

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID, GRONINGEN

**KOPERBEPALING OP BOUWLAND
DE WAARDE VAN CHEMISCHE BEPALINGSMETHODEN
IN VERGELIJKING MET DE ASPERGILLUS NIGER-METHODE**

WITH A SUMMARY
THE COPPER CONTENT OF THE SOIL DETERMINED WITH
BIOLOGICAL AND CHEMICAL METHODS

MIT EINER ZUSAMMENFASSUNG
DIE BEDEUTUNG DES KUPFERGEHALTES DES ACKERBODENS
ERMITTELT MIT MIKROBIOLOGISCHEN
UND CHEMISCHEN METHODEN

Ch. H. HENKENS



CENTRUM VOOR LANDBOUWPUBLIKATIES EN LANDBOUWDOCUMENTATIE

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. No. 67.10 — WAGENINGEN — 1960

INHOUD

| | |
|---|----|
| I. INLEIDING | 3 |
| II. BESCHRIJVING VAN DE CHEMISCHE METHODEN; PRINCIPE VAN DE KOPER- BEPALING IN HET EXTRACT | 3 |
| a. Fleischmannzuurmethode | 3 |
| b. Complexonmethode | 4 |
| c. Salpeterzuurmethode | 4 |
| III. BEWERKTE POT- EN VELDPROEVEN | 5 |
| <i>De proeven met zomertarwe</i> | 5 |
| 1. Potproef VP 305-1957 | 5 |
| Proefopzet | 5 |
| Vergelijking van de methoden | 5 |
| Analysefout | 6 |
| Correlatie tussen de verschillende methoden | 6 |
| Doeltreffendheid van de verschillende methoden | 8 |
| 2. Serie PR 1503-1954 en PR 1603-1955 | 10 |
| <i>De proeven met haver</i> | 12 |
| 1. Potproef VP 305-1957 | 12 |
| 2. Interprovinciale proefvelden (serie 8-1948) | 13 |
| 3. Proefvelden in Limburg (1955) | 15 |
| DISCUSSIE | 19 |
| SAMENVATTING EN CONCLUSIES | 19 |
| SUMMARY AND CONCLUSIONS | 20 |
| ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSZERFOLGERUNGEN | 21 |
| LITERATUUR | 22 |
| TABELLEN | |

1294176

I. INLEIDING

Tot dusverre werd voor de bepaling van het gemakkelijk opneembare koper in de grond in Nederland de *Aspergillus niger*-methode gebruikt (MULDER (6), GERRETSEN (1), HENKENS (3)). Deze methode heeft in een chemisch laboratorium voor grondonderzoek als bezwaar minder geschikt te zijn als routinebepaling, zodat al lang de wenselijkheid naar voren is gekomen deze microbiologische bepaling door een chemische te vervangen.

Aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid zijn twee chemische methoden op hun landbouwkundige geschiktheid vergeleken met de aspergillusmethode, terwijl bij een gedeelte van het materiaal ook nog een derde chemische methode in beschouwing is genomen.

II. BESCHRIJVING VAN DE CHEMISCHE METHODEN PRINCIPE VAN DE KOPERBEPALING IN HET EXTRACT

In een zwak ammoniakale oplossing vormt natriumdiethyldithiocarbamaat een geelbruine kleur met koper-ionen. Deze verbinding wordt geëxtraheerd met tetrachloorkoolstof.

Gebruikte reagentia. Alle reagentia moeten pro analysi zijn.

1. Water (gedeïoniseerd of dubbel gedestilleerd over glas).
2. Fleischmannzuur; een mengsel van 98 % zwavelzuur en 65 % salpeterzuur in de verhouding 1 : 1.
3. 65 % salpeterzuur.
4. Natriumdiethyldithiocarbamaatoplossing. Men lost 0,1 gram natriumdiethyldithiocarbamaat op in 100 cm³ water en filtreert de oplossing als zij niet helder is. De oplossing wordt in het donker bewaard. De te gebruiken oplossing mag niet ouder zijn dan 7 dagen.
5. 25 % ammoniumhydroxyde.
6. 1 % ammoniumhydroxyde.
7. 20 % ammoniumcitraatoplossing. Men lost 160 gram citroenzuur op in water en voegt 170 cm³ ammoniumhydroxyde 25 % toe. De pH wordt op 6,7 gebracht en men verdunt met water tot 1 liter. Men voegt 1 cm³ natriumdiethyldithiocarbamaatoplossing toe en schudt met tetrachloorkoolstof. De extractie met CCl₄ wordt herhaald tot de oplossing kopervrij is.
8. Tetrachloorkoolstof.
9. 1 % complexon (ethyleendiaminotetraacetaat).
10. Verdund salpeterzuur (30 cm³ 65 % HNO₃/liter).
11. 0,5 % permanganaatoplossing.
12. 5 % oxaalzuur.

a. Fleischmannzuurmethode (totaal koper)

Tien gram grond wordt onder zacht verhitten met 20 cm³ Fleischmannzuur gestrueerd. Zodra zich witte dampen ontwikkelen wordt voorzichtig een kleine hoeveelheid salpeterzuur 65 % toegevoegd. Men herhaalt de toevoeging van salpeter-

zuur totdat de oplossing onder vorming van zwavelzuurdampen vrijwel kleurloos is.

Om het nitrosylzwavelzuur te verwijderen, wordt na gedeeltelijke afkoeling 20 cm³ water toegevoegd, ingedampt en verhit tot weer dampen ontstaan.

Na afkoeling wordt de oplossing in een maatkolf met water verdund tot 100 cm³ en gefiltreerd. In een scheidtrechter wordt 50 cm³ gebracht. Men voegt 20 cm³ ammoniumcitraatoplossing toe en maakt de oplossing licht alkalisch (lakmoes) door toevoeging van 25 % ammoniumhydroxyde. Na afkoeling wordt 5 cm³ natriumdiethyldithiocarbamaatoplossing en 10 cm³ tetrachloorkoolstof toegevoegd. De scheidtrechter wordt gedurende 2 minuten flink geschud en de gele tetrachloorkoolstoflaag wordt opgevangen in een droge maatkolf van 25 cm³. Men schudt de waterlaag nog twee maal met 5 cm³ tetrachloorkoolstof en vangt de tetrachloorkoolstoflaag telkens op in de maatkolf van 25 cm³. Men vult de verzamelde extracten met tetrachloorkoolstof aan tot 25 cm³. Het gehele extract wordt 2 minuten lang geschud met 40 cm³ 1 % ammoniumhydroxyde om het ijzer en mangaan te verwijderen. Men filtreert tenslotte het tetrachloorkoolstof-extract door een fijn filter om het water te verwijderen, meet de optische dichtheid bij golflengte 435 mu en vergelijkt deze na correctie met de uitkomst van de blancoproef met de ijkcurve.

Het is aan te bevelen de extractie met tetrachloorkoolstof uit te voeren bij kunstlicht, omdat het kopercomplex zeer zonlichtgevoelig is.

De hoeveelheid koper in mg/kg grond wordt „koper-totaalgetal” genoemd.

b. Complexonmethode

Men brengt 10 gram grond in een erlenmeyer van 300 cm³ met rubberstop en voegt hieraan 100 cm³ 1 % oplossing ethyleendiaminotetraacetaat (complexon) toe. Na 1 uur schudden wordt de suspensie gefiltreerd over een dubbel filter (kopervrij). 50 cm³ van het filtraat wordt ingedampt en gedestruerd met 6 cm³ Fleischmann-zuur. Verder wordt gehandeld als onder *a* is beschreven.

De hoeveelheid koper in mg/kg grond wordt „koper-complexongetal” genoemd.

*c. Salpeterzuurmethode*¹

Men brengt 10 gram grond in een erlenmeyer van 300 cm³ met rubberstop en voegt hieraan 100 cm³ verdund salpeterzuur toe (bevattende 30 cm³ 65 % HNO₃ per liter). Na 2 uur schudden wordt de suspensie gefiltreerd. Men voegt aan 20 cm³ van het filtraat 2 cm³ 0,5 % kaliumpermanganaatoplossing toe en kookt enkele minuten zachtjes. Men voegt 0,5 cm³ oxaalzuur 5 % toe, koelt af en mengt in een scheidtrechter.

In tegenstelling met WESTERHOFF (9) wordt het extract verder behandeld als onder *a* beschreven.

De hoeveelheid koper in mg/kg grond wordt „koper-salpeterzuurgetal” genoemd.

¹ Het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek heeft in deze methode een kleine wijziging aangebracht om technische redenen. Er werden echter geheel vergelijkbare cijfers verkregen.

III. BEWERKTE POT- EN VELDPROEVEN

1. In 1957 werd een potproef (VP 305) genomen, waarin de koperreactie van tarwe en haver bij 70 verschillende gronden werd nagegaan. Het kopergehalte van de grond werd bepaald volgens de aspergillus-, de complexon- en de salpeterzuurmethode.
2. De interprovinciale proefvelden met haver in 1948.
3. Een serie proefvelden met haver, welke in 1955 in Limburg door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (het toenmalige Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O.) in samenwerking met de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst werd aangelegd.
4. Twee series proefvelden met tarwe, welke in 1954 (Pr 1503) en 1955 (Pr 1603) door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (het toenmalige Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O.) in de provincies Groningen en Drente werden aangelegd.

Bij de onder 3 en 4 vermelde proefseries werd het kopergehalte van de grond bepaald volgens de aspergillus- en de drie genoemde chemische methoden. Omdat de Fleischmannzuurmethode in Limburg niet voldeed, werd zij bij het overige materiaal niet getoetst.

DE PROEVEN MET ZOMERTARWE

1. POTPROEF VP 305-1957

Proefopzet

Van 70 verschillende gronden werden telkens 6 potten niet en 6 potten met 50 kg kopersulfaat per ha bemest. Van beide objecten werden 3 potten met haver en 3 potten met tarwe ingezaaid.

Het kopergehalte werd bepaald volgens de aspergillus-, de complexon- en de salpeterzuurmethode (zie tabel A).

Vergelijking van de methoden

Bij de keuze van een methode op grond van haar landbouwkundige geschiktheid moet men aan die welke het nauwste verband geeft met de reactie van het gewas, de voorkeur geven.

