

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID, GRONINGEN

DE WAARDE VAN DE KOPERBEPALINGEN  
MET *ASPERGILLUS NIGER*  
OP BOUWLAND

WITH A SUMMARY  
THE COPPER CONTENT OF THE SOIL DETERMINED WITH  
*ASPERGILLUS NIGER*

MIT EINER ZUSAMMENFASSUNG  
DIE BEDEUTUNG DES KUPFERGEHALTS DES ACKERBODENS ERMITTELT  
MIT *ASPERGILLUS NIGER*

CH. H. HENKENS



STAATSDRUKKERIJ

UITGEVERIJBEDRIJF

---

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. NO. 64.3 - 'S-GRAVENHAGE - 1958

# INHOUD

I. INLEIDING . . . . .	3
II. DE PROEFVELDEN MET HAVER . . . . .	3
1. Interprovinciale proefvelden (serie 8-1948) . . . . .	3
Proefopzet . . . . .	3
Ligging der proefvelden . . . . .	4
Bewerking der gegevens . . . . .	4
Resultaten . . . . .	4
Invloed van het humusgehalte en de pH . . . . .	5
Oogstanalyse . . . . .	6
2. De proefvelden in Limburg, 1955 . . . . .	7
Keuze der proefvelden . . . . .	7
Proefopzet . . . . .	8
Veldwaarnemingen . . . . .	8
Oogstresultaten . . . . .	8
Gewasonderzoek . . . . .	9
III. DE PROEFVELDEN MET ZOMERTARWE . . . . .	10
1. Serie Pr 1503-1954 en Pr 1603-1955 . . . . .	10
Keuze der proefvelden . . . . .	10
Proefopzet . . . . .	10
Veldwaarnemingen . . . . .	10
Bewerking der gegevens . . . . .	10
Resultaten . . . . .	10
Invloed van het humusgehalte en de pH . . . . .	12
Gewasonderzoek . . . . .	12
Oogstanalyse . . . . .	13
SAMENVATTING EN CONCLUSIES . . . . .	15
SUMMARY AND CONCLUSIONS . . . . .	15
ZUSAMMENFASSUNG UND FOLGERUNGEN . . . . .	16
LITERATUUR . . . . .	17
TABELLEN . . . . .	18
VERKLARENDE WOORDENLIJST/GLOSSARY/GLOSSAR . . . . .	26

De auteur, ir. CH. H. HENKENS, is als landbouwkundige verbonden aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen.

## I. INLEIDING

Voor de bepaling van het gemakkelijk opneembare koper in de grond maakt men o.a. gebruik van een microbiologische methode. Deze berust op het feit, dat de schimmel *Aspergillus niger* voor de vorming van de zwarte kleurstof van de sporen een kleine hoeveelheid koper nodig heeft. Bij een onvoldoende kopervoorziening van de schimmel varieert de kleur der sporen van zwartbruin over bruin en geelbruin tot geel afhankelijk van de koperconcentratie, terwijl zonder koper een geheel wit schimmeldek zonder sporen wordt gevormd. De kleur van de sporen kan dus als maat gebruikt worden voor de hoeveelheid opneembaar koper in het voedingsmedium.

Door aan een kopervrije voedingsoplossing 1 gram droge grond toe te voegen, te enten met een suspensie van schimmelsporen, de schimmel 4 à 5 dagen te laten groeien en vervolgens de kleur van de schimmelsporen te vergelijken met die van een standaardreeks met opklimmende hoeveelheden koper, is men in staat het gehalte aan opneembaar koper van een grond te bepalen.

Om de waarde van het volgens de hierboven beschreven — door E. G. MULDER ontwikkelde en later door F. C. GERREISEN gewijzigde — methode verkregen koper-aspergillusgetal (kopergehalte van de grond in mg/kg bepaald met behulp van de schimmel *Aspergillus niger*) na te gaan hebben wij de beschikking over de resultaten van:

1. Interprovinciale proefvelden met haver in 1948 (serie 8).<sup>1</sup>
2. Een serie proefvelden met haver, welke in 1955 in Limburg door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in samenwerking met de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst werd aangelegd.
3. Twee series proefvelden met tarwe, welke in 1954 (Pr 1503) en 1955 (Pr 1603) door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in de provincies Groningen en Drente werden aangelegd.

Voor de gegevens der proefvelden zij verwezen naar de tabellen 1, 2, 3 en 4 (pag. