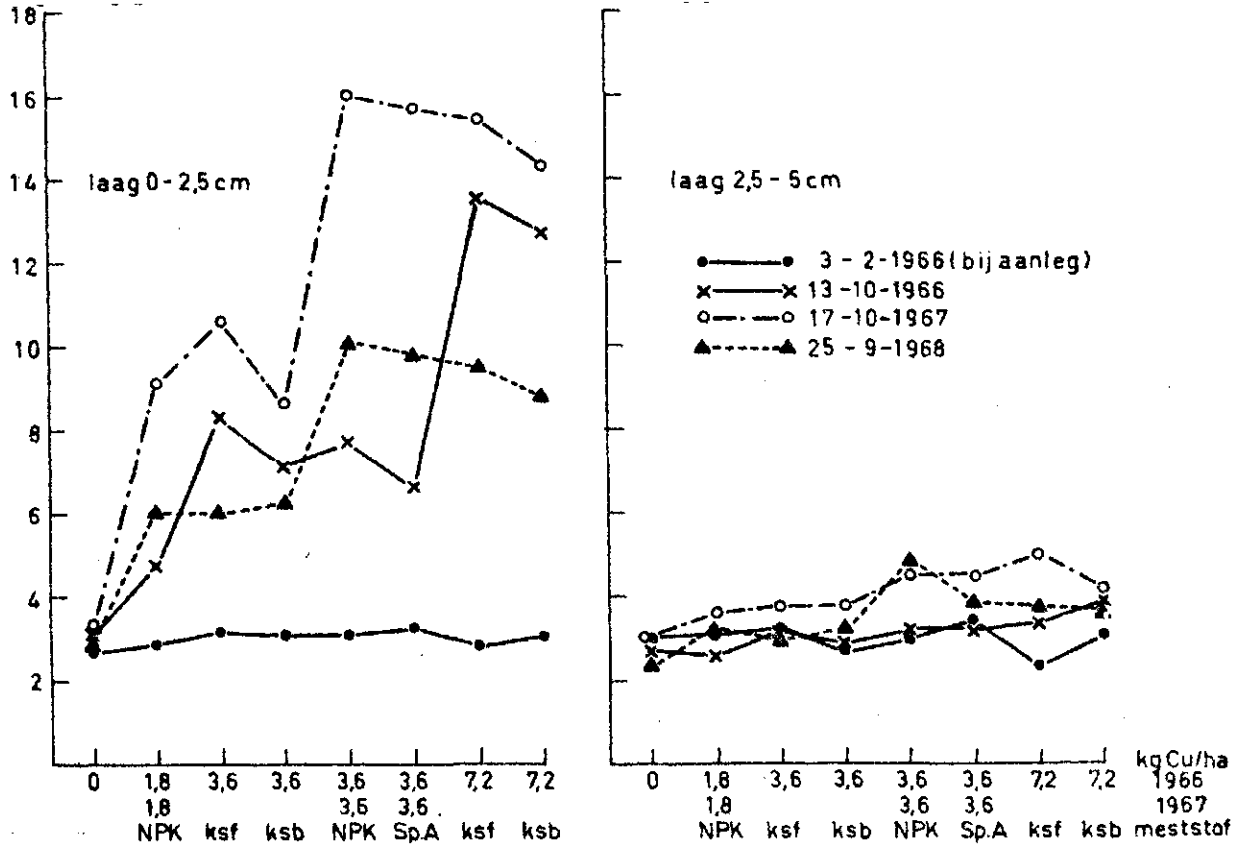


Fig. 5. NOB 1041. Kopergehalten van de grond na bemesting met verschillende koper (houdende) meststoffen; links laag 0-2,5 cm, rechts laag 2,5-5 cm.
 NPK=deltakorrel granumix, ksf=kopersulfaat, ksb=koperslakkenbloem, Sp.A="Sporumix A".

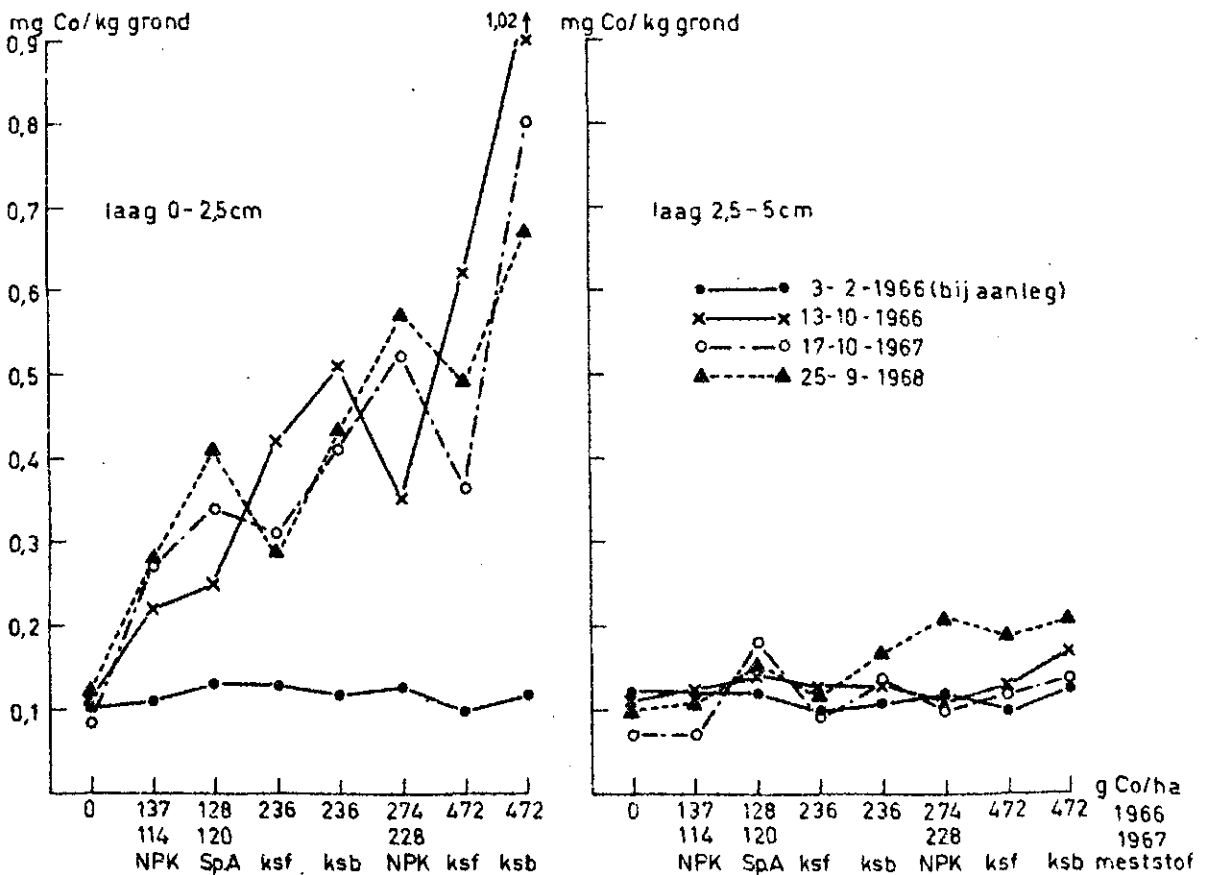


Fig. 6. NOB 1041. Kobaltgehalten van de grond na bemesting met verschillende kobalt (houdende) meststoffen; links laag 0-2,5 cm, rechts laag 2,5-5 cm.
 NPK=deltakorrel granumix, ksf=kobaltsulfaat, ksb=koperslakkenbloem, Sp.A="Sporumix A".

Gewasonderzoek

Alle meststoffen verhoogden het kopergehalte van het gras, maar de verschillen tussen de totaal toegepaste giften (3,6 en 7,2 kg Cu/ha) waren klein (tabel 3).

Tabel 3. NOB 1041. KOPERGEHALTEN VAN HET GRAS (in dpm) NA BEMESTING (in kg/ha) MET VERSCHILLENDE KOPER(HOUDENDE) MESTSTOFFEN

Datum	0 Cu	1,8 Cu ¹⁾ (NPK)	3,6 Cu (NPK)	3,6 Cu		3,6 Cu (Sp.A) ⁴⁾	7,2 Cu	
		in 1966	in 1966	in 1966		in 1966	in 1966	
		1,8 Cu (NPK)	3,6 Cu (NPK)	ksf ²⁾	ksb ³⁾	3,6 Cu (Sp.A)	ksf	ksb
in 1967	in 1967	in 1967						
25/ 4/66	7,8	8,0	8,5	11,9	11,5	17,8	13,3	16,5
13/ 9/66	7,1	8,2	8,9	9,8	9,0	8,6	9,5	9,2
5/ 5/67	6,5	7,4	8,6	7,4	7,7	8,8	8,3	8,5
17/10/67	9,4	10,9	13,0	11,7	10,6	11,9	10,8	11,7
29/ 4/68	8,3	12,2	13,2	11,4	11,1	11,5	12,2	12,0
25/ 9/68	6,1	7,3	8,3	7,5	7,1	8,1	8,0	7,5
Ruw-eiwit-		25/4/66	13/9/66	5/5/67	17/10/67	29/4/68	25/9/68	
gehalte (%)		25,3	20,7	21,0	28,4	32,1	19,5	

1) deltakorrel granumix NPK (0,29 % Cu in 1966; 0,19 % Cu in 1967)

2) kopersulfaat (25 % Cu)

3) koperslakkenbloem (1,42 % Cu)

4) kopermagnesiummeststof "Sporumix A" (1,4 % Cu in 1966; 1,2 % Cu in 1967)

Het najaarsgras had nu eens een hoger dan weer een lager koper- en ruw-eiwitgehalte dan het voorjaarsgras. Hiernaar te oordelen lijkt de ouderdom van het gras, waarvoor het ruw-eiwit(stikstof)gehalte een maat is, meer invloed te hebben op het kopergehalte dan het jaargetijde. Ook kan de stikstofbemesting een directe, positieve invloed hebben op het kopergehalte van gras (Posthuma, 1960). In verband hiermee kan de in 1967 op de deltakorrel granumix veldjes optredende stijging van het kopergehalte van het gras niet uitsluitend aan de gedeelde bemesting worden toegeschreven. Indien de meststoffen worden vergeleken op basis van de totaal toegediende hoeveelheden koper, blijken de verschillen in werking klein te zijn. De tendens is echter dezelfde als op de andere proefvelden. Het hoge kopergehalte van het gras op de "Sporumix A" veldjes bij de eerste bemonstering is waarschijnlijk veroorzaakt door aanhechting van meststofdeeltjes.

NL 885

Grondonderzoek

Volgens figuur 7 hebben alle meststoffen het kopergehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm sterk verhoogd. Het verloop van de kopergehalten kon slechts gedurende twee jaren worden vervolgd, aangezien het proefveld voortijdig moest worden opgeheven. Ook op dit proefveld waren de kopergehalten op de deltakorrel granumix en "Sporumix A" veldjes bij het grondonderzoek in 1967, ten gevolge van de gedeelde bemesting, aanmerkelijk hoger dan in 1966. Op de kopersulfaat en koperslakkenbloem veldjes werd geen, of een kleine stijging gevonden. Het extreem hoge kopergehalte op de veldjes met de laagste gift kopersulfaat berust zeer waarschijnlijk op een fout, die echter niet achterhaald kon worden.

Wegens het beperkte aantal gegevens is het moeilijk een uitspraak te doen over de werking van de verschillende meststoffen. Deltakorrel granumix

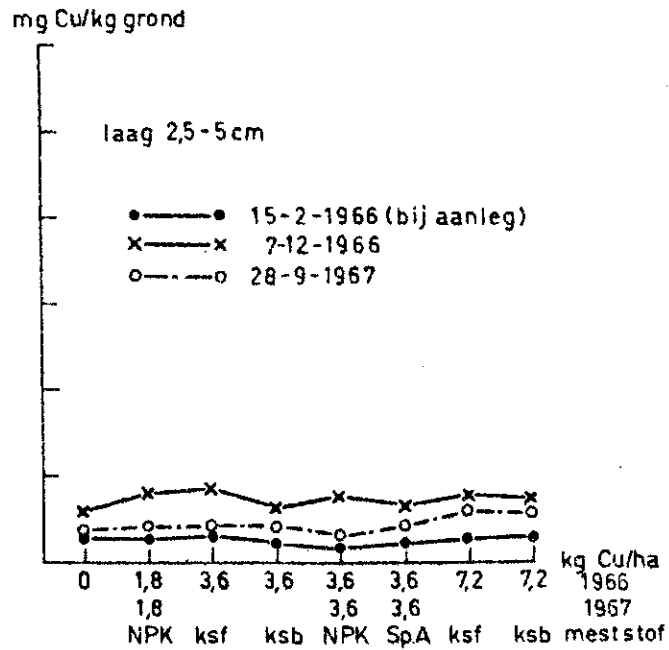
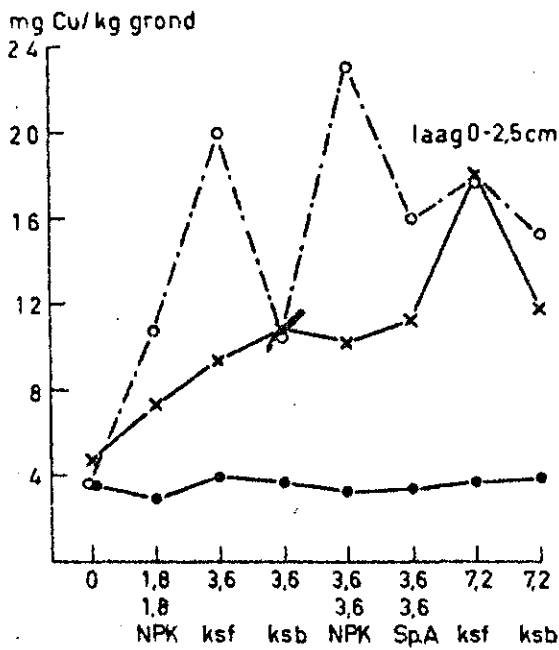


Fig. 7. NL 885. Kopergehalten van de grond na bemesting met verschillende koper (houdende) meststoffen; links laag 0-2,5 cm, rechts laag 2,5-5 cm. NPK=deltakorrel granumix, ksf=kopersulfaat, ksb=koperslakkenbloem, Sp.A="Sporumix A".