De gekozen methode is voor het betreffende gewas het meest doeltreffend. De doeltreffendheid wordt enerzijds beïnvloed door de fout van de bepalmethode, anderzijds door de storende factoren, die aan de methode inherent zijn en niet kunnen worden geëlimineerd. Laatstbedoelde factoren bepalen wat men zou kunnen noemen de doeltreffendheid in engere zin en zijn niet te verbeteren.

Het heeft zin om bij de beschouwingen over verschillende methoden naast het vergelijken van de doeltreffendheid een vergelijking te maken van de bepalmingsfouten, omdat hierin mogelijk verbeteringen kunnen worden gebracht. Het grootste effect van een dergelijke verbetering zou te bereiken zijn bij de bepalmingsmethode

met de grootste fout. Uit verschillende methoden met gelijke doeltreffendheid (in ruimere zin) zou die methode moeten worden gekozen, die de grootste bepaling-fout en dus ook de grootste doeltreffendheid in engere betekenis heeft, mits de bepalingsfout te verbeteren is (8).

Analysefout

Alle koperbepalingen werden in duplo uitgevoerd. Met behulp van de formule $s = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$, waarin d het verschil tussen 2 duplobepalingen en n het aantal duplo's betekent, werd de analysefout van de verschillende methoden berekend (tabel 1).

TABEL 1. Analysefout s en relatieve analysefout $s\%$ van verschillende koperbepalingen berekend uit duplo bepalingen

| methode | kopergehalte < 2 mg/kg | | | | kopergehalte 2-4 mg/kg | | | |
|--------------|------------------------|------|-------------|------|------------------------|------|-------------|-------|
| | aantal monsters | s | gem. waarde | s% | aantal monsters | s | gem. waarde | s% |
| aspergillus | 43 | 0,18 | 1,25 | 14,4 | 18 | 0,42 | 3,01 | 13,9 |
| salpeterzuur | 27 | 0,14 | 1,18 | 11,9 | 24 | 0,07 | 2,76 | 2,53 |
| complexon | 39 | 0,11 | 1,04 | 10,6 | 14 | 0,10 | 2,84 | 3,50 |
| methode | kopergehalte 4-6 mg/kg | | | | kopergehalte > 6 mg/kg | | | |
| | aantal monsters | s | gem. waarde | s% | aantal monsters | s | gem. waarde | s% |
| aspergillus | 3 | 0 | 5,33 | 0 | 5 | 2,24 | 12,10 | 18,51 |
| salpeterzuur | 10 | 0,17 | 4,91 | 3,46 | 11 | 0,70 | 12,64 | 5,54 |
| complexon | 6 | 0,25 | 5,27 | 4,74 | 8 | 0,24 | 11,80 | 2,03 |

Bij een laag kopergehalte van de grond is de analysefout bij de verschillende methoden ongeveer gelijk. Naarmate het kopergehalte van de grond groter is, wordt de analysefout bij de beide chemische methoden kleiner, maar bij de aspergillusmethode groter. Dit is ook te verwachten bij de aspergillusmethode, omdat de schaal bij een hoog kopergehalte niet continu is, waardoor de afrondingsfout grote invloed krijgt, in tegenstelling met die van de chemische methoden. De in tabel 1 vermelde fouten hebben betrekking op de enkelvoudige bepaling. Het laboratorium geeft echter het gemiddelde van 2 bepalingen. De analysefout is dan $\frac{1}{\sqrt{2}}$ maal zo groot.

Correlatie tussen de verschillende methoden

De correlatie tussen de methoden wordt weergegeven in figuur 1. De correlatie-coëfficiënt werd berekend over het gehele materiaal, maar ook over een gedeelte

FIG. 1. Correlatie tussen het koper-aspergillusgetal, het koper-complexongetal en het koper-salpeterzuurgetal bij de potproef

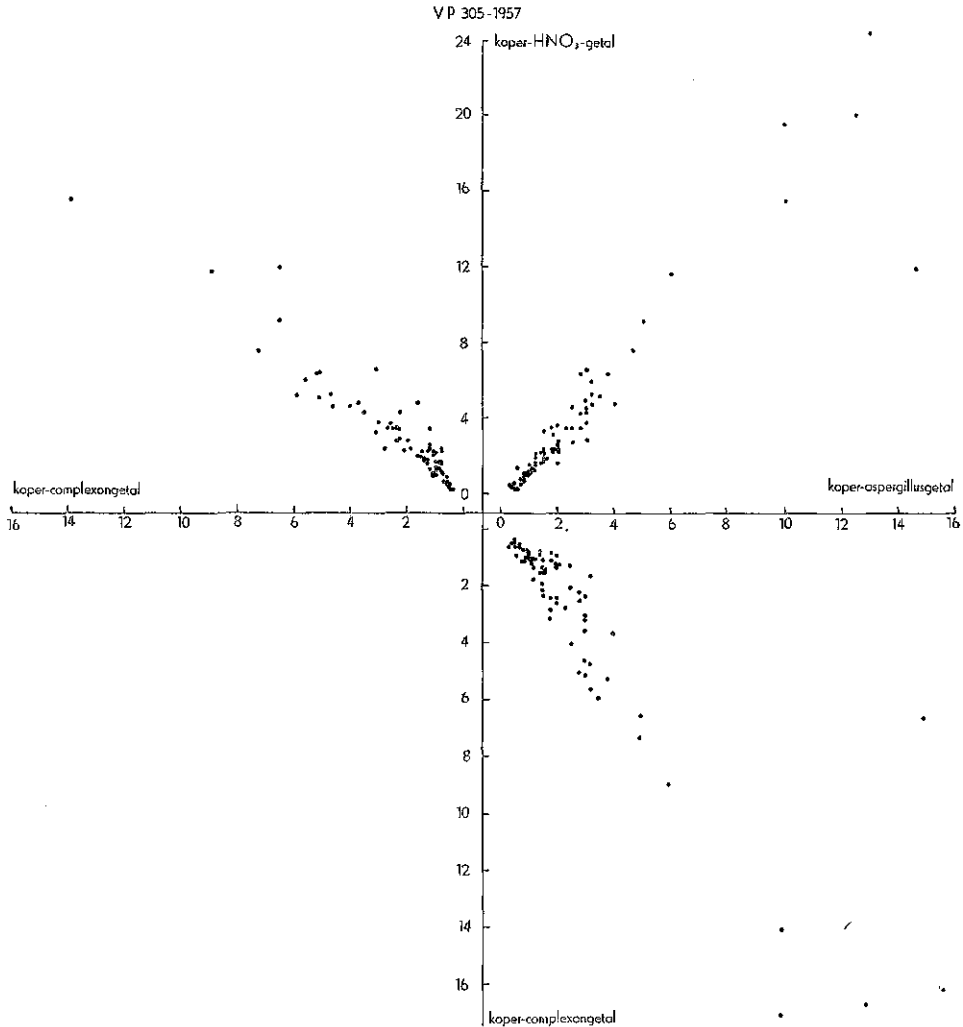


FIG. 1. Correlation between the copper aspergillus number, the copper complexon number and the copper nitric acid number with the pot experiment

ABB. 1. Korrelatie zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl, der Kupferkomplexonzahl und der Kupfersalpetersäurezahl in dem Gefässversuch

ervan. Om te voorkomen, dat het geringe aantal monsters met een hoog koper-aspergillusgetal een verkeerde indruk zou geven, werd de correlatiecoëfficiënt ook berekend voor alle gronden met een koper-aspergillusgetal kleiner dan of gelijk aan 4 (tabel 2).

TABEL 2. Correlatiecoëfficiënten tussen verschillende koperbepalingen (VP 305)

| methode | alle monsters (72) | monsters met een koper-aspergillusgetal ≤ 4 (64) |
|--------------------------------|--------------------|---|
| aspergillus niger-salpeterzuur | 0,93 | 0,92 |
| aspergillus niger-complexon | 0,88 | 0,82 |
| complexon-salpeterzuur | 0,97 | 0,89 |

De correlatie tussen het koper-aspergillusgetal en het koper-salpeterzuurgetal is bij de monsters met een kopergehalte kleiner dan of gelijk aan 4 groter dan bij de andere combinaties.

Doeltreffendheid van de verschillende methoden

In fig. 2, 3 en 4 is het verband tussen de relatieve opbrengst (de opbrengst van het nulobject in procenten van die van het met kopersulfaat bemeste object) en het koper-aspergillus- resp. het koper-complexon- en het koper-salpeterzuurgetal weergegeven. Bij het maken der figuren is ervoor gezorgd, dat de verdeling van de stippen langs de horizontale as onderling vergelijkbaar is. Bij vergelijking van de figuren blijkt, dat het verschil tussen het verband van de uitkomsten volgens de afzonderlijke methoden en de relatieve opbrengst gering is. Bij berekening van de rangcorrelatiecoëfficiënt van KENDALL (6) blijkt deze bij de salpeterzuurmethode

FIG. 2. Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve korrelopbrengst bij zomertarwe (opbrengst zonder bemesting met kopersulfaat in % van de opbrengst bij een bemesting naar 50 kg ksf/ha) in de potproef

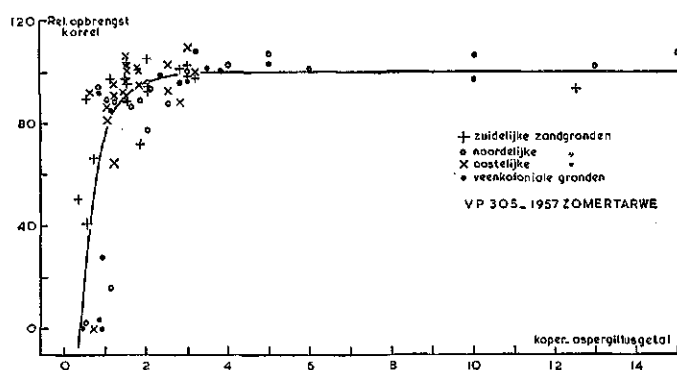


FIG. 2. Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield of spring wheat (yield without copper sulfate manuring in % of the yield with a dressing of 50 kg per ha) in the pot experiment

