

CODEN: IBBRAH (1-75) 1-29 (1975)

I N S T I T U U T V O O R B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 1-75

DE KOPERTOESTAND VAN ZEEKLEIGRONDEN

with a summary:

The copper status of alluvial marine loam soils

door

B. VAN LUIT

1975

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 1-75

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Materiaal en methoden	5
2.1. Potproeven	5
2.2. Veldproeven	6
3. Resultaten	7
3.1. Potproeven	7
3.1.1. Vp 912 - 1968. Zomertarwe	7
3.1.2. Vp 912 - 1969. Zomergerst	10
3.1.3. Vp 912 - 1970. Zomertarwe	13
3.1.4. Vp 1069 - 1972. Zomertarwe	17
3.2. Veldproeven	18
3.2.1. IB 1488 t/m 1491 - 1969. Zomertarwe	18
3.2.2. IB 1596 t/m 1598 - 1970. Zomertarwe	20
3.2.3. IB 2000 en 2001 - 1972. Zomertarwe	21
3.2.4. IB 2057 en 2058 - 1973. Zomertarwe	23
4. Discussie	25
5. Samenvatting en conclusies	26
6. Summary	27
7. Literatuur	28
8. Glossary	29

1. INLEIDING

Op zand- en dalgronden heeft Henkens (1961) een goed verband kunnen aantonen tussen het koper-salpeterzuurgetal van de grond (methode Westerhoff) en de opbrengstreactie van haver en tarwe. Als grenswaarden voor een voldoende kopertoestand in de grond werden gehalten gevonden van resp. 3 en 4 ppm Cu.

Volgens Van der Feijst (1968) is 31% van het bouwland op onze zee- en rivierkleigronden onvoldoende van koper voorzien als de grenswaarden van zand- en dalgronden worden gebruikt. Het is echter voor kleigronden nog onvoldoende bekend of deze normen kunnen worden gehanteerd.

Vetter en Teichmann (1968) vonden op kleigronden in het noordwesten van West-Duitsland belangrijke opbrengstverhogingen na toediening van koper. Deze verhogingen werden zelfs geconstateerd bij koper-salpeterzuurgetallen tussen 4 en 8 ppm bij hoge stikstofgiften. De optimale hoeveelheid stikstof werd na toediening van koper met 40 kg N/ha verhoogd, terwijl legering en meeldauwaantasting werden teruggedrongen. Deze opmerkelijke resultaten konden tot op heden door onderzoekers in andere gebieden niet worden bevestigd.

Grass (1974) vermeldt de gegevens van een aantal proeven (zowel veld- als potproeven), in de jaren 1968 t/m 1972 op verschillende gronden genomen, met de granen tarwe, gerst, haver en rogge. Incidenteel werd een statistisch significante opbrengstvermeerdering aangetoond, die echter geen samenhang vertoonde met de hoogte van het kopergehalte van de grond. Van een positieve koper-stikstofinteractie, zoals door Vetter en Teichmann geconstateerd, was evenmin sprake.

Gupta en MacLeod (1970) vonden na toediening van koper op een lemige zandgrond grote opbrengstvermeerderingen bij tarwe, haver en gerst in een potproef, waarbij het kopergehalte in de korrel en het stro duidelijk werd verhoogd. Daarentegen werd in een begeleidende veldproef, met dezelfde grond, geen enkele reactie op koper waargenomen, terwijl de kopergehalten in de korrel en het stro evenmin werden verhoogd.

In dit rapport worden de resultaten vermeld van een aantal pot- en veldproeven op zeekleigronden die hoofdzakelijk afkomstig zijn uit de

provincie Groningen. Volgens de Groot en Zschuppe (1972) hebben de mobiliseringsprocessen in de Rijndelta nl. tot gevolg dat de hoge kopergehalten die in de door de Rijn aangevoerde sedimenten worden aangetroffen, in het Waddengebied tot meer normale of zelfs lage waarden zijn gereduceerd.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1. potproeven

Een potproef (Vp 912) met 15 zeeleigonden uit de provincie Groningen, de Flevopolder, de Noordoostpolder en de Wieringermeerpolder werd in 1968 aangezet om de opbrengstreactie van enkele granen op een toediening van koper nader te bestuderen. Deze gronden werden zodanig geselecteerd, dat een ruime variatie in kopergehalten van de grond werd verkregen (koper-salpeterzuurgetallen tussen 1,5 en 14).

Er werden Mitscherlichpotten van 5,2 liter inhoud gebruikt waarbij de hoeveelheid droge grond in de potten varieerde van 4,5 tot 6,6 kg. Gedurende het groeiseizoen werden de gronden telkens op 50 tot 70% van de maximale watercapaciteit gebracht. Aan alle gronden werd een voldoende basisbemesting gedoseerd van N, P, K, Mg en Mn. Van elke grond werden zes potten gevuld, waarvan de helft een koperbemesting ontving in de vorm van kopersulfaat naar 50 kg/ha. Deze hoeveelheid werd alleen in het eerste jaar toegediend (1968). De proef werd voortgezet t/m 1970, waarbij achtereenvolgens zomertarwe (Peko), zomergerst (Herta) en zomertarwe (Peko) werd gezaaid. De granen werden rijp geoogst, waarna de korrel- en stro-opbrengst werden bepaald.

Aansluitend aan dit onderzoek werd in 1972 een potproef (Vp 1069) genomen met twee gronden uit de Overbetuwe (Andelst en Elst) en twee gronden uit Noordwest-Duitsland (Rysum en Süderpolder). Op de gronden uit de Overbetuwe werden in een eerder stadium verschijnselen van kopergebrek bij peren waargenomen, ondanks de zeer hoge kopergehalten in de grond (> 40 ppm Cu). Op de Duitse gronden hadden Vetter en Teichmann (1968) in een eerder stadium opbrengstvermeerderingen geconstateerd na toediening van koper. De grond werd, evenals in de eerder genoemde potproef, in Mitscherlichpotten gebracht. De opzet en behandeling waren identiek aan Vp 912. Als gewas werd zomertarwe (Jufy) gekozen, waarvan op 35 cm hoogte een aantal planten werd geoogst om te worden onderzocht op koper. De tarwe werd rijp geoogst voor bepaling van korrel- en stro-opbrengst.

2.2. Veldproeven

TABEL I. Overzicht van de basisgegevens van de koper-stikstofproefvelden met zomertarwe op zeekei-
gronden in de jaren 1969 t/m 1973.

Proef- jaar	IB- proefv.no.	Plaats	N-hoeveelh., kg/ha	Cu-hoeveelh., kg/ha	N- vorm	Cu- vorm	Ras	Tijdstip CCC-besp.
1969	1488	Appingedam	70, 105, 140	0, 5, 10	kas	ksb	Jufy	30/5
"	1489	Huizinge	70, 105, 140	0, 5, 10	"	"	Orca	"
"	1490	Holwierde	70, 105, 140	0, 5, 10	"	"	"	"
"	1491	Overschield	40, 75, 110 ^{††}	0, 5, 10	"	"	"	"
1970	1596	"	80, 110, 140	0, 5, 10	"	"	Jufy	13/6
"	1597	"	70, 105, 140	0, 5, 10	"	"	"	"
"	1598	Wagenborgen	70, 105, 140	0, 5, 10	"	"	"	"
1972	2000	Tjuchem	100, 120, 140	0, 5, 10	"	ksf	Orca	23/5
"	2001	Hornhuizen	92, 120, 140	0, 5, 10	"	"	--	"
1973	2057	Oldehove	80, 120, 160	0, 5, 10	"	"	Toro	"
"	2058	Middelstum	80, 120, 160	0, 5, 10	"	"	Bastion	"

[†] Om legering te voorkomen werd de tarwe bij de hoogste N-gift in stadium 5 van de schaal van Feekes
gespoten met CCC (chloormequat). In de jaren 1972 en 1973 werd een extra object toegevoegd van
resp. 140 en 160 kg N/ha zonder bespuiting met CCC om het effect van Cu op legering na te gaan.

^{††} In verband met de voorvrucht, Italiaans raaigras, werden de N-hoeveelheden met 30 kg N/ha verlaagd.

TABEL 1. Basic information of the copper-nitrogen trial fields with spring-wheat on alluvial marine
loam soils (1969-1973).

3. RESULTATEN

3.1. Potproeven

3.1.1. *Vp 912 - 1968. Zomertarwe.* Voor dit onderzoek werden 15 gronden geselecteerd met een ruime variatie in het kopergehalte van de grond (zie 2.1 en tabel II). Als proefgewas werd zomertarwe (Peko) gekozen in verband met de gevoeligheid voor het optreden van kopergebrek. Vlak voor de oogst van het gewas traden op enkele gronden met een koper-salpeter-

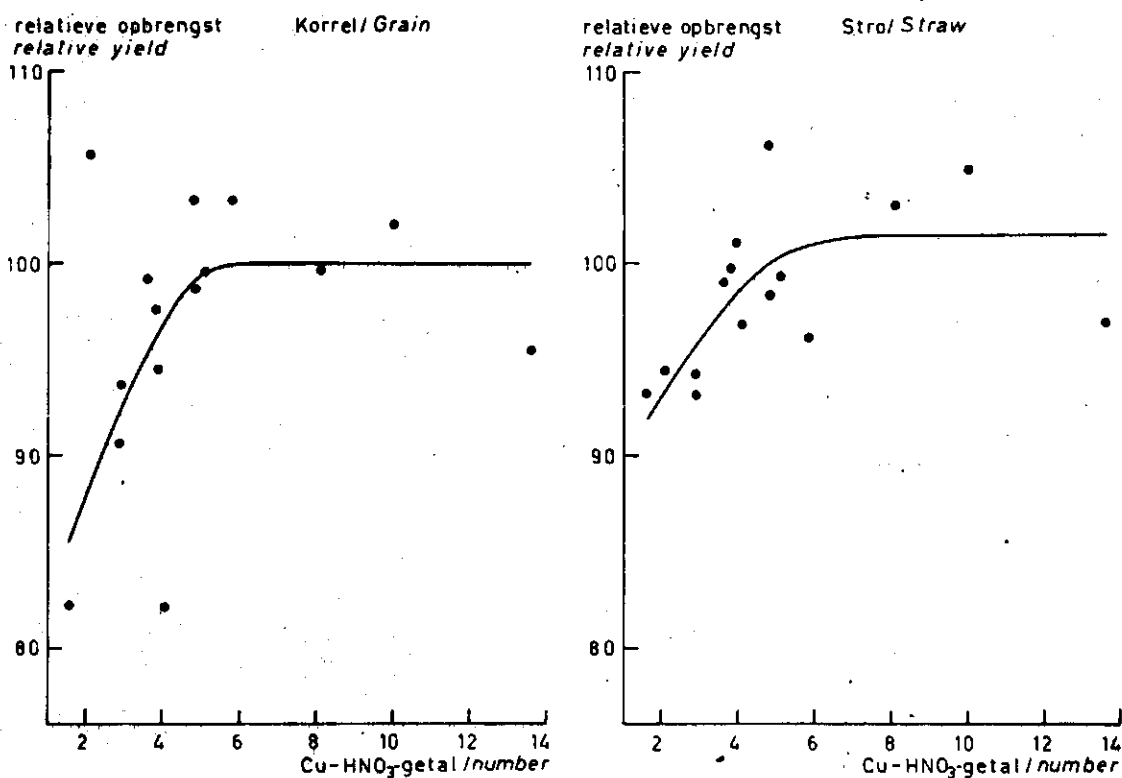


Fig. 1. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrel- en stro-opbrengsten van zomertarwe in 1968 na correctie op een gelijk slibgehalte (korrel = 36 en stro = 37).

Fig. 1. Relationship between soil copper content and relative grain and straw yields of spring-wheat in 1968 after correction for equal silt + clay content (grain = 36 and straw = 37).

TABEL II. Resultaten van grondonderzoek bij het vullen en de relatieve korrel- en stro-opbrengsten van zomertarwe in 1968 (zonder Cu in % van met Cu).

Plaats	Cu-HNO ₃	pH-KCl	Humus, %	Slib, %	CaCo ₃ , %	Relatieve opbrengst	
						korrel	stro
Flevopolder	3,6	7,9	1,3	12,3	5,9	102,6	102,1
"	5,1	7,6	2,2	28,4	7,8	100,6	100,4
Noordoostpolder	10,0	7,6	2,9	23,1	6,2	103,9	106,6
"	13,6	7,6	2,2	24,2	5,4	97,1	98,5
Wieringermeerpolder	8,1	7,5	2,1	45,6	9,4	98,2	102,0
"	4,1	7,8	1,6	10,5	7,9	85,9	100,1
Uithuizermeeden (Gr.)	1,6	7,9	1,1	8,1	7,5	86,4	96,8
"	3,8	7,6	2,0	20,6	10,1	99,8	101,8
Vriescheloo	2,9	6,2	12,6	33,1	0,1	91,0	94,7
Blijham	3,9	7,2	5,4	58,0	0,7	91,2	98,5
Slochteren	2,1	5,7	11,7	70,2	0,1	100,6	90,4
Overschild	4,8	6,5	4,2	55,5	0,2	100,4	96,1
"	2,9	7,4	3,5	53,7	0,4	91,1	91,1
Tjuchem	4,8	6,4	10,6	65,6	0,2	94,3	102,7
Pieterburen	5,8	7,3	3,6	52,9	6,9	100,8	94,3

TABEL 2. Results of soil analyses and the relative grain and straw yields of spring-wheat in 1968 (without copper in % of with copper).