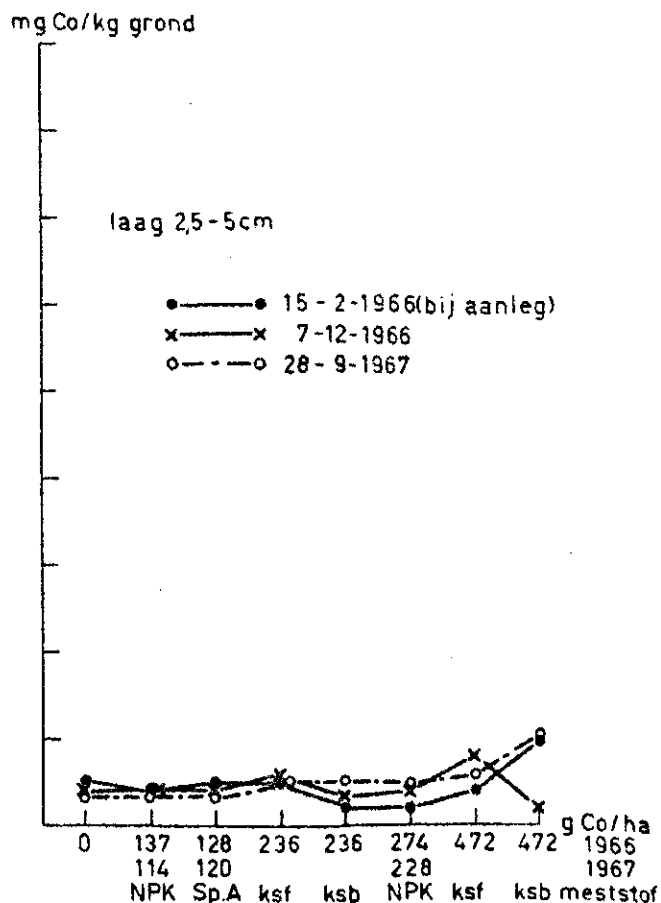
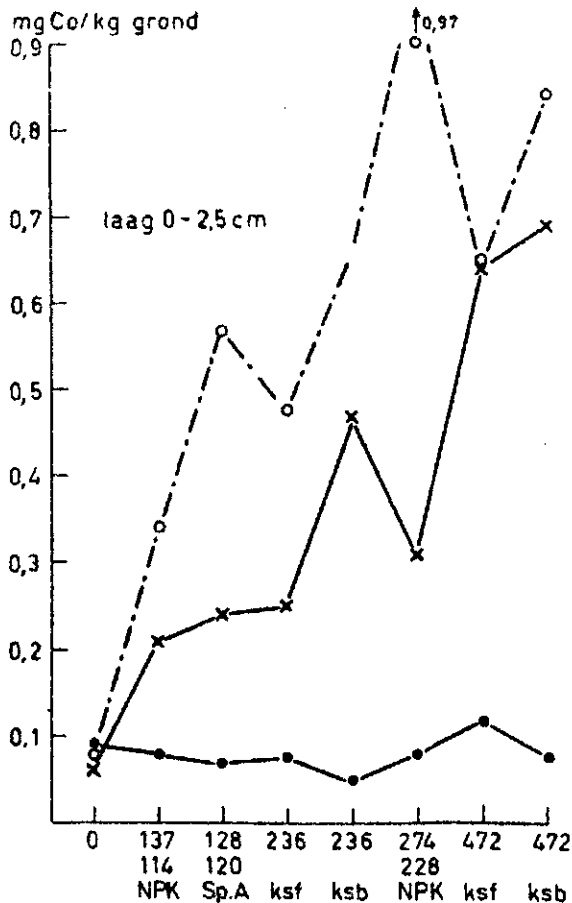


Fig. 8. NL 885. Kobaltgehalten van de grond na bemesting met verschillende kobalt (houdende) meststoffen; links laag 0-2,5 cm, rechts laag 2,5-5 cm. NPK=deltakorrel granumix, ksf=kobaltsulfaat, ksb=koperslakkenbloem, Sp.A="Sporumix A".

verhoogde het kopergehalte van de grond, althans bij de hoogste kopergift, iets sterker dan de andere meststoffen. Koperslakkenbloem bleef in werking iets achter bij kopersulfaat.

Gedurende de proefperiode is het kopergehalte van de grond in de laag 2,5-5 cm nauwelijks gestegen.

Bij berekening van een gemiddelde waarde voor het kopergehalte van de grond in de laag 0-5 cm blijkt, dat 3,6 kg Cu/ha ruimschoots voldoende was om de kopertoestand op 5 dpm te brengen. Zelfs 1,8 kg Cu/ha als deltakorrel granumix (zie grondonderzoek december 1966) was al voldoende.

Fig. 8 laat zien dat alle meststoffen het kobaltgehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm sterk hebben verhoogd. Bij het grondonderzoek in 1967 werden niet alleen op de deltakorrel granumix en "Sporumix A" veldjes (gedeelde bemesting), maar ook op de meeste kobaltsulfaat en koperslakkenbloem veldjes (bemesting ineens) hogere kobaltgehalten gevonden dan in 1966. Het is niet direkt in te zien waarom ook bij bemesting ineens de kobaltgehalten bleven stijgen. Vermoedelijk berust dit, evenals bij de kopergehalten (blz. 8, 13) op de methode van voorbehandeling van de grondmonsters (zie ook blz. 19).

De totaal toegediende hoeveelheden kobalt op het tijdstip van bemonstering in aanmerking nemend, werkte koperslakkenbloem in het algemeen beter dan de andere meststoffen. De werking van kobaltsulfaat bij de hoogste gift bleef achter bij die van de andere meststoffen.

In de laag 2,5-5 cm is tijdens de proefperiode geen stijging van het kobaltgehalte opgetreden.