ABB. 2. Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens (Ertrag ohne Düngung mit Kupfersulfat in % des Ertrags bei einer Düngung mit 50 kg Kupfersulfat pro ha) in dem Gefäßversuch

FIG. 3. Verband tussen het koper-complexongetal en de relatieve korrelopbrengst bij zomertarwe in de potproef

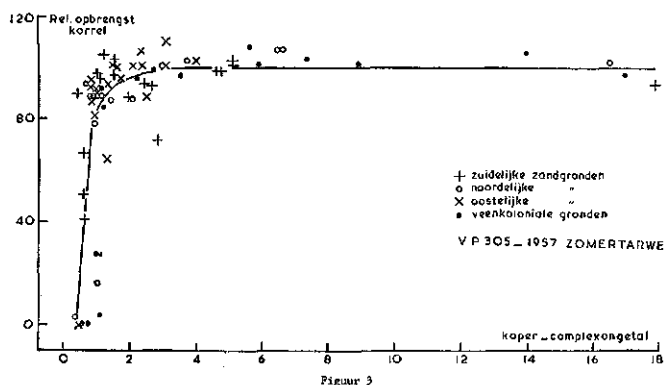


FIG. 3. *Relative between the copper complexon number and the relative grain yield of spring wheat in the pot experiment*

ABB. 3. *Zusammenhang zwischen der Kupferkomplexonzahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens in dem Gefäßversuch*

FIG. 4. Verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrelopbrengst bij zomertarwe in de potproef

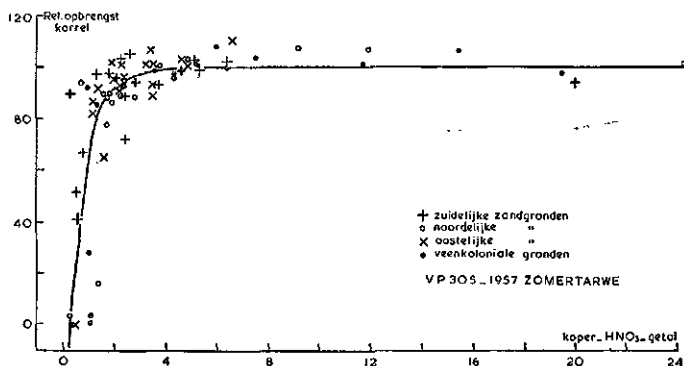


FIG. 4. *Relation between the copper nitric acid number and the relative grain yield of spring wheat in the pot experiment*

ABB. 4. *Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens in dem Gefäßversuch*

het grootst (tabel 3). De waarschijnlijkheid (P), dat de gevonden rangcorrelatiecoëfficiënt verkregen wordt, als de rangcorrelatie tussen de opbrengst en het kopergehalte nul is, is in alle gevallen kleiner dan 0,0001.

De grotere waarde van de rangcorrelatiecoëfficiënt wekt de indruk, dat het verband tussen de relatieve opbrengst en het koper-salpeterzuurgetal iets beter is dan dat met het koper-complexongetal, resp. koper-aspergillusgetal.

TABEL 3. Rangcorrelatiecoëfficiënt tussen de relatieve korrelopbrengst van tarwe en het kopergehalte van de grond bepaald volgens verschillende methoden bij VP 305 (70 gronden)

| methode | rangcorrelatiecoëfficiënt |
|--------------|---------------------------|
| aspergillus | 0,47 |
| salpeterzuur | 0,58 |
| complexon | 0,53 |

Uit deze potproef, evenals uit de verschillende series proefvelden (1), blijkt dat bij tarwe opbrengstverliezen door een tekort aan koper kunnen optreden als het koper-aspergillusgetal 3 of kleiner is. Het koper-complexongetal en het koper-salpeterzuurgetal moeten 4,0 of meer zijn. Het is opvallend, dat bij een laag kopergetal de koperreacties van het gewas op verschillende percelen sterk uiteenlopen.

Dit is het geval bij alle drie methoden. Om dit te verklaren, werd bij de gronden met een koper-salpeterzuurgetal kleiner dan of gelijk aan 2 het verband tussen relatieve opbrengst en pH-KCl, kali- en fosfaattoestand, gehalte aan organische stof en aan afslibbare delen van de grond nagegaan. Geen van deze factoren was echter van invloed op de koperreactie. Op grond van het steile verloop van de curve is dit ook te verwachten. Door de sterke reactie van het gewas op de koperbemesting bij een laag kopergehalte van de grond heeft een kleine fout bij de bepaling van het kopergehalte van de grond, wat dus met een geringe verschuiving in horizontale richting gepaard gaat, een grote afwijking ten opzichte van de gemiddelde lijn tot gevolg. Dit geldt ook voor de afwijkingen bij de havercurven (blz. 12).

2. SERIE PR 1503-1954 EN PR 1603-1955

Het kopergehalte van de grond volgens de verschillende methoden bepaald en de vereffende relatieve opbrengst zijn vermeld in tabel B (voor nadere gegevens zie (3)).

FIG. 5. Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve korrelopbrengst bij zomertarwe op proefvelden in 1954 en 1955 (opbrengst zonder bemesting met kopersulfaat in % van de opbrengst bij een bemesting met 100 kg ksf/ha)

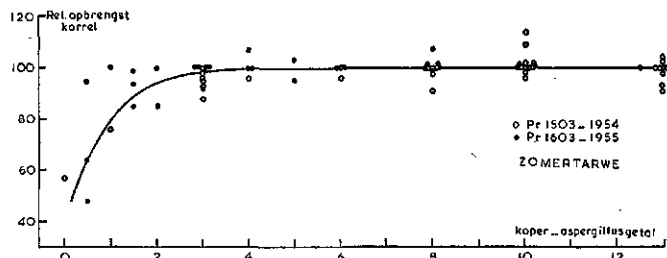


FIG. 5. Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield of spring wheat on trialfields in 1954 and 1955 (yield without copper sulfate manuring in % of the yield with a dressing of 100 kg copper sulfate per ha)

ABB. 5. Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens auf den Versuchsfeldern in den Jahren 1954 und 1955 (Ertrag ohne Düngung mit Kupfersulfat in % des Ertrags bei einer Düngung mit 100 kg Kupfersulfat pro ha)

FIG. 6. Verband tussen het koper-complexongetal en de relatieve korrelopbrengst bij zomertarwe (1954 en 1955)

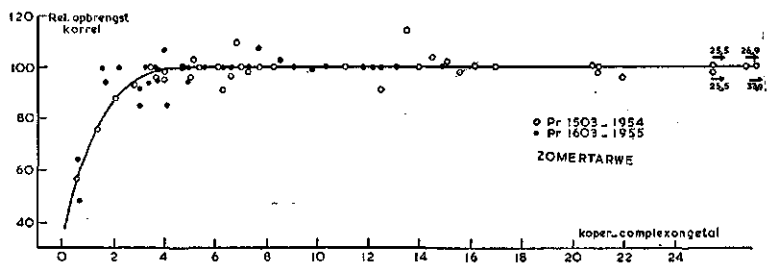


FIG. 6. Relation between the copper complexon number and the relative grain yield of spring wheat (1954 and 1955)

ABB. 6. Zusammenhang zwischen der Kupferkomplexonzahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens (1954 und 1955)

FIG. 7. Verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrelopbrengst bij zomertarwe (1954 en 1955)

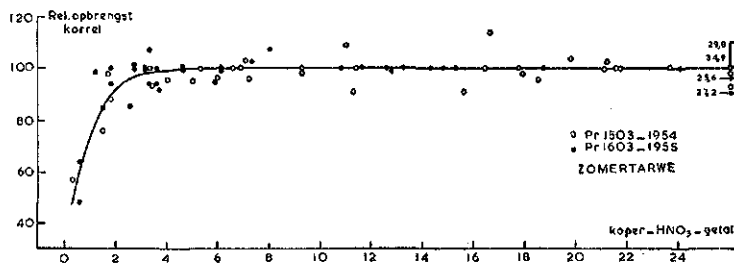


FIG. 7. Relation between the copper nitric acid number and the relative grain yield of spring wheat (1954 and 1955)

ABB. 7. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens (1954 und 1955)

FIG. 8. Verband tussen het koper-totaalgetal en de relatieve korrelopbrengst bij zomertarwe (1954 en 1955)

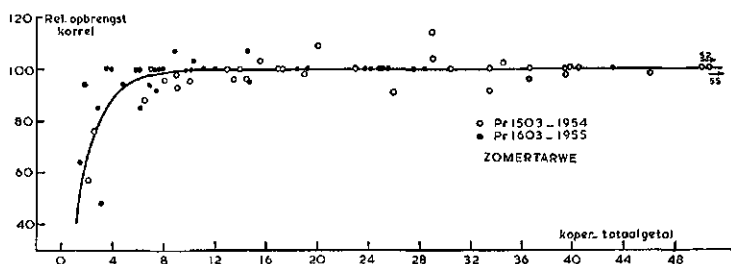


FIG. 8. Relation between the copper total number and the relative grain yield of spring wheat (1954 and 1955)

ABB. 8. Zusammenhang zwischen der Kupfertotalzahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens (1954 und 1955)

Het verband tussen de relatieve korrelopbrengst en resp. het koper-aspergillus-, het koper-complexon- en het koper-salpeterzuurgetal wordt weergegeven in fig. 5, 6 en 7. Ook in deze figuren is ervoor gezorgd, dat de verdeling van de stippen langs de horizontale as onderling vergelijkbaar is. De grenswaarden zijn nagenoeg gelijk aan die bij de potproef werden gevonden. Bij vergelijking van de figuren ziet men, dat de aspergillusmethode bij de lage waarden, waarbij alleen een methodenvergelijking mogelijk is, een wat slechter verband geeft met de relatieve opbrengst dan de beide chemische methoden, terwijl tussen de beide chemische methoden slechts weinig verschil bestaat.