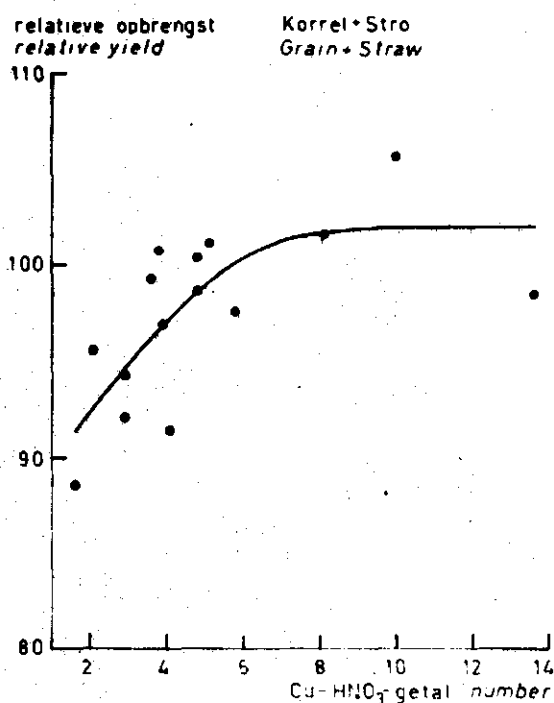


Fig. 2. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrel- + stro-opbrengst van zomertarwe in 1968 na correctie op een gelijk slibgehalte (22).

Fig. 2. Relationship between soil copper content and relative grain and straw yields of spring-wheat in 1968 after correction for equal silt + clay content (22).

zuurgetal < 3 verschijnselen op van "hangende aren", hetgeen een symptoom is van licht kopergebrek.

Uit de verwerking van de opbrengstgegevens blijkt dat vóór eliminatie van verschillen in andere bodemfactoren, er een zekere samenhang bestaat tussen het koper-salpeterzuurgetal en de opbrengstreactie van korrel en stro, uitgedrukt in de relatieve opbrengsten (zonder Cu in % van met Cu). Deze figuren zijn hier niet weergegeven. De vrij ruime spreiding van de waarnemingen om de getrokken curven is daarna in verband gebracht met de gehalten aan humus, afslibbare delen en CaCO_3 . De gehalten aan afslibbare delen en humus bleken beide een negatieve samenhang te vertonen met de relatieve opbrengst, waarbij het

verband met het gehalte aan afslibbare delen het grootste effect had. Hierbij dient te worden opgemerkt dat beide bodemfactoren onderling een sterke positieve samenhang vertoonden, waardoor het, mede gezien het geringe aantal waarnemingen, onmogelijk was het zuivere effect van één van de factoren vast te stellen. Fig. 1 geeft het verband weer tussen het kopergehalte van de grond en de relatieve opbrengst van zomertarwe na correctie voor de verschillen in het gehalte aan afslibbare delen. Hoewel de spreiding nog vrij ruim is, is de tendens aanwezig dat, zowel voor korrel als stro, bij kopergehalten in de grond < 5 opbrengst-dervingen kunnen optreden. In fig. 2 is dit nog eens weergegeven voor korrel- + stro-opbrengst, eveneens na correctie voor verschillen in het gehalte aan afslibbare delen.

3.1.2. *Vp 912 - 1969. Zomergerst.* De opzet van 1968 werd in 1969 gehandhaafd, waarbij niet opnieuw koper werd toegediend (zie 2.1.). De koper-salpeterzuurgetallen werden voor het object zonder Cu bij het overvullen van de gronden in de potten opnieuw bepaald en zijn vermeld in tabel III, waarin ook de opbrengstgegevens van de zomergerst zijn opgenomen. De overige bodemfactoren pH-KCl, % humus, afslibbare delen en CaCO_3 werden niet opnieuw bepaald.

De resultaten van 1968 werden in 1969 met het proefgewas zomergerst min of meer bevestigd (fig. 3). Zowel voor korrel als stro werden bij lage kopergehalten in de grond opbrengstverliezen geconstateerd, zij het in geringere mate dan bij zomertarwe. De spreiding om de getrokken curves is echter groot en kon niet verder worden verklaard door verschillen in de andere bodemfactoren. Opvallend is dat er geen enkele samenhang bestaat tussen de relatieve opbrengsten van zomertarwe in 1968 en die van zomergerst in 1969, hetgeen er op wijst dat de granen in beide jaren een verschillend patroon hebben vertoond wat betreft de reactie op koper op de verschillende gronden (fig. 4).

TABEL III. Resultaten van grondonderzoek bij het vullen en de relatieve korrel- en stro-opbrengsten van zomergerst in 1969 (zonder Cu in % van met Cu).

Plaats	Cu-HNO ₃	pH-KCl	Humus, %	Slib, %	CaCO ₃ , %	Relatieve opbrengst	
						korrel	stro
Flevopolder	4,5	7,9	1,3	12,3	5,9	93,6	96,6
"	5,9	7,6	2,2	28,4	7,8	98,8	97,7
Noordoostpolder	10,0	7,6	2,9	23,1	6,2	101,7	93,6
"	13,6	7,6	2,2	24,2	5,4	102,2	98,2
Wieringermeerpolder	9,4	7,5	2,1	45,6	9,4	103,2	101,9
"	5,2	7,8	1,6	10,5	7,9	100,3	105,1
Uithuizermeeden (Gr.)	2,3	7,9	1,1	8,1	7,5	98,0	97,6
"	4,5	7,6	2,0	20,6	10,1	100,6	100,0
Vriescheloo (Gr.)	3,6	6,2	12,6	33,1	0,1	96,1	97,7
Blijham (Gr.)	4,6	7,2	5,4	58,0	0,7	95,9	97,9
Slochteren (Gr.)	2,5	5,7	11,7	70,2	0,1	93,6	95,0
Overschild (Gr.)	5,2	6,5	4,2	55,5	0,2	103,5	102,5
"	3,8	7,4	3,5	53,7	0,4	97,0	96,3
Tjuchem (Gr.)	5,4	6,4	10,6	65,6	0,2	102,5	98,7
Pieterburen (Gr.)	6,5	7,3	3,6	52,9	6,9	92,5	98,9

TABEL 3. Results of soil analyses and the relative grain and straw yields of spring-barley in 1969 (without copper in % of with copper).

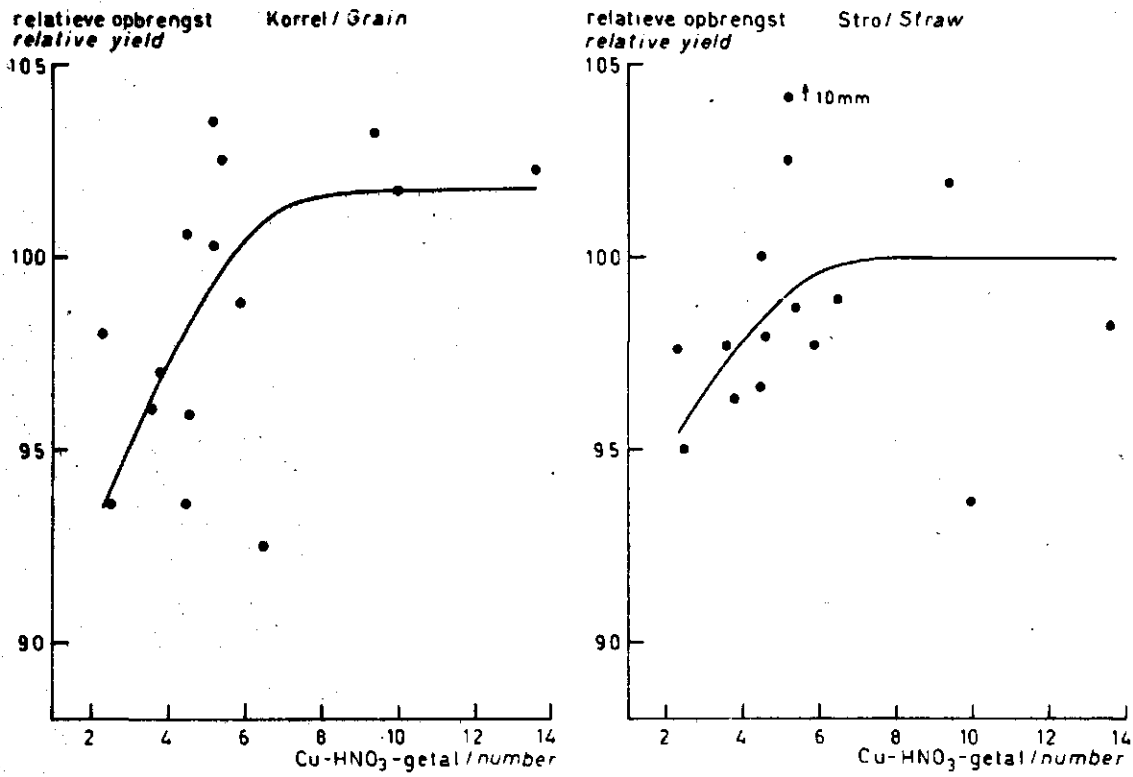


Fig. 3. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrel- en stro-opbrengsten van zomergerst in 1969.

Fig. 3. Relationship between soil copper content and relative grain and straw yields of spring-barley in 1969.

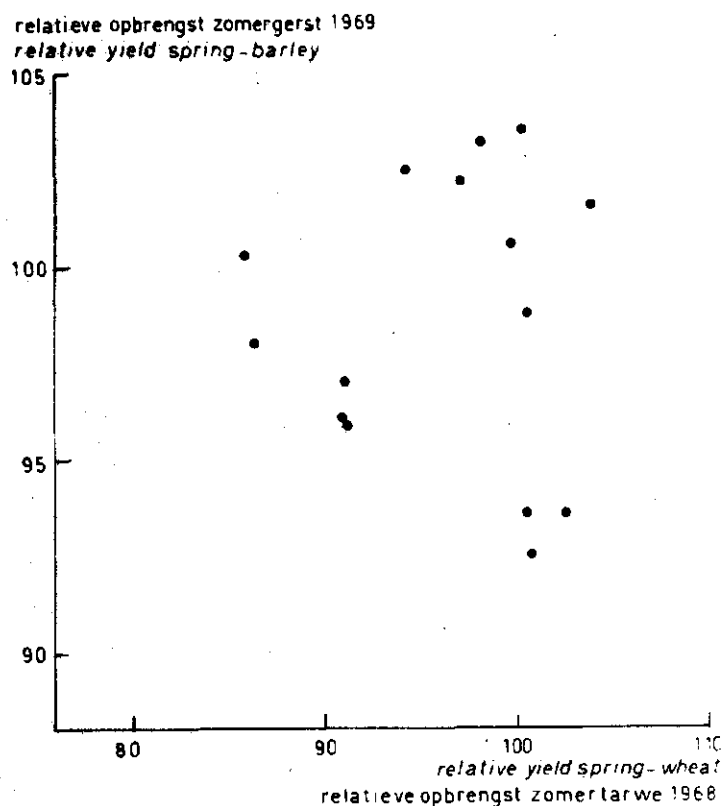


Fig. 4. Verband tussen de relatieve opbrengst van zomertarwe in 1968 en de relatieve opbrengst van zomergerst in 1969.

Fig. 4. Relationship between relative yields of spring-wheat in 1968 and relative yields of spring-barley in 1969.

3.1.3. Vp 912 - 1970. Zomertarwe. De proefopzet van 1968 en 1969 met 15 verschillende zeekleigronden werd ook in 1970 volledig gehandhaafd. Als proefgewas werd, evenals in 1968, zomertarwe (Peko) ingezaaid. De variabele koperbemesting werd evenmin als in 1969 herhaald omdat uit de bepaalde koper-salpeterzuurgetallen bleek dat het niveau nog voldoende hoog was. Ook in de gronden waarop sinds 1968 geen Cu was toegediend, werden de kopergehalten bij het overvullen van de gronden in de potten opnieuw bepaald. Deze waarden, benevens de reeds in 1968 bepaalde pH-KCl, en de gehalten aan humus, slib en CaCO_3 , zijn vermeld in tabel IV, waarin ook de relatieve opbrengsten van de zomertarwe

TABEL IV. Resultaten van grondonderzoek bij het vullen en de relatieve korrel- en stro-opbrengsten van zomertarwe in 1970 (zonder Cu in % van met Cu).

Plaats	Cu-HNO ₃	pH-KCl	Humus, %	Slib, %	CaCO ₃ , %	Relatieve opbrengst	
						korrel	stro
Flevopolder	4,2	7,9	1,3	12,3	5,9	98,1	94,5
"	6,1	7,6	2,2	28,4	7,8	87,3	97,3
Noordoostpolder	11,4	7,6	2,9	23,1	6,2	97,9	99,6
"	14,4	7,6	2,2	24,2	5,4	95,1	94,7
Wieringermeerpolder	8,6	7,5	2,1	45,6	9,4	94,8	83,0
"	4,9	7,8	1,6	10,5	7,9	103,4	104,2
Uithuizermeeden (Gr.)	1,9	7,9	1,1	8,1	7,5	100,6	97,8
"	4,5	7,6	2,0	20,6	10,1	98,9	98,1
Vriescheloo (Gr.)	3,7	6,2	12,6	33,1	0,1	88,6	95,3
Blijham (Gr.)	4,3	7,2	5,4	58,0	0,7	96,3	94,4
Slochteren (Gr.)	2,4	5,7	11,7	70,2	0,1	81,8	80,2
Overschild (Gr.)	5,1	6,5	4,2	55,5	0,2	99,0	95,4
"	3,2	7,4	3,5	53,7	0,4	94,1	83,3
Tjuchem (Gr.)	5,2	6,4	10,6	65,6	0,2	97,7	102,0
Pieterburen (Gr.)	6,4	7,3	3,6	52,9	6,9	97,6	95,1

TABEL 4. Results of soil analyses and the relative grain and straw yields of spring-wheat in 1970 (without copper in % of with copper)

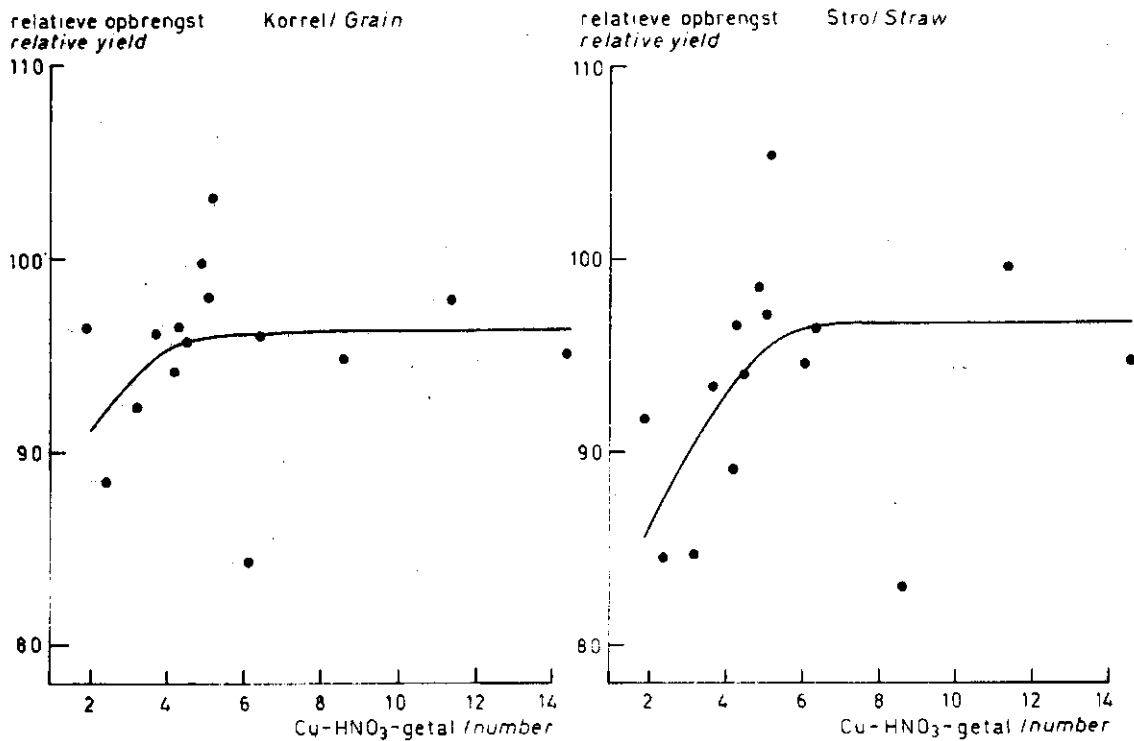


Fig. 5. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrel- en stro-opbrengsten van zomertarwe in 1970 na correctie op een gelijk humusgehalte (5,2 voor korrel, alleen bij $\text{Cu-HNO}_3 < 7$) en een gelijk slibgehalte (45 voor stro, alleen bij $\text{Cu-HNO}_3 < 7$).

Fig. 5. Relationship between soil copper content and relative grain and straw yields of spring-wheat in 1970 after correction for equal organic matter content (5.2 for grain, only $\text{Cu-HNO}_3 < 7$) and silt + clay content (45 for straw, only $\text{Cu-HNO}_3 < 7$).

zijn opgenomen. In fig. 5 is de samenhang weergegeven, zowel voor korrel als stro, tussen het koper-salpeterzuurgetal en de relatieve opbrengsten van zomertarwe na correctie voor verschillen in andere bodemfactoren. Hoewel de tendensen gelijk zijn aan die van 1968 en 1969 is vooral de samenhang met de korrelopbrengst nauwelijks van enige betekenis. Ook voor de stro-opbrengst vertonen enkele gronden een totaal afwijkend patroon in reactie. De korrelopbrengst is gecorrigeerd op het gehalte aan organische stof, maar niet op het gehalte aan afslibbare delen.

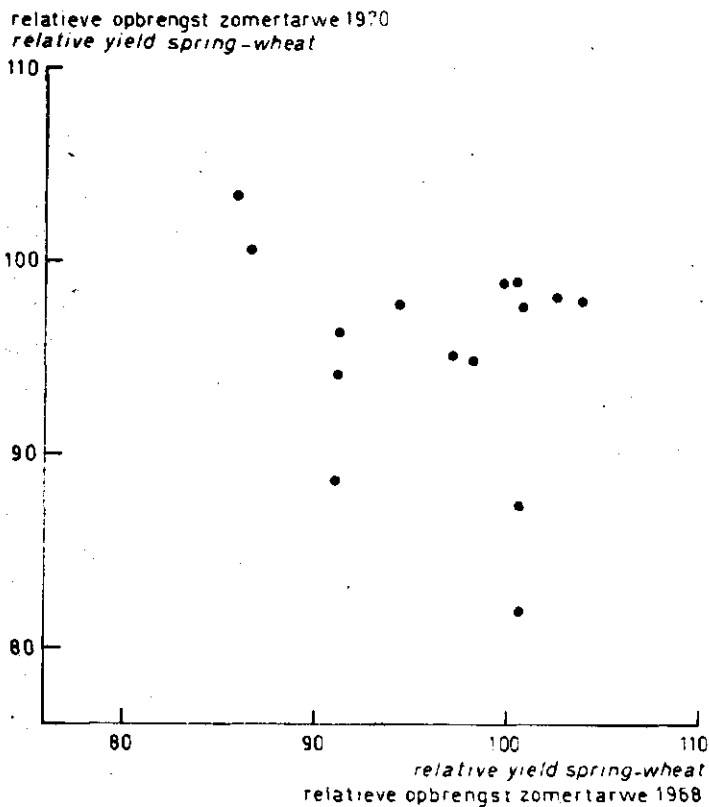


Fig. 6. Verband tussen de relatieve opbrengst van zomertarwe in 1968 en de relatieve opbrengst van zomertarwe in 1970.

Fig. 6. Relationship between relative yields of spring-wheat in 1968 and 1970.

Bij de beschrijving van de resultaten in 1968 werd echter reeds gewezen op de onderlinge positieve samenhang tussen beide grootheden, waardoor het onmogelijk was de effecten te onderscheiden. De factor toeval speelt hierbij een belangrijke rol, hoewel dit niet wil zeggen dat de schatting van de gevonden samenhang tussen het koper-salpeterzuurgetal en de relatieve opbrengst minder juist zou zijn. Ook ten aanzien van het gehalte aan afslibbare delen werd nl. een negatieve samenhang met de relatieve opbrengsten aangetoond, hoewel minder duidelijk. De gevonden effecten van het humus- en slijbgehalte werden voor resp. korrel- en stro-opbrengsten alleen geconstateerd bij koper-salpeterzuurgetallen < 7 .

Evenmin als tussen de relatieve opbrengsten van de zomertarwe in 1968 en de zomergerst in 1969 (fig. 4) bestaat er een positieve samenhang tussen de relatieve opbrengsten van de zomertarwe van 1968 en die van 1970 (fig. 6).

3.1.4. Vp 1069 - 1972. Zomertarwe. Aansluitend op dit onderzoek werd in 1972 een potproef aangezet met vier gronden, waarvan twee afkomstig uit de Overbetuwe (Andelst en Elst) en twee Duitse gronden uit Rysum en de Süderpolder (zie 2.1. en tabel V).

TABEL V. Resultaten van grondonderzoek bij het vullen en de relatieve korrel- en stro-opbrengsten van zomertarwe in 1972 (zonder Cu in % van met Cu).

Plaats	Cu-HNO ₃	pH-KCl	Humus, %	Slib, %	CaCO ₃ , %	Relatieve opbrengst	
						korrel	stro
Andelst	43,2	6,6	6,5	32,3	1,0	123,0	105,5
Elst	51,2	6,9	5,7	39,8	2,8	104,1	102,2
Rysum	4,4	6,3	2,8	36,4	0,1	97,4	96,2
Süderpolder	2,1	7,3	2,0	13,7	4,6	92,6	89,6

TABLE 5. Results of soil analyses and the relative grain and straw yields of spring-wheat in 1972 (without copper in % of with copper).

Uit de gegevens van tabel V blijkt dat alleen op de grond uit de Süderpolder een duidelijke opbrengstvermeerdering is opgetreden na toediening van koper. Zowel voor korrel als voor stro zijn deze effecten statistisch betrouwbaar ($\alpha = 0,05$). Op deze grond vertoonde tegen de oogst het gewas hangende aren, hetgeen een symptoom is van kopergebrek. Bij een gewashoogte van 35 cm zijn een aantal planten geoogst voor bepaling van koper (tabel VI).

Uit tabel VI blijkt dat de kopergehalten in het loof zonder koper voor de Duitse gronden laag zijn, vooral op de grond uit de Süderpolder waar na toediening van koper een statistisch betrouwbare opbrengstvermeerdering

werd aangetoond.

TABEL VI. Resultaten van gewasonderzoek op koper van zomertarwe in 1972 (planten van 35 cm hoogte).

Plaats	Cu-gehalte loof (dpm)	
	zonder Cu	met Cu
Andelst	10,1	10,2
Elst	10,0	10,3
Rysum	4,4	7,3
Süderpolder	2,6	6,8

TABLE 6. Results of foliar analyses (copper) of spring-wheat in 1972 (samples at 35 cm plant height).

3.2 Veldproeven

3.2.1. IB 1488 t/m 1491 - 1969. Zomertarwe. In 1969 werden vier koperstikstofproefvelden op kleigrond aangelegd in de provincie Groningen. De basisgegevens van deze proefvelden zijn vermeld in tabel I. Met deze proefvelden werd getracht de resultaten te bevestigen van Vetter (1968) die eerder had aangetoond dat koper in combinatie met hoge stikstofbemestingen beter werkt dan bij een matige stikstofvoorziening en dat de optimale stikstofgift door koper verhoogd wordt.

TABEL VII. Grondonderzoek bij aanleg van IB 1488 t/m 1491 met zomertarwe in 1969.

	Cu-HNO ₃	pH-KCl	Humus, %	CaCO ₃ , %	Slib, %
IB 1488 Appingedam	2,8	6,6	3,2	0,5	60
IB 1489 Huizinge	3,9	6,1	2,1	0,1	39
IB 1490 Holwierde	2,7	6,5	2,3	0,2	24
IB 1491 Overschild	2,7	7,1	3,1	0,3	49

TABLE 7. Results of soil analyses of IB 1488 - 1491 with spring-wheat in 1969.

TABEL VIII- Korrel- en stro-opbrengsten van zomertarwe in 100 kg/ha en cijfers voor legering (10 is niet gelegerd) op vier proefvelden op kleigronden in 1969 (gemiddelden van 3 veldjes).

Proefveld	N-hoev., kg/ha	Zonder Cu		5 kg/ha Cu		10 kg/ha Cu				
		korrel	stro	korrel	stro	korrel	stro			
IB 1488	70	33,2	46,3	4,2	32,8	40,8	3,5	33,7	42,8	5,0
	105	33,6	44,7	1,3	32,8	46,9	2,8	32,0	45,8	2,0
	140 [†]	36,6	45,6	9,3	35,2	42,4	9,0	37,3	47,8	9,0
IB 1489	70	19,1	31,4	9,7	18,5	29,6	9,7	20,4	31,6	10,0
	105	22,9	34,7	8,7	25,4	35,3	9,0	25,1	32,9	8,7
	140 [†]	29,7	38,0	8,7	27,6	33,0	9,3	29,0	35,8	9,0
IB 1490	70	32,4	40,4	5,5	31,6	38,2	5,8	32,2	44,9	7,0
	105	30,2	36,4	3,5	29,4	34,7	4,3	29,3	34,7	3,3
	140 [†]	32,5	31,0	9,2	28,9	29,7	9,5	30,2	33,8	9,3
IB 1491	40	25,4	51,9	8,3	24,1	43,0	9,2	23,2	46,1	9,5
	75	25,5	53,2	3,0	25,3	56,0	4,7	25,5	52,7	5,5
	110 [†]	29,4	54,3	9,7	30,0	58,5	8,7	30,4	53,7	9,5

TABEL VIII. Grain and straw yields of spring-wheat in 100 kg/ha and scores for lodging (10 means no lodging) at 4 trial fields on alluvial marine loam soils in 1969 (mean value for three replications).

[†] Bespoten met CCC/ After spraying with chlormequat.

In tabel VII zijn de resultaten weergegeven van het grondonderzoek bij aanleg van de proefvelden in het voorjaar van 1969.

Aan het eind van het groeiseizoen trad op IB 1490 enige aantasting door voetziekte op. De korrel- en stro-opbrengsten van de vier proefvelden zijn vermeld in tabel VIII, evenals de cijfers voor legering van het gewas. Om legering te voorkomen werd het object met de hoogste N-gift bespoten met CCC in stadium 5 van de Feekesschaal. Uit de gegeven cijfers blijkt dat dit vrij goed is gelukt.

Op twee van de vier proefvelden werd een duidelijk positief stikstof-effect gevonden op de korrel- en stro-opbrengsten (IB 1489 en IB 1491). Een gunstige invloed van koper op de opbrengsten of op de legering van het gewas kon niet worden aangetoond.

3.2.2. *IB 1596 t/m 1598 - 1970. Zomertarwe.* In 1970 werden drie proefvelden aangelegd in de provincie Groningen met een zelfde opzet als in 1969 (zie tabel I). De koper-salpeterzuurgetallen waren lager dan 3,5 dpm (tabel IX).

TABEL IX. Grondonderzoek bij aanleg van IB 1596 t/m 1598 met zomertarwe in 1970.

	Cu-HNO ₃	pH-KCl	Humus, %	CaCO ₃ , %	Slib, %
IB 1596 Overschild	3,3	6,4	6,7	0,0	74
IB 1597 "	2,6	5,9	7,7	0,1	55
IB 1598 Wagenborgen	3,0	6,6	4,0	0,2	22

TABLE 9. Results of soil analyses of IB 1596- 1598 with spring-wheat in 1970.