Omrekening van de kobaltgehalten in de lagen 0-2,5 en 2,5-5 cm op een gemiddelde waarde voor de laag 0-5 cm (grondonderzoek september 1967) laat zien, dat ca. 240 g Co/ha als koperslakkenbloem en "Sporumix A" het kobaltniveau tot (minstens) 0,30 dpm heeft verhoogd. Met overeenkomstige hoeveelheden kobaltsulfaat en deltakorrel granumix werd dit niveau niet bereikt.

Gewasonderzoek

Alle meststoffen verhoogden het kopergehalte van het gras, maar de verschillen tussen de in totaal toegepaste giften (3,6 en 7,2 kg Cu/ha) waren klein (tabel 4).

Tabel 4. NL 885. KOPERGEHALTEN VAN HET GRAS (in dpm) NA BEMESTING (in kg/ha) MET VERSCHILLENDE KOPER(HOUDENDE) MESTSTOFFEN

Datum	0 Cu	1,8 Cu (NPK) ¹⁾		3,6 Cu (NPK)		3,6 Cu (Sp.A) ⁴⁾		7,2 Cu	
		in 1966		in 1966		in 1966		in 1966	
		1,8 Cu (NPK) in 1967		3,6 Cu (NPK) in 1967		3,6 Cu (Sp.A) in 1967		7,2 Cu in 1966	
				²⁾ ksf	³⁾ ksb			ksf	ksb
8/ 5/66	7,3	7,3	7,3	11,0	9,1	12,3		12,7	10,7
20/ 9/66	8,4	11,4	13,4	11,2	11,5	11,3		11,3	10,9
8/ 5/67	12,9	13,2	11,9	12,7	12,5	22,5		13,8	12,4
28/ 9/67	6,9	9,1	10,6	8,1	7,8	9,2		8,1	7,6
9/ 5/68	8,9	9,6	12,3	9,7	9,2	11,3		10,6	9,9
Ruw-elwit- gehalte (%)		8/5/66	20/9/66	8/5/67	28/9/67	8/5/68			
		16,1	21,4	23,8	19,5	21,8			

1) deltakorrel granumix NPK (0,29 % Cu in 1966; 0,19 % Cu in 1967)

2) kopersulfaat (25 % Cu)

3) koperslakkenbloem (1,42 % Cu)

4) kopermagnesiummeststof "Sporumix A" (1,4 % Cu in 1966; 1,2 % Cu in 1967)

De verschillen in kopergehalte tussen voor- en najaarsgras gaan samen met verschillen in ruw-eiwitgehalte. Door deze variaties wordt het effect van de gedeelde bemesting (deltakorrel granumix veldjes) vertroebeld. Ook op dit proefveld verschilden de meststoffen weinig in werking, indien de vergelijking wordt gebaseerd op de totaal toegediende hoeveelheden koper. Deltakorrel granumix werkte weer iets beter dan de andere meststoffen, kopersulfaat iets beter dan koperslakkenbloem. Het hoge kopergehalte van het gras op de "Sporumix A" veldjes (gewasonderzoek mei 1967) is vermoedelijk ook hier weer een gevolg van aanhechting van meststofdeeltjes.

IV. HET KOPERGEHALTE VAN DE GROND EN DE METHODE VAN VOOR- BEHANDELING VAN DE GRONDMONSTERS

In het voorgaande werd vermeld (blz. 8, 13) dat het kopergehalte van de grond in de laag 0-2,5 cm, bepaald door extractie met verdund salpeterzuur, tot geruime tijd na de bemesting (kopersulfaat en koperslakkenbloem veldjes) kan blijven stijgen. Dit wordt soms ook voor het kobaltgehalte van de grond, bepaald door extractie met 2,5 % azijnzuur, gevonden (blz. 17). Op dit verschijnsel werd ook reeds in een vroegere publikatie (Henkens, Smilde en Van Luit, 1965) gewezen. Aangezien het gehalte aan totaal koper eenzelfde tendens vertoonde, werd toen het vermoeden uitgesproken dat bij de voorbehandeling van de grondmonsters een deel van het met de bemesting toegediende koper verloren gaat. Bij het zeven van de grondmonsters zou het aan wortelresten gehechte koper met de laatste verwijderd kunnen worden.