Bij dit materiaal is het kopergehalte van de grond ook bepaald volgens de Fleischmannzuurmethode (koper-totaalgetal). Ook het koper-totaalgetal geeft een verband met de relatieve opbrengst, al lijkt dit iets minder duidelijk dan bij de complexon- en de salpeterzuurmethode (fig. 8). Het koper-totaalgetal zou 10 of groter moeten zijn.

DE PROEVEN MET HAVER

1. POTPROEF VP 305-1957

Voor de gegevens van deze proef wordt verwezen naar tabel A. Het verband tussen de relatieve korrelopbrengst en resp. het koper-aspergillus-, het koper-complexon- en het koper-salpeterzuurgetal is weergegeven in figuur 9, 10 en 11. Het verschil tussen de drie methoden is te verwaarlozen.

Om bij haver opbrengstverliezen door een tekort aan koper te voorkomen moet het koper-aspergillusgetal van de grond groter zijn dan 2. Het koper-complexon- en het koper-salpeterzuurgetal moeten 3,0 of groter zijn.

FIG. 9. Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver in de potproef

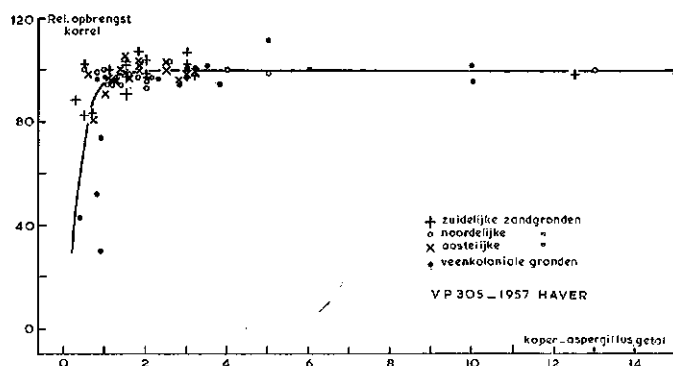


FIG. 9. Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield of oats in the pot experiment

ABB. 9. Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers in dem Gefäßversuch

FIG. 10. Verband tussen het koper-complexongetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver in de potproef

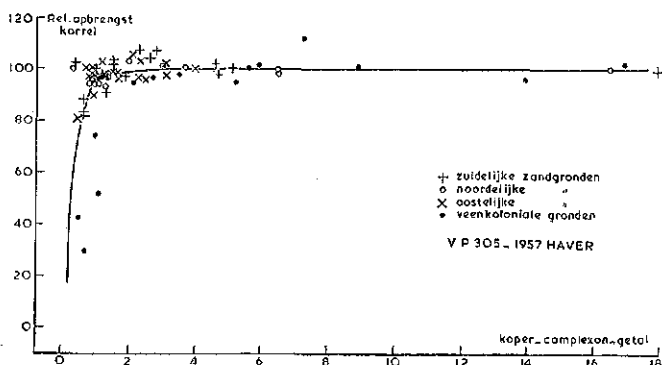


FIG. 10. Relation between the copper complexon number and the relative grain yield of oats in the pot experiment

ABB. 10. Zusammenhang zwischen der Kupferkomplexonzahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers in dem Gefäßversuch

FIG. 11. Verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver in de potproef.

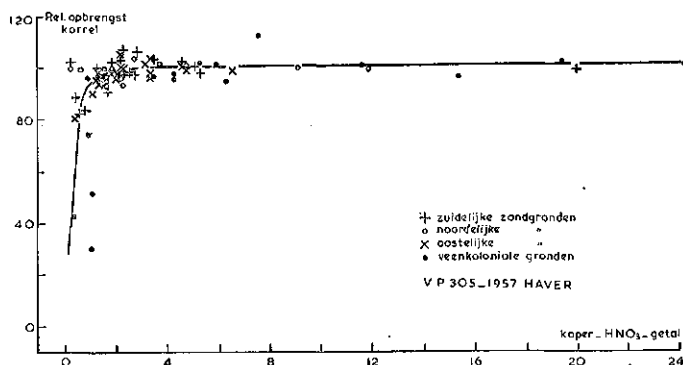


FIG. 11. Relation between the copper nitric acid number and the relative grain yield of oats in the pot experiment

ABB. 11. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers in dem Gefäßversuch

2. INTERPROVINCIALE PROEFVELDEN (SERIE 8-1948)

Bij 17 proefvelden werd in een mengmonster van het proefveld het kopergehalte van de grond bepaald volgens de salpeterzuur- en de complexonmethode. Om de vergelijking zo juist mogelijk te maken werd het koper-aspergillusgetal opnieuw bepaald. In tabel C zijn de resultaten vermeld; de tussen haakjes vermelde koper-aspergillusgetallen zijn die welke in 1948 werden gevonden (gemiddelden van de aspergillusgetallen van alle veldjes vóór de bemesting).

In fig. 12, 13 en 14 is de vereffende relatieve opbrengst (opbrengst zonder bemesting met kopersulfaat in procenten van de opbrengst bij een bemesting met 150 kg kopersulfaat/ha) uitgezet tegen het koper-aspergillus- resp. -complexon- en -salpeterzuurgetal.

FIG. 12. Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver op proefvelden (1948) (opbrengst zonder bemesting met kopersulfaat in % van de opbrengst bij een bemesting met 150 kg/ha)

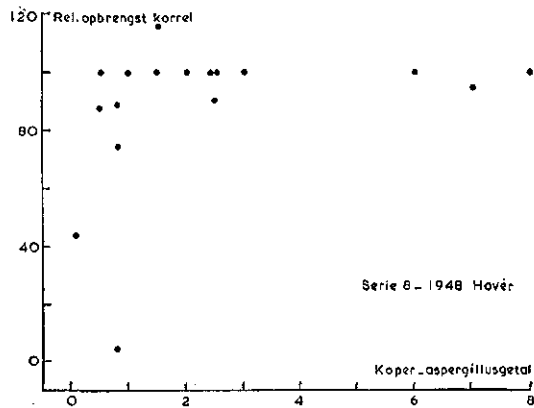


FIG. 12. Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield of oats on trial fields (1948) (yield without copper sulfate manuring in % of the yield with a dressing of 150 kg per ha)

ABB. 12. Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers auf Versuchsfeldern (1948) (Ertrag ohne Düngung mit Kupfersulfat in % des Ertrags bei einer Düngung mit 150 kg pro ha)

FIG. 13. Verband tussen het koper-complexongetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver (1948)

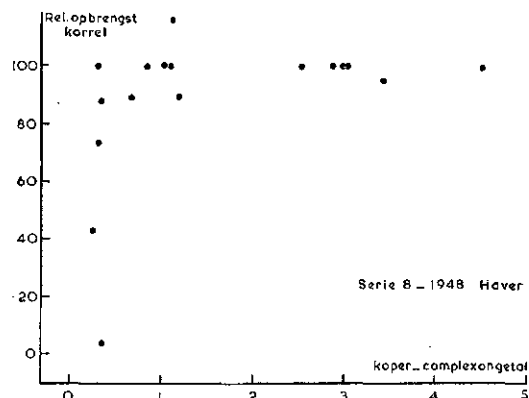


FIG. 13. Relation between the copper complexon number and the relative grain yield of oats (1948)

ABB. 13. Zusammenhang zwischen der Kupferkomplexonzahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers (1948)

FIG. 14. Verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver (1948)

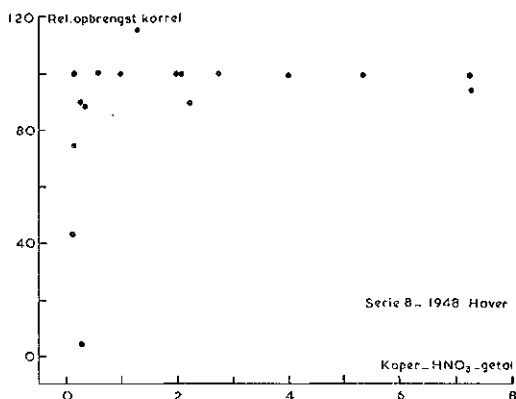


FIG. 14. Relation between the copper nitric acid number and the relative grain yield of oats (1948)

ABB. 14. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers (1948)

Door het geringe aantal punten staat het verloop van de curve niet vast. Bij deze resultaten ligt het grenscijfer lager dan bij de potproef werd gevonden. Uit figuur 9, 10 en 11 blijkt, dat het opbrengstverlies bij een laag kopergetal sterk kan variëren. Evenals bij de boven beschreven proeven komt het ook voor, dat bij een laag kopergetal geen opbrengstdepressie is opgetreden. Hierdoor wordt het moeilijker bij een gering aantal proefvelden met haver een duidelijke grenswaarde vast te stellen.

3. PROEFVELDEN IN LIMBURG (1955)

In alle 32 proefvelden werd het kopergehalte van de grond volgens de aspergillus-, de complexon- en de Fleischmannsmethode bepaald. Doordat in enkele gevallen het grondmonster uitgeput was, werd het koper-salpeterzuurgetal slechts in 29 monsters bepaald (verg. tabel D; voor uitvoerige gegevens zie (3)).

Het verband tussen de relatieve opbrengst en resp. het koper-aspergillus-, koper-complexon-, koper-salpeterzuur- en koper-totaalgetal is weergegeven in fig. 15, 16, 17 en 18. Uit de figuren blijkt, dat met geen der methoden een duidelijk onderscheid gemaakt kan worden tussen percelen met en zonder een tekort aan koper, hoewel de proefvelden, die - zij het weinig - reageren op een koperbemesting, een laag koper-complexon- en koper-aspergillusgetal hebben. Op grond van de kennis uit het voorgaande materiaal is in fig. 15 en 16 een gebroken curve getrokken. Het koper-salpeterzuurgetal van alle proefvelden is laag, terwijl het koper-totaalgetal een grote spreiding heeft.