Gedurende het groeiseizoen reageerde de zomertarwe op IB 1597 en 1598 reeds in een vroeg stadium duidelijk op de toegediende hoeveelheden N, waarbij het stro op de met CCC bespoten veldjes aanzienlijk korter was. Op geen van de proefvelden trad duidelijke legering op. De korrelopbrengsten (stro werd niet bepaald) zijn vermeld in tabel X.

TABEL X. Korrelopbrengsten van zomertarwe in 100 kg/ha (gemiddelden van 3 veldjes) op 3 proefvelden op kleigronden in 1970.

Proefveld	N-hoev., kg/ha	zonder Cu, korrel	5 kg Cu/ha, korrel	10 kg Cu/ha, korrel
IB 1596	80	27,8	26,6	29,4
	110	28,9	29,1	28,0
	140 [†]	28,2	28,6	27,6
IB 1597	70	34,7	34,6	37,0
	105	37,8	37,4	38,0
	140 [†]	40,8	41,3	40,2
IB 1598	70	29,8	29,6	29,1
	105	31,2	32,4	30,7
	140 [†]	31,2	31,9	32,4

TABLE X. Grain yields of spring-wheat in 100 kg/ha (mean value for three replications) at 4 trial fields on alluvial marine loam soils in 1970.

[†] Bespoten met CCC/ After spraying with chlormequat.

De korrelopbrengsten werden op IB 1597 en 1598 statistisch betrouwbaar verhoogd na toediening van stikstof. Een positief effect van koper op de opbrengsten kon evenmin als in 1969 worden aangetoond.

3.2.3. IB 2000 en 2001 - 1972. Zomertarwe. Om een beter inzicht te krijgen op het effect van koper op de legering van het gewas week de opzet van beide proefvelden in 1972 enigszins af van die in voorgaande jaren. Er werd een extra object bijgevoegd zonder bespuiting met CCC bij de hoogste N-gift (140 kg N/ha). Verder was de opzet gelijk aan die in 1969 en 1970 (zie tabel I). De resultaten van grondonderzoek bij aanleg zijn vermeld in tabel XI.

TABEL XI. Grondonderzoek bij aanleg van IB 2000 en 2001 met zomertarwe in 1972.

	Cu-HNO ₃	pH-KCl	Humus, %	CaCO ₃ , %	Slib, %
IB 2000 Tjuchem	3,3	6,0	7,0	0,2	71
IB 2001 Hornhuizen	3,5	7,3	2,0	5,1	38

TABLE 11. Results of soil analyses of IB 2000 and 2001 with spring-wheat in 1972.

Uit waarnemingen tijdens de groei bleek dat op beide proefvelden het stro op de veldjes die bespoten waren met CCC ongeveer 10 cm korter was. Een reactie op stikstof en koper werd niet waargenomen. De korrelopbrengsten (stro werd niet bepaald) en de cijfers voor legering van het gewas zijn vermeld in tabel XII.

TABEL XII. Korrelopbrengsten in 100 kg/ha en cijfers voor legering (10 is niet gelegerd) van zomertarwe (gem van drie veldjes) op twee proefvelden op kleigronden in 1972.

proefveld	N-hoev., kg/ha	Zonder Cu		5 kg Cu/ha		10 kg Cu/ha	
		korrel	lege- ring 29/8	korrel	lege- ring 29/8	korrel	lege- ring 29/8
IB 2000	100	23,9	6,5	24,1	6,5	25,1	7,3
	120	23,8	7,0	24,2	6,7	23,2	6,5
	140	20,4	6,2	23,7	6,5	22,6	7,0
	140+CCC	25,9	8,2	24,5	7,5	24,4	7,7
IB 2001	92	- [†]	9,2	-	8,3	-	8,8
	120	-	8,0	-	7,8	-	8,8
	140	-	6,3	-	7,3	-	7,7
	140+CCC	-	10,0	-	9,8	-	9,7

TABLE 12. Grain yields in 100 kg/ha and scores for lodging (10 means no lodging) of spring-wheat (mean value for three replications) at 2 trial fields on alluvial marine loam soils in 1972.

[†] Geen gegevens door voortijdige oogst door proefveldhouder.

Op geen van beide proefvelden reageerde het gewas op de verschillen in N-hoeveelheden (op IB 2001 werd dit afgeleid uit de waarnemingen tijdens de groei, omdat het gewas voortijdig door de proefveldhouder werd geoogst). Het gewas reageerde evenmin positief op toegediend koper. Er is slechts een lichte aanwijzing (IB 2001) dat bij de hoogste N-gift (140 kg N/ha) het gewas met koper iets minder was gelegerd dan zonder koper.

3.2.4. *IB 2057 en 2058 - 1973. Zomertarwe.* In 1973 werden twee proefvelden aangelegd met dezelfde opzet als in 1972, waarbij echter de hoogste N-hoeveelheid van 140 op 160 kg N/ha werd gebracht (zie tabel I). De resultaten van grondonderzoek bij aanleg zijn vermeld in tabel XIII.

TABEL XIII. Grondonderzoek bij aanleg van IB 2057 en 2058 met zomertarwe in 1973.

	Cu-HNO ₃	pH-KCl	Humus, %	CaCO ₃ , %	Slib, %
IB 2057 Oldehove	3,1	7,6	2,1	0,4	37
IB 2058 Middelstum	3,4	6,6	2,4	0,2	35

TABLE 13. Results of soil analyses of IB 2057 and 2058 with spring-wheat in 1973.

Op het proefveld IB 2057 was het gewas zeer sterk gelegerd. Op alle veldjes zonder CCC was dit meer dan 90%. Op de veldjes die met CCC werden bespoten varieëerde dit van 30 tot 80% met een gemiddelde van ongeveer 65%. Naarmate meer koper was toegediend, was het gewas minder gelegerd, nl. voor gemiddeld 70, 75 en 50% bij hoeveelheden van resp. 0,5 en 10 kg Cu/ha. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de variatie tussen de veldjes van één object aanzienlijk was.

Op IB 2058 trad slechts op enkele veldjes lichte legering op nl. bij de hoogste N-gift zonder bespuiting met CCC.

De korrelopbrengsten van beide proefvelden zijn vermeld in tabel XIV.

TABEL XIV. Korrelopbrengsten in 100 kg/ha van zomertarwe (gemiddelden van drie veldjes) op twee proefvelden op kleigronden in 1973.

Proefveld	N-hoev., kg/ha	Zonder Cu, korrel	5 kg Cu/ha, korrel	10 kg Cu/ha, korrel
IB 2057	80	42,0	41,6	44,2
	120	40,5	40,8	42,8
	160	40,0	40,0	39,4
	160+CCC	46,0	46,3	44,5
IB 2058	80	47,9	51,9	51,3
	120	52,2	55,1	51,0
	160	52,2	54,1	51,6
	160+CCC	54,0	52,5	50,2

TABLE 14. Grain yields in 100 kg/ha of spring-wheat (mean value for three replications) at 2 trial fields on alluvial marine loam soils in 1973.