Om het bovenstaande te verifiëren werden in februari 1967 op de vier proefvelden grondmonsters in de laag 0-5 cm genomen op de veldjes met de hoogste gift kopersulfaat en koperslakkenbloem. Van elk grondmonster werd de ene helft gezeefd, om wortelresten te verwijderen, de andere helft niet. De resultaten zijn vermeld in tabel 5.

Tabel 5. Cu-HNO₃-GEHALTEN (in dpm) VAN OP VERSCHILLENDE WIJZEN VOORBEHANDELDE GRONDMONSTERS

MB 723				OB 3789				NOB 1041				NL 885			
<u>niet</u> <u>uitgezeefd</u>		<u>wel</u> <u>uitgezeefd</u>		<u>niet</u> <u>uitgezeefd</u>		<u>wel</u> <u>uitgezeefd</u>		<u>niet</u> <u>uitgezeefd</u>		<u>wel</u> <u>uitgezeefd</u>		<u>niet</u> <u>uitgezeefd</u>		<u>wel</u> <u>uitgezeefd</u>	
<u>ksf</u>	<u>ksb</u>	<u>ksf</u>	<u>ksb</u>	<u>ksf</u>	<u>ksb</u>	<u>ksf</u>	<u>ksb</u>	<u>ksf</u>	<u>ksb</u>	<u>ksf</u>	<u>ksb</u>	<u>ksf</u>	<u>ksb</u>	<u>ksf</u>	<u>ksb</u>
12,7	10,4	6,1	8,2	15,4	8,4	6,9	6,6	12,2	9,9	10,6	8,8	19,3	15,9	6,9	7,6

Uit deze resultaten blijkt duidelijk dat het uitzeven van wortelresten leidde tot koperverliezen, vooral bij de grondmonsters van de kopersulfaat veldjes. Verwacht mag worden dat deze verliezen groter zijn naarmate de grondmonsters korter na de bemesting worden genomen, daar het aan wortelresten gehechte koper langzamerhand vrijkomt. Dit zou de (schijnbare) stijging van het kopergehalte van de grond gedurende de eerste jaren na bemesting verklaren. Wellicht is een dergelijke stijging van het kobaltgehalte van de grond (blz. 17) ook op deze wijze te verklaren.

V. DE ZINK- EN LOODGEHALTEN VAN HET GRAS

Tabel 6. ZINK- EN LOODGEHALTEN VAN GRAS (in dpm) OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN, AL OF NIET ONDER INVLOED VAN BEMESTING MET KOPERSLAKKENBLOEM (in kg/ha) IN FEBRUARI 1966

	0 ksb ^{x)}		253,5 ksb		507 ksb	
	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb
MB 723						
2/ 5/66	39	4,8	58	5,4	61	6,5
21/ 9/66	43	3,4	45	4,3	46	4,5
winter 1966/67	-	33,0	-	-	-	-
26/ 4/67	50	5,4	58	2,5	56	2,4
13/ 9/67	46	3,7	45	3,7	46	3,4
winter 1967/68	112	51,5	-	-	-	-
3/ 5/68	52	2,0	48	4,6	54	2,5
27/ 9/68	54	4,6	-	-	-	-
OB 3789						
3/11/66	127	13,1	131	14,6	123	14,0
winter 1966/67	-	41,8	-	-	-	-
23/ 5/67	86	2,2	82	2,1	82	13,9
winter 1967/68	336	86,2	-	-	-	-
21/ 5/68	103	5,7	-	-	-	-
16/10/68	165	26,3	-	-	-	-
NOB 1041						
25/ 4/66	47	21,1	59	13,9	64	20,4
13/ 9/66	35	4,0	40	4,0	35	3,8
winter 1966/67	-	38,3	-	-	-	-
5/ 5/67	38	3,8	34	3,6	38	3,5
winter 1967/68	151	46,4	-	-	-	-
NL 885						
20/ 9/66	118	8,3	130	9,5	113	9,3
winter 1966/67	-	49,9	-	-	-	-
winter 1967/68	339	58,4	-	-	-	-
9/ 5/68	79	5,1	-	-	-	-

x) koperslakkenbloem (1,42 % Cu; 0,093 % Co; 1,7 % Zn; 0,19 % Pb)

De resultaten van het gewasonderzoek op zink en lood zijn vermeld in tabel 6. In sommige sneden heeft toediening van zink- en loodhoudend koperslakkenbloem het zinkgehalte iets verhoogd, in andere niet; het loodgehalte werd weinig beïnvloed.