Hoewel de resultaten van de proefvelden niet in strijd zijn met de figuren 9, 10 en 11, waar ook op enkele proefvelden met een laag kopergehalte geen of een geringe reactie optrad, dringt zich toch de vraag op of op de zuidelijke zandgronden

FIG. 15. Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver op proefvelden (1955). (De omcirkelde stippen hebben betrekking op de proefvelden waarvan niet voldoende grond aanwezig was om het kopergehalte volgens de salpeterzuurmethode te bepalen, fig. 17)

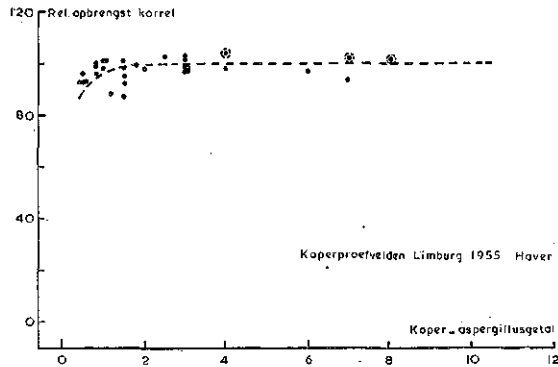


FIG. 15. Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield of oats on trial fields (1955). (The encircled dots refer to the experiments of which not enough soil was available to determine the copper content according to the nitric acid method, fig. 17)

ABB. 15. Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers auf Versuchsfeldern (1955). (Die umkreisten Punkte beziehen sich auf die Versuchsfelder wovon zu wenig der Probe vorlag um den Kupfergehalt mit der Salpetersäuremethode zu ermitteln, Abb. 17)

FIG. 16. Verband tussen het koper-complexongetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver (1955)

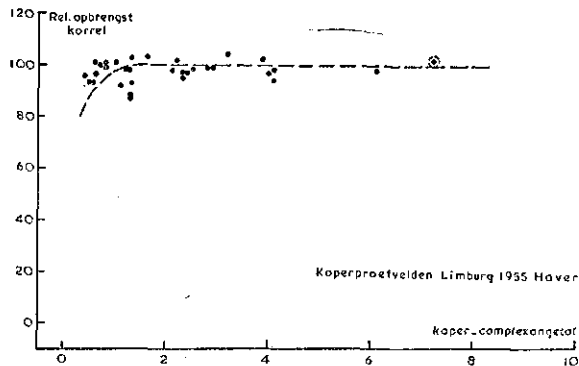


FIG. 16. Relation between the copper complexon number and the relative grain yield of oats (1955)

ABB. 16. Zusammenhang zwischen der Kupferkomplexonzahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers (1955)

FIG. 17. Verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver (1955)

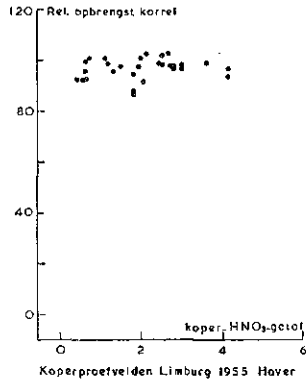


FIG. 17. Relation between the copper nitric acid number and the relative grain yield of oats (1955)

ABB. 17. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers (1955)

FIG. 18. Verband tussen het koper-totaalgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver (1955)

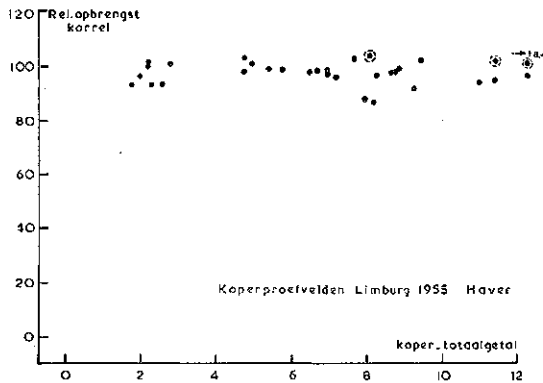


FIG. 18. Relation between the copper total number and the relative grain yield of oats (1955)

ABB. 18. Zusammenhang zwischen der Kupfertotalzahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers (1955)

de interpretatie van het kopergetal anders zou moeten zijn. Wegens de grotere gevoeligheid van tarwe voor een tekort aan koper werd in 1956 een potproef genomen met grond van verschillende percelen in Limburg, waarop in 1955 een koperproefveld had gelegen. In deze potproef werd de reactie van tarwe op een bemesting met kopersulfaat nagegaan. Zoals uit tabel 4 blijkt, kan de schade als gevolg van kopergebrek bij verbouw van tarwe ook op gronden uit Limburg aanzienlijk zijn.

FIG. 19. Verband tussen de relatieve korrelopbrengst (opbrengst zonder bemesting met koper-sulfaat in % van die bij een bemesting naar 50 kg ksf/ha) van zomertarwe en haver

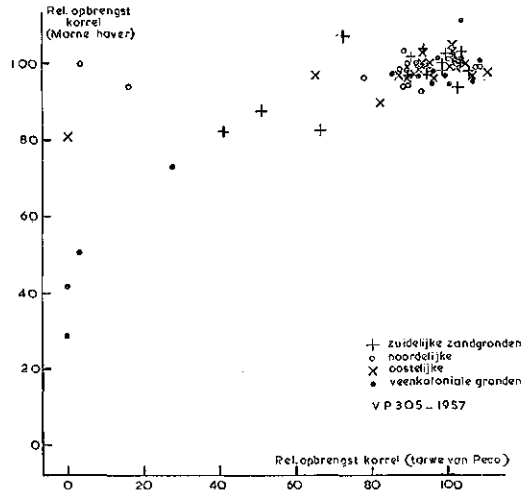


FIG. 19. Relation between the relative grain yield (yield without copper sulfate manuring in % of the yield with a dressing of 50 kg per ha) of spring wheat and oats

ABB. 19. Zusammenhang zwischen dem relativen Körnerertrag (Ertrag ohne Düngung mit Kupfersulfat in % des Ertrags bei einer Düngung mit 50 kg pro ha) des Sommerweizens und des Hafers

In de figuren 2, 3, 4, 9, 10 en 11 is de herkomst van de gronden aangegeven. Daaruit krijgt men niet de indruk, dat de zuidelijke zandgronden zich afwijkend gedragen.

TABEL 4. Opbrengst van haver op proefvelden en tarwe in potten met dezelfde grond (Limburg) met en zonder bemesting met koper¹

| proef- veld | kopergehalte mg/kg grond | | | | Fleisch- mann- zuur | haver kg/ha | | tarwe gram/pot ² | |
|----------------|--------------------------|----------------|------------------|------|---------------------------|-------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| | asper- gillus | com- plexon | HNO ₃ | | | 0 kg ksf | 75 kg ksf | 0 kg ksf | 50 kg ksf |
| NL 311 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 2,3 | 3078 | 3330 | 0 | 29,0 | |
| NL 315 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 2,0 | 2030 | 2110 | 13,0 | 27,1 | |
| ZL 1866 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 5,4 | 2052 | 2057 | 4,3 | 5,4 | |
| ZL 1872 | 1,2 | 1,3 | 1,7 | 8,0 | 3737 | 4216 | 9,7 | 6,3 | |
| ZL 1867 | 1,5 | 2,3 | 1,8 | 11,4 | 1880 | 1982 | 8,7 | 8,4 | |
| ZL 1869 | 1,5 | 1,3 | 1,8 | 8,2 | 2601 | 2980 | 9,9 | 10,2 | |
| ZL 1870 | 1,5 | 1,1 | 2,0 | 9,3 | 3111 | 3376 | 9,9 | 8,9 | |
| NL 310 | 1,8 | 2,8 | 2,4 | 5,8 | 3778 | 3814 | 13,1 | 26,8* | |
| ZL 1868 | 3,0 | 2,2 | 2,5 | 9,5 | 2559 | 2504 | 5,6 | 5,9 | |
| NL 306 | 2,0 | 4,1 | 2,9 | 6,6 | 4342 | 4418 | 27,2 | 24,4 | |
| ZL 1873 | 3,0 | 2,3 | 2,9 | 12,3 | 4130 | 4244 | 9,6 | 13,4 | |

¹ Op de proefvelden gemiddelde van 4, in de potproef gemiddelde van 3 herhalingen

² Voor NL 306 t/m 315 werden grote Mitscherlichpotten gebruikt

* Gemiddelde van 2 herhalingen

DISCUSSIE

Uit de proeven met tarwe en haver blijkt, dat het verband tussen het koper-aspergillusgetal, het koper-complexongetal en het koper-salpeterzuurgetal en de reactie van het gewas op een koperbemesting nagenoeg gelijk is.

De aspergillusmethode heeft in een chemisch laboratorium voor grondonderzoek het bezwaar minder geschikt te zijn als routinebepaling. De chemische methoden hebben het voordeel van een continue schaal en een kleinere bepalingfout speciaal bij hogere kopergehalten van de grond. De doeltreffendheid is vrijwel gelijk; daarom zijn de beide chemische methoden te prefereren boven de aspergillusmethode. De salpeterzuurmethode verdient de voorkeur omdat zij snel is.

Over de Fleischmannzuurmethode kan moeilijk een uitspraak gedaan worden.

Het is duidelijk dat de kopergetallen van de grond niet toereikend zijn om de mate van kopergebrek te voorspellen. Het is bekend, dat bekalking van de grond kopergebrek doet toenemen (2, 4, 6). Toch werd bij het beschreven materiaal geen duidelijke pH-invloed gevonden. Ook de grootte van de stikstofbemesting is van invloed (7).

Uit fig. 19 blijkt, dat haver minder gevoelig is voor kopergebrek dan tarwe. Op gronden waar tarwe zonder bemesting met koper een misoogst geeft, kan haver soms een volkomen normaal gewas leveren.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In 1957 werd in een potproef bij 70 verschillende gronden de koperreactie van haver en tarwe nagegaan. Het kopergehalte van de grond werd bepaald volgens de aspergillusmethode, de complexonmethode (1 % complexon) en de salpeterzuurmethode (0,43 N). Naderhand werden dezelfde bepalingen verricht in het materiaal van proefvelden, die in vroegere jaren waren aangelegd. In een gedeelte van het materiaal werd het kopergehalte ook volgens de Fleischmannzuurmethode (totaal Cu) bepaald.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

1. De doeltreffendheid van de complexonmethode, de salpeterzuurmethode en de *Aspergillus niger*-methode is praktisch gelijk. Op de proefvelden met tarwe voldeed de aspergillusmethode iets minder.
2. De beide chemische methoden zijn te prefereren boven de aspergillusmethode, omdat de laatste in een chemisch laboratorium voor grondonderzoek minder geschikt is als routinebepaling.
3. De analysefouten van de complexonmethode en de salpeterzuurmethode zijn ongeveer gelijk, maar de salpeterzuurmethode verdient de voorkeur omdat zij sneller is.
4. Opbrengstverliezen door een tekort aan koper kunnen bij haver optreden bij een koper-aspergillusgetal kleiner dan of gelijk aan 2, terwijl voor tarwe het koper-aspergillusgetal groter dan 3 moet zijn.