Uit tabel XIV blijkt dat op IB 2057 op het object 160 kg N/ha gecombineerd met CCC-besputting de hoogste korrelopbrengst werd verkregen (minste legering). Van een positief N- of Cu-effect was geen sprake. Op IB 2058 reageerde het gewas gunstig op N doch niet of nauwelijks op Cu.

4. DISCUSSIE

De in een potproef met 15 verschillende kleigronden gevonden tendens dat bij koper-salpeterzuurgetallen $< 4 \text{ à } 5$ opbrengstdervingen kunnen optreden als gevolg van een onvoldoende kopervoorziening werden in veldproeven niet bevestigd. Deze resultaten zijn in overeenstemming met het onderzoek van Gupta en MacLeod (1970), die in een potproef opbrengstvermeerderingen constateerden na toediening van koper, terwijl in een veldproef met dezelfde grond geen enkele reactie werd waargenomen. Dit verschil in reactie tussen veld- en potproeven is mogelijk een gevolg van een snellere uitputting in potproeven.

Daarentegen vermelden Vetter en Teichmann (1968) opbrengstvermeerderingen door koper op proefvelden zelfs bij koper-salpeterzuurgetallen tussen 4 en 8 dpm.

Bij vergelijking met het onderzoek van Henkens (1961), die op zandgronden sterke opbrengstdervingen bij lage kopertoestanden vaststelde, moet worden opgemerkt dat deze pas optraden bij koper-salpeterzuurgetallen < 2 dpm. Deze waarden kwamen niet voor in het onderzoek op veldproeven. Uit gegevens van Van der Feijst (1968) bleek dat van de 262 door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek onderzochte monsters op zeekleigronden 5 een koper-salpeterzuurgetal < 2 dpm hadden.

Op enkele proefvelden werd wel een aanwijzing gevonden dat door toediening van koper het gewas iets minder snel legert. Deze resultaten zijn in overeenstemming met die van Vetter en Teichmann (1968).

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Om na te gaan of op zeekleigronden opbrengstverliezen bij granen optreden als gevolg van een onvoldoende kopervoorziening, werden in de jaren 1968 t/m 1973 pot- en veldproeven uitgevoerd. In potproeven werd bij een ruime variatie in kopergehalten van de grond (koper-salpeterzuurgetallen tussen 1,5 en 14) nagegaan of door toediening van koper opbrengstverhogingen optreden. In veldproeven werd bestudeerd of de reactie op koper mede afhankelijk is van het stikstofniveau, terwijl bovendien werd nagegaan of de mate van legering verband houdt met de kopervoorziening van het gewas. Uit de resultaten van dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

(1) In potproeven werden bij koper-salpeterzuurgetallen $< 4 \text{ à } 5$ opbrengstdervingen geconstateerd. Naarmate de gronden een hoger slib- en/of humusgehalte bevatten, waren deze verliezen groter. Hierbij moet worden opgemerkt dat de reactie op koper in de betreffende jaren niet gelijk was voor een aantal gronden. Gronden waarop in het ene jaar reacties werden waargenomen, reageerden 1 of 2 jaar later nauwelijks en omgekeerd.

(2) In veldproeven werden de resultaten van de potproeven niet bevestigd. In de betreffende jaren werden geen opbrengstreacties aangetoond bij koper-salpeterzuurgetallen tussen 2,6 en 3,9 dpm. Een positieve koper-stikstofinteractie werd niet gevonden.

(3) Op enkele proefvelden bleek het gewas iets minder snel te legeren naarmate meer koper was toegediend.

(4) Uit de resultaten van dit onderzoek is niet gebleken dat voor zee- en kleigronden andere normen moeten worden gehanteerd dan voor zandgronden. Het omgekeerde is echter ook niet aangetoond.

Het is mogelijk dat in de nabije toekomst aan de kopervoorziening op kleigronden meer aandacht besteed moet worden omdat de toevoer van koper door het spuiten met koperpreparaten tegen *Phytophthora* tot het verleden behoort door het gebruik van niet-koperhoudende organische fungiciden.

6. SUMMARY

The copper status of alluvial marine loam soils

Field and pot experiments were conducted to assess reductions in yields of cereals resulting from copper deficiency on various alluvial marine loam soils. Pot experiments, with soils covering a wide range in copper levels (1.5 - 14.0 ppm Cu), were used to verify whether nitric acid soluble soil copper is related to the crop's response to this nutrient when applied to copper-deficient soils. In field experiments the effect of nitrogen supply on copper response was assessed. Furthermore it was investigated if lodging is related to the copper status of the soil. The following conclusions can be drawn from the results.

(1) In pot experiments no reduction in yield was found if soil copper extractable in 0.4 N HNO_3 exceeded 4 - 5 ppm Cu. An increase in silt or organic matter increased yield reduction. It should be noted, however, that the response to copper on the various soils was not similar in each year.

(2) The results of the pot experiments could not be confirmed in field experiments. There was found to be no yield reduction at (dilute nitric acid) soil copper levels higher than 2 ppm. Neither could a positive copper-nitrogen interaction be demonstrated.

(3) In some field experiments there was a slight reduction in lodging at higher applications of copper.

(4) It has not been demonstrated that the evaluation of dilute nitric acid soil copper levels is different for alluvial marine loam soils and sandy soils.

Possibly in future more attention has to be paid to the copper status of marine loam soils as the use of copper containing fungicides (in potatoes) has finished for some time now.

7. LITERATUUR

- Feijst, Th. van der, 1968. Kopergehalten van kleibouland. Landbouwvoorlichting 25: 491-497.
- Grass, K., 1974. Ergebnisse von Feld- und Gefässversuche zur Kupferwirkung. Landwirtsch. Forsch. 27: 134-147.
- Groot, A.J. de, en Zschuppe, K.H., 1972. Koper in de Nederlandse delta. TNO Nieuws 27: 437-441.
- Gupta, U.C. and MacLeod, L.B., 1970. Response to copper and optimum levels in wheat, barley and oats under greenhouse and field conditions. Can. J. Soil Sci. 50: 373-378.
- Henkens, Ch. H., 1961. Koperbepalingen op bouwland. Versl. Landbouwk. Onderz. 67.10: 28 pp.
- Vetter, H. und Teichmann, W., 1968. Feldversuche mit gestaffelten Kupfer- und Stickstoff-Düngergaben in Weser-Ems. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 121: 97-111.

8. GLOSSARY

kas (kalkammonsalpeter)	ammonium nitrate lime
ksb (koperslakkenbloem)	finely ground copper slag
CCC-bespuiting	spraying with chlormequat to prevent lodging.
Cu-HNO ₃ -getal	copper nitric acid number
humus %	% organic matter
slib %	silt + clay (< 0,016 mm)
relatieve opbrengst	relative yield
korrelopbrengst	grain yield
stro-opbrengst	straw yield
gehalte	content
loof	leaves
legering	rate of lodging