In perioden van niet actieve groei werden in het gras bijzonder hoge zink- en loodgehalten gevonden. De stijging ten gevolge van de toediening van zink- en loodhoudend koperslakkenbloem valt hierbij in het niet. Met name het loodgehalte van "wintergras" is een veelvoud van dat van "zomergras". Dit is geheel in overeenstemming met gegevens van Mitchell en Reith (1966). Het is moeilijk een verklaring te geven voor deze hoge gehalten. Opneming van deze metalen uit de grond tijdens de winter is weinig waarschijnlijk. Mogelijk is er sprake van een redistributie in de plant (transport van wortel naar bovengrondse delen). Het is niet bekend of, en in welke mate deze hoge lood- en zinkgehalten nadelig zijn voor diersoorten als schapen, die 's winters buiten verblijven.

VI. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Op enkele graslandproefvelden op zandgrond (Cu-HNO₃ 1,3-2,0 dpm; Co-azijnzuur 0,02-0,09, op één proefveld 0,38 dpm) in Noord-Brabant en Limburg werden de kopermeststoffen kopersulfaat, koperslakkenbloem en kopermagnesiummeststof "Sporumix A", en de koperhoudende mengmeststof deltakorrel granumix NPK beoordeeld op basis van grond- en gewasonderzoek.

Tevens werd het effect van koperslakkenbloem en de (kobalthoudende) meststoffen "Sporumix A" en deltakorrel granumix NPK op het kobaltgehalte van de grond nagegaan, waarbij, ter vergelijking, kobaltsulfaat in de objecten met kopersulfaat werd opgenomen. Koper- en kobaltsulfaat en koperslakkenbloem werden ineens (bij aanleg van het proefveld) toegediend, "Sporumix A" en deltakorrel granumix NPK in twee, resp. zes tot acht maal, gedurende een periode van twee jaren. De totaal met de verschillende meststoffen toegediende hoeveelheden koper bedroegen 3,6 en 7,2 kg/ha, de hoeveelheden kobalt ca. 240 en ca. 480 g/ha.

Deltakorrel granumix NPK (gedeelde bemesting) werkte over het algemeen iets beter dan de andere kopermeststoffen, en kopersulfaat iets beter dan koperslakkenbloem. De resultaten geven geen aanleiding het advies, te weten 25 kg kopersulfaat (25 % Cu) of 400 kg koperslakkenbloem (1,5 % Cu) per ha bij een Cu-HNO₃-gehalte van de grond lager dan 2 dpm, en 15 resp. 250 kg/ha bij een gehalte van 2-5 dpm te herzien. Wel kan het gewenst zijn na twee tot drie jaren een (kleine) aanvullende bemesting te geven.

Koperslakkenbloem verhoogde het kobaltgehalte van de grond meer dan deltakorrel granumix NPK en "Sporumix A" (gedeelde bemesting), en had bovendien een betere werking dan kobaltsulfaat. Hoewel dit laatste niet in overeenstemming is met vroeger gevonden resultaten, moet betwijfeld worden of het huidige advies, te weten 2 kg kobaltsulfaat (21 % Co) of 400 kg koperslakkenbloem (0,1 % Co) bij een Co-azijnzuurgehalte van de grond lager dan 0,10 dpm, voldoende hoog is voor kobaltsulfaat.

Het effect van een koperbemesting op grasland komt gedurende de eerste paar jaren dikwijls niet volledig tot uitdrukking in het kopergehalte van de grond, aangezien bij het zeven van de grondmonsters een deel van het in de grond aanwezige koper, dat gehecht is aan worteldeeltjes, wordt verwijderd.

Toediening van koperslakkenbloem verhoogde in sommige sneden het zinkgehalte van het gras, maar had weinig invloed op het loodgehalte.

In de winter bedroeg het loodgehalte van gras een veelvoud van dat in de zomer. Een dergelijke, maar minder sterke stijging deed zich voor bij het zinkgehalte.