5. Het koper-salpeterzuurgetal moet bij de verbouw van haver 3,0 of groter en bij de verbouw van tarwe 4,0 of groter zijn.
6. Het koper-complexongetal moet op dezelfde wijze geïnterpreteerd worden als het koper-salpeterzuurgetal.
7. Voor zover het koper-totaalgetal bepaald is, blijkt dit bij de verbouw van tarwe 10,0 of groter te moeten zijn.
8. Bij een laag kopergetal van de grond kan de spreiding in de koperreactie groot zijn. De grote spreiding is voor een deel een gevolg van de onnauwkeurigheid van de methode, waardoor in het steile gedeelte van de kromme grote verschillen in opbrengst voorkomen. De spreiding was geen gevolg van verschillende pH-KCl, kali- en fosfaattoestand, gehalte aan organische stof en afslibbare delen van de grond.
9. Tarwe is veel gevoeliger voor een tekort aan koper dan haver.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The *Aspergillus niger* method was used until 1959 in the Netherlands to determine the amount of copper available in the soil for plants (MULDER (6), GERRETSEN (1), HENKENS (3)).

The aspergillus method has within the range of chemical methods of soil testing the drawback to be less well suited for routine analyses. Therefore it was desirable to replace the microbiological method by a chemical one.

At the Institute for Soil Fertility at Groningen two chemical methods have been compared with the aspergillus method. In a part of the material another method has been used too.

1. The efficiency of the versenate, the nitric acid and the aspergillus method is practically the same. On the trial fields with spring wheat the usefulness of the aspergillus method was less pronounced.
2. Both chemical methods are preferable to the aspergillus method because the latter method is less well suited for routine analyses within the range of chemical methods of soil testing.
3. Although the analytical errors of the versenate and the nitric acid methods are about the same, the latter one is preferable because it is faster.
4. A copper aspergillus number of 2 or less yield decreases have to be expected for oats; equally for spring wheat if the copper aspergillus number is 3 or less.
5. The copper nitric acid number of the soil should be 3,0 or higher for oats and 4,0 or higher for spring wheat.
6. The interpretation of the copper complexon number is the same as of the copper nitric acid number.
7. The copper total number for spring wheat should be 10,0 or higher.

8. With a low copper number of the soil the variation in the response to the copper dressing may be very large. The large variation is partly caused by the inaccuracy of the method, by which in the steep part of the curve big differences in yield occur. This can not be declared by one of the other soil factors.
9. The difference in sensitivity for a shortage of copper between oats and spring wheat is large.

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSERFOLGERUNGEN

Zur Bestimmung des für die Pflanzen verfügbaren Kupfers im Boden wurde bis 1959 in den Niederlanden die *Aspergillus niger*-Methode verwendet (MULDER (6), GERRETSEN (1), HENKENS (3)).

Die *Aspergillus niger*-Methode hat in einem chemischen Laboratorium für Bodenanalyse den Nachteil weniger geeignet zu sein als Routinverfahren. Deswegen war es schon lange erwünscht die microbiologische Methode durch eine chemische zu ersetzen.

Im Institut für Bodenfruchtbarkeit in Groningen sind zwei chemische Methoden mit dem Aspergillus-Verfahren verglichen worden. In einem Teil des Materials wurde noch eine dritte chemische Methode berücksichtigt.

1. Die Zweckmässigkeit der Komplexon-, der Salpetersäure- und der Aspergillus-Methode ist nahezu dieselbe. Auf den Versuchsfeldern mit Sommerweizen hat sich die Aspergillus-Methode weniger wertvoll erwiesen.
2. Da die Aspergillus-Methode inmitten der Anwendung chemischer Methoden in der Bodenanalyse den Nachteil hat weniger geeignet zu sein als Routinverfahren, sind die beiden chemischen Methoden über der Aspergillus-Methode zu bevorzugen.
3. Obgleich die Analysefehler der Komplexon- und der Salpetersäure-methode ungefähr dieselbe sind, ist die Salpetersäure-Methode wegen ihrer Schnelligkeit zu bevorzugen.
4. Bei Hafer können Ertragsverluste auftreten falls die Kupfer-Aspergilluszahl 2 oder niedriger ist; bei Sommerweizen sind auch bei der Kupfer-Aspergilluszahl 3 noch Ertragsverluste möglich.
5. Die Kupfersalpetersäurezahl soll 3,0 oder höher sein für Hafer und 4,0 oder höher für Sommerweizen.
6. Die Deutung der Kupferkomplexonzahl ist dieselbe wie der Kupfersalpetersäurezahl.
7. Sofern die Kupfertotalzahl ermittelt worden ist, geht hervor dass diese für Sommerweizen 10 oder höher sein soll.
8. Die Schwankung in der Reaktion auf eine Kupferdüngung kann gross sein auf Böden mit niedrigen Kupfergehalt. Diese grosse Schwankung ist zum Teil eine Folge der Ungenauigkeit der Methode. Infolge dieser treten in Anstiegsgebiet

der Kurve grosse Ertragsunderschiede auf. Sie war nicht zu erklären mittels der untersuchten Bodenfaktoren.

9. Der Unterschied in der Empfindlichkeit für Kupfermangel zwischen Hafer und Sommerweizen ist erheblich.

L I T E R A T U U R

- | | | |
|--|-----------|---|
| 1. GERRETSEN, F. C. | 1952 | Some aspects of the microbiological determination of magnesium, zinc, copper and boron. <i>Intern. Congress Soil Science, Trans. I</i> ; Dublin, 1952, 151-166. |
| 2. HENKENS, CH. H. | 1957 | Koper op bouwland. <i>Landbouwwoorl.</i> 14, 581-589. |
| 3. — | 1958 | De waarde van de koperbepalingen met <i>Aspergillus niger</i> op bouwland. <i>Versl. van Landbouwk. Onderz.</i> 64, 3, 26 blz. |
| 4. HUDIG, J., C. MEIJER en J. GOODIJK | 1926/1927 | Über die sogenannte „Urbarmachungskrankheit“ als dritte Bodenkrankheit. <i>Z. Pflanzenern. Düngung A</i> 8, 14-52. |
| 5. KENDALL, M. C. | 1948 | Rank correlation methods, London. |
| 6. MULDER, E. G. | 1938 | Over de betekenis van koper voor de groei van planten en microorganismen. Wageningen. |
| 7. — | 1955 | Investigations on trace elements in the Netherlands. <i>Soil Sc. Soc. Florida Proc.</i> 10, 190-202. |
| 8. VISSER, W. C. | 1943 | De nauwkeurigheid van verschillende methoden van grondonderzoek ter beoordeling van de kali-fosforzuurrijkdom. <i>Versl. Landbouwk. Onderz.</i> 49, 165-220. |
| 9. WESTERHOFF, H. | 1955 | Beitrage zur Kupferbestimmung im Boden. <i>Landw. Forschung</i> 7, 190-192. |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|-------|-------|-----|-----|------|------|-------|----|------|------|------|-----|------|------|-----|
| 39 | 1,2 | 0,96 | 2,16 | 4,8 | 3,0 | 7,9 | 6,9 | 38,5 | 51 | 21,5 | 27,8 | 30,6 | 91 | 37,5 | 38,6 | 97 |
| 40 | 1,4 | 0,85 | 2,25 | 4,3 | 6,7 | 7,9 | 2,6 | 37,5 | 12 | 8,0 | 30,1 | 32,5 | 93 | 38,1 | 38,1 | 100 |
| 41 | 3,0 | 3,15 | 6,62 | 5,0 | 4,1 | 9,3 | 4,0 | 42,0 | 59 | 27,5 | 36,3 | 33,0 | 110 | 43,5 | 44,5 | 98 |
| 42 | 1,8 | 0,82 | 2,36 | 4,4 | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 59,0 | 20 | 10,0 | 29,1 | 30,6 | 95 | 40,1 | 40,3 | 100 |
| 43 | 2,5 | 1,25 | 3,53 | 3,8 | 6,9 | 6,7 | 5,8 | 40,0 | 17 | 12,0 | 29,0 | 31,1 | 93 | 38,8 | 37,7 | 103 |
| 44 | 3,2 | 1,59 | 4,82 | 3,8 | 4,4 | 7,5 | 20,3 | 105,5 | 43 | 21,5 | 28,8 | 28,8 | 100 | 36,5 | 36,8 | 99 |
| 45 | 2,8 | 2,53 | 3,47 | 5,3 | 4,2 | 5,1 | 3,1 | 74,5 | 25 | 12,0 | 25,4 | 28,6 | 89 | 40,0 | 41,8 | 96 |
| 46 | 1,0 | 0,85 | 1,20 | 4,6 | 3,9 | 4,1 | 5,0 | 50,0 | 21 | 9,5 | 27,1 | 31,3 | 87 | 38,6 | 40,0 | 97 |
| 47 | 1,2 | 1,75 | 2,01 | 4,7 | 6,4 | 3,8 | 1,5 | 21,5 | 23 | 15,0 | 31,3 | 32,7 | 96 | 38,5 | 39,9 | 96 |
| 48 | 0,6 | 0,90 | 1,38 | 5,7 | 2,9 | 4,2 | 1,9 | 40,0 | — | 10,0 | 31,2 | 34,0 | 92 | 41,3 | 42,0 | 98 |
| 49 | 1,5 | 2,30 | 3,36 | 4,7 | 3,9 | 14,4 | 4,9 | 36,0 | 52 | 23,5 | 28,3 | 26,6 | 106 | 34,5 | 35,7 | 97 |
| 50 | 2,5 | 4,00 | 4,61 | 5,7 | 3,3 | 3,6 | 5,1 | 72,5 | 51 | 19,0 | 35,1 | 34,7 | 103 | 42,8 | 42,8 | 100 |
| 51 | 1,8 | 3,06 | 3,22 | 5,8 | 2,9 | 5,1 | 9,6 | 89,0 | — | 19,0 | 35,1 | 34,7 | 101 | 43,2 | 42,4 | 102 |
| 52 | 1,0 | 0,95 | 1,15 | 5,6 | 3,4 | 3,2 | 7,8 | 45,0 | 26 | 10,5 | 25,5 | 31,2 | 82 | 37,8 | 42,2 | 90 |
| 53 | 1,5 | 2,14 | 2,26 | 6,1 | 5,2 | 5,4 | 1,5 | 27,5 | 23 | 13,0 | 34,4 | 34,1 | 101 | 43,1 | 40,9 | 105 |
| 54 | 1,2 | 1,27 | 1,63 | 4,3 | 5,9 | 2,5 | 11,8 | 37,5 | 17 | 11,0 | 19,3 | 29,7 | 65 | 41,5 | 42,7 | 97 |
| 55 | 1,1 | 0,98 | 1,43 | 3,8 | 8,3 | 4,3 | 8,1 | 61,0 | 24 | 20,0 | 4,8 | 29,6 | 16 | 34,9 | 37,2 | 94 |
| 56 | 3,0 | 2,98 | 3,78 | 4,3 | 4,1 | 5,8 | 4,1 | 39,5 | 18 | 8,5 | 29,4 | 29,3 | 100 | 37,8 | 37,4 | 101 |
| 57 | 1,4 | 0,84 | 1,69 | 3,9 | 6,1 | 5,0 | 6,6 | 43,0 | 16 | 10,0 | 27,3 | 30,7 | 89 | 36,7 | 39,1 | 94 |
| 58 | 1,8 | 1,13 | 2,32 | 4,2 | 6,7 | 3,8 | 11,0 | 62,0 | 17 | 12,0 | 31,7 | 35,6 | 89 | 40,6 | 41,9 | 97 |
| 59 | 2,0 | 1,29 | 2,32 | 4,5 | 6,6 | 2,8 | 11,0 | 61,5 | 27 | 18,5 | 28,5 | 30,5 | 93 | 39,7 | 42,7 | 93 |
| 60 | 2,5 | 1,98 | 2,80 | 4,4 | 4,9 | 3,6 | 9,3 | 52,0 | 22 | 12,0 | 26,9 | 30,6 | 88 | 39,8 | 38,5 | 103 |
| 61 | 1,6 | 1,44 | 1,92 | 3,9 | 5,9 | 4,9 | 6,3 | 42,0 | 16 | 10,0 | 27,9 | 32,0 | 87 | 37,6 | 38,3 | 98 |
| 62 | 13,0 | 16,53 | 24,29 | 4,9 | 9,7 | 1,1 | 8,1 | 50,0 | 16 | 15,0 | 31,2 | 30,6 | 102 | 40,7 | 40,7 | 100 |
| 63 | 5,0 | 6,48 | 9,19 | 4,9 | 4,7 | 2,0 | 6,0 | 46,0 | 36 | 18,5 | 31,5 | 29,5 | 107 | 37,2 | 37,6 | 99 |
| 64 | 0,4 | 0,53 | 0,41 | 5,1 | 7,9 | 2,3 | 8,0 | 26,5 | 14 | 11,5 | 0 | 27,1 | 0 | 16,2 | 38,9 | 42 |
| 65 | 0,8 | 0,72 | 0,72 | 5,0 | 3,2 | 2,9 | 7,3 | 52,5 | 39 | 15,0 | 27,8 | 29,7 | 94 | 38,6 | 38,8 | 99 |
| 66 | 0,5 | 0,36 | 0,27 | 4,1 | 4,5 | 3,4 | 0,5 | 9,5 | 21 | 10,5 | 0,6 | 21,5 | 3 | 28,9 | 29,0 | 100 |
| 67 | 4,0 | 3,73 | 4,85 | 5,0 | 5,5 | 4,0 | 2,9 | 40,0 | 14 | 8,5 | 33,7 | 32,7 | 103 | 40,2 | 40,0 | 100 |
| 68 | 10,0 | 16,92 | 19,48 | 5,3 | 7,9 | 1,9 | 4,5 | 43,5 | 49 | 39,0 | 34,4 | 35,5 | 97 | 44,6 | 44,3 | 101 |
| 69 | 15,0 | 6,53 | 11,95 | 4,0 | 5,8 | 10,6 | 11,3 | 120,0 | 39 | 24,0 | 32,1 | 30,0 | 107 | 39,6 | 40,2 | 99 |
| 70 | 1,8 | 2,80 | 2,36 | 4,4 | 5,7 | 4,0 | 10,0 | 41,0 | 21 | 13,0 | 19,7 | 27,9 | 71 | 36,0 | 33,7 | 107 |

| VP 305 No. | Cu- Asp. num- ber | Cu- compl. HNO ₃ num- ber | Cu- pH- KCl | hu- mus % | clay % | P- num- ber | P- cit- acid num- ber | K- num- ber | K- HCl con- tent | wheat (grain) | | oats (grain) | |
|------------------|----------------------------|--|-------------------|-----------------|---------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | | | | | | | | | yield gram/pot | rel. yield ¹ | yield gram/pot | Rel. yield ¹ |
| VP 305 Nr. | Cu- Asp. Zahl | Cu- compl. HNO ₃ Zahl | pH- KCl | Hu- mus % | Ton- Ge- halt | P- Zahl | P- citro- säure Zahl | K- Zahl | K- HCl gehalt | Weizen (Körner) | | Hafer (Körner) | |
| | | | | | | | | | | Ertrag Gramme/ Topf | Rel. Er- trag ¹ | Ertrag Gramme/ Topf | Rel. Er- trag ¹ |

TABEL A. Pot experiment with springwheat and oats (VP 305-1957)

TABELLE A. Gefäßversuch mit Sommerweizen und Hafer (VP 305-1957)

1. Opbrengst t.o.v. 50 kg tsf/ha. Yield with regard to 50 kg tsf/ha. Ertrag himstichlich 50 kg KSF/ha

TABEL B. Koperproefvelden met zomertarwe; Serie Pr 1503 (1954) en Serie Pr 1603 (1955)

| pr. no. | Cu- Asp. getal | Cu- com- pl. getal | Cu- sal- per- terz. getal | Cu- total getal | ver- effen- de rel. opbr. ¹ | pr. no. | Cu- Asp. getal | Cu- com- pl. getal | Cu- sal- per- terz. getal | Cu- total getal | ver- effen- de rel. opbr. ¹ |
|-----------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|-----------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|
| Pr 1503/1 | 13,0 | 16,2 | 21,75 | 39,5 | 100 | Pr 1546 | 3,0 | 4,0 | 4,98 | 10,0 | 95 |
| /2 | 10,0 | 8,3 | 11,36 | 23,0 | 100 | Pr 1603/1 | 3,0 | 3,5 | 2,73 | 5,8 | 100 |
| /3 | 13,0 | 11,1 | 16,43 | 33,5 | 100 | /2 | 2,0 | 4,1 | 2,55 | 6,1 | 85 |
| /4 | 8,0 | 7,3 | 9,29 | 19,0 | 98 | /3 | 10,0 | 9,1 | 13,23 | 18,4 | 100 |
| /5 | 10,0 | 15,1 | 21,17 | 34,5 | 102 | /4 | 8,0 | 11,8 | 12,55 | 24,9 | 100 |
| /6 | 10,0 | 13,5 | 16,59 | 29,0 | 114 | /5 | 8,0 | 7,3 | 11,58 | 24,2 | 100 |
| /7 | 13,0 | 21,0 | 25,55 | 46,0 | 98 | /6 | 12,5 | 14,9 | 24,04 | 45,1 | 100 |
| /8 | 13,0 | 21,0 | 21,72 | 52,0 | 100 | /7 | 6,0 | 6,6 | 6,12 | 11,1 | 100 |
| /9 | 10,0 | 6,8 | 11,04 | 20,0 | 109 | /8 | 8,0 | 13,1 | 14,27 | 25,1 | 100 |
| /10 | 13,0 | 14,5 | 19,76 | 29,0 | 104 | /9 | 2,0 | 5,6 | 3,12 | 7,8 | 100 |
| /11 | 10,0 | 14,0 | 17,45 | 36,5 | 100 | /10 | 1,5 | 4,9 | 1,76 | 4,7 | 94 |
| /12 | 13,0 | 12,5 | 15,55 | 33,5 | 91 | /11 | 4,0 | 4,0 | 3,32 | 8,8 | 107 |
| /13 | 6,0 | 5,4 | 5,29 | 13,0 | 100 | /12 | 3,0 | 3,0 | 3,66 | 7,3 | 92 |
| /14 | 8,0 | 7,7 | 9,27 | 17,0 | 100 | /13 | 8,0 | 7,6 | 7,96 | 14,6 | 107 |
| /15 | 6,0 | 5,0 | 6,00 | 14,5 | 96 | /14 | 3,0 | 4,7 | 3,06 | 7,1 | 100 |
| /17 | 4,0 | 3,7 | 4,04 | 8,0 | 96 | /15 | 6,0 | 4,9 | 4,62 | 10,1 | 100 |
| /18 | 1,0 | 1,4 | 1,49 | 2,5 | 76 | /16 | 10,0 | 12,2 | 15,26 | 25,6 | 100 |
| /21 | 10,0 | 22,0 | 18,50 | 36,5 | 96 | /17 | 8,0 | 12,5 | 14,83 | 23,7 | 100 |
| /22 | 3,0 | 4,0 | 1,65 | 9,0 | 98 | /18 | 1,5 | 3,7 | 1,23 | 3,8 | 99 |
| /24 | 3,0 | 3,5 | 3,30 | 7,0 | 100 | /19 | 4,0 | 4,8 | 6,13 | 12,0 | 100 |
| /25 | 3,0 | 6,6 | 7,20 | 13,5 | 96 | /20 | 4,0 | 3,3 | 4,64 | 9,7 | 100 |
| /26 | 8,0 | 6,3 | 11,30 | 26,0 | 91 | /21 | 5,0 | 8,5 | 7,27 | 10,3 | 103 |
| /27 | 13,0 | 17,0 | 21,07 | 30,5 | 100 | /22 | 8,0 | 9,8 | 12,82 | 28,4 | 99 |
| /28 | 13,0 | 5,1 | 7,10 | 15,5 | 103 | /23 | 10,0 | 10,3 | 18,69 | 27,5 | 100 |
| /29 | 8,0 | 7,0 | 6,63 | 14,0 | 100 | /24 | 10,0 | 6,1 | 10,76 | 19,1 | 100 |
| /31 | 3,0 | 2,1 | 1,80 | 6,5 | 88 | /25 | 5,0 | 3,7 | 5,90 | 14,7 | 95 |
| /32 | 10,0 | 20,8 | 23,70 | 39,5 | 100 | /26 | 3,0 | 3,4 | 3,33 | 6,8 | 94 |
| /33 | 10,0 | 26,7 | 34,92 | 40,5 | 100 | /27 | 1,5 | 3,0 | 1,52 | 2,8 | 85 |
| /34 | 10,0 | 15,6 | 17,90 | 39,5 | 98 | /28 | 3,0 | 4,7 | 3,57 | 7,6 | 100 |
| /35 | 13,0 | — | 27,22 | — | 93 | Pr 1691 | 1,0 | 1,5 | 1,78 | 3,5 | 100 |
| Pr 1542 | 3,0 | 2,8 | 3,42 | 9,0 | 93 | Pr 1692 | 0,5 | 1,8 | 3,63 | 1,8 | 94 |
| Pr 1543 | 8,0 | 6,1 | 6,90 | 17,0 | 100 | Pr 1693 | 3,0 | 2,2 | 2,72 | 6,0 | 100 |
| Pr 1544 | 0,0 | 0,6 | 0,27 | 2,0 | 57 | Pr 1694 | 0,5 | 0,7 | 0,63 | 3,0 | 48 |
| Pr 1545 | 13,0 | 33,9 | 29,85 | 55,0 | 100 | Pr 1695 | 0,5 | 0,6 | 0,74 | 1,4 | 64 |

| Nr. | Cu- Asp. num- ber | Cu- com- pl. num- ber | Cu- HNO ₃ num- ber | Cu- total num- ber | adj. rela- tive yield ¹ | Nr. | Cu- Asp. num- ber | Cu- com- pl. num- ber | Cu- HNO ₃ num- ber | Cu- total num- ber | adj. rela- tive yield ¹ |
|-----|----------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|--|-----|----------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| no. | Cu- Asp. Zahl | Cu- kom- pl. Zahl | Cu- HNO ₃ Zahl | Cu- total Zahl | Aus- gegli- chen Rel. Er- trag ¹ | no. | Cu- Asp. Zahl | Cu- kom- pl. Zahl | Cu- HNO ₃ Zahl | Cu- total Zahl | Aus- gegli- chen Rel. Er- trag ¹ |

TABLE B. Copper trial fields with springwheat Series Pr 1503 (1954) and Series Pr 1603 (1955)
TABELLE B. Kupferversuchsfelder mit Sommerweizen Serie 1503 (1954) und Serie Pr 1603 (1955)¹ Opbrenst t.o.v. 100 kg kst/ha. Yield with regard to 100 kg cst/ha. Ertrag hinsichtlich 100 kg KSt/ha.

TABEL C. Interprovinciale koperproefvelden op bouwland 1948 (serie 8 haver)

| reg. no. | Cu-Asp. getal ¹ | Cu-salpeterz. getal | Cu-compl. getal | vereffende rel. opbr. ² |
|----------|-------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| WO 1165 | 0,5 (0,5) | 0,15 | 0,32 | 100 |
| WO 1166 | 2,5 (4,4) | 2,69 | 2,87 | 100 |
| WO 1167 | 0,5 (1,0) | 0,32 | 0,34 | 88 |
| OGe1051 | 2,5 (1,9) | 2,18 | 1,19 | 90 |
| OGe1050 | 0,8 (0,9) | 0,24 | 0,65 | 89 |
| OO 1216 | 2,5 (3,7) | 1,93 | 1,04 | 100 |
| OO 1218 | 0,8 (1,5) | 0,30 | 0,34 | 3,5 |
| D 559 | 2,0 (2,6) | 2,03 | 2,54 | 100 |
| OF 684 | 1,0 (0,7) | 0,95 | 1,10 | 100 |
| OF 686 | 0,1 (0,5) | 0,12 | 0,25 | 43 |
| OF 688 | 7,0 (6,0) | 7,25 | 3,43 | 95 |
| Ve 384 | — (1,5) | — | — | 100 |
| NH 945 | 3,0 (2,9) | 3,97 | 3,04 | 100 |
| WB 1544 | 8,0 (7,0) | 7,22 | 4,50 | 100 |
| OB 3053 | 1,5 (2,8) | 1,22 | 1,11 | 116 |
| L 1223 | 1,5 (1,3) | 0,53 | 0,85 | 100 |
| L 1224 | 0,8 (1,1) | 0,12 | 0,32 | 74 |
| ZGr 604 | 6,0 (5,0) | 5,28 | 3,00 | 100 |

| reg. No. | Cu-Asp. number ¹ | Cu-HNO ₃ number | Cu-compl. number | adjusted relative yield ² |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|--|
| Reg. Nr. | Cu-Asp. Zahl ¹ | Cu-HNO ₃ Zahl | Cu-kompl. Zahl | Ausgeglichen Relativ Ertrag ² |

TABLE C. Interprovincial copper trial fields on arable land 1948 (Series 8 oats)

TABELLE C. Interprovinzial Kupferversuchsfelder auf Ackerland 1948 (Serie 8 Hafer)

¹ De cijfers tussen haakjes hebben betrekking op het kopergehalte zoals dit gevonden werd in 1948 (gemiddelden van de aspergillusgetallen van alle veldjes vóór de bemesting)

The data in brackets refer to the copperanalyses of 1948 (mean value of the aspergillus number of all plots before dressing)

Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Kupferanalysen von 1948 (die Mittelwerte der Aspergilluszahl von allen Parzellen bevor Düngung)

² Opbrengst t.o.v. 150 kg ksf/ha. Yield with regard to 150 kg csf/ha. Ertrag hinsichtlich 150 kg KSF/ha.

TABEL D. Koperproefvelden met haver in Limburg (1955)

| reg. no. | Cu-Asp. getal | Cu-HNO ₃ getal | Cu-compl. getal | Cu-totaal getal | rel. opbr. t.o.v. 75 kg ksf/ha |
|----------|------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|
| NL 304 | 0,5 | 0,55 | 1,3 | 1,8 | 93 |
| 305 | 1,5 | 1,46 | 1,2 | 4,8 | 98 |
| 306 | 2,0 | 2,93 | 4,1 | 6,6 | 98 |
| 307 | 8,0 | — | 7,2 | 18,4 | 102 |
| 308 | 2,5 | 2,07 | 1,3 | 4,8 | 103 |
| 309 | 3,0 | 2,77 | 2,4 | 8,3 | 97 |
| 310 | 1,8 | 2,36 | 2,8 | 5,8 | 99 |
| 311 | 0,5 | 0,53 | 0,5 | 2,3 | 93 |
| 313 | 7,0 | — | 3,9 | 11,4 | 102 |
| 314 | 0,5 | 0,36 | 0,5 | 2,6 | 93 |
| 315 | 0,5 | 0,57 | 0,4 | 2,0 | 96 |
| 316 | 6,0 | 4,13 | 4,0 | 7,0 | 97 |
| 317 | 1,0 | 1,05 | 0,8 | 2,8 | 101 |
| 318 | 1,0 | 0,66 | 0,6 | 2,2 | 101 |
| 319 | 0,8 | 0,56 | 0,7 | 2,2 | 100 |
| 320 | 3,0 | 2,73 | 6,1 | 7,0 | 98 |
| ZL 1864 | 3,0 | 3,54 | 2,9 | 8,9 | 99 |
| 1865 | 7,0 | 4,10 | 4,1 | 11,0 | 94 |
| 1866 | 0,8 | 1,12 | 0,8 | 5,4 | 99 |
| 1867 | 1,5 | 1,77 | 2,3 | 11,4 | 95 |
| 1868 | 3,0 | 2,47 | 2,2 | 9,5 | 102 |
| 1869 | 1,5 | 1,77 | 1,3 | 8,2 | 87 |
| 1870 | 1,5 | 2,00 | 1,1 | 9,3 | 92 |
| 1871 | 1,5 | 1,95 | 1,0 | 5,0 | 101 |
| 1872 | 1,2 | 1,74 | 1,3 | 8,0 | 88 |
| 1873 | 3,0 | 2,92 | 2,3 | 12,3 | 97 |
| 1874 | 1,0 | 1,86 | 1,2 | 8,7 | 98 |
| 1876 | 3,0 | 2,64 | 1,6 | 7,7 | 103 |
| 1877 | 4,0 | 2,73 | 2,1 | 8,8 | 98 |
| 1878 | 4,0 | — | 3,2 | 8,1 | 104 |
| 1879 | 3,0 | 2,49 | 2,5 | 6,7 | 98,5 |
| 1875 | 0,8 | 1,25 | 0,6 | 7,2 | 96 |

| reg. no. | Cu-Asp. number | Cu-HNO ₃ number | Cu-compl. number | Cu-total number | rel. yield with regard to 75 kg ksf/ha |
|----------|-------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|--|
| Reg. Nr. | Cu-Asp. Zahl | Cu-HNO ₃ Zahl | Cu-kompl. Zahl | Cu-total Zahl | Relativ Ertrag hinsichtl. 75 Kg KSF/Ha |

TABLE D. Copper trial fields with oats in Limburg (1955)

TABELLE D. Kupferversuchsfelder mit Hafer in Limburg (1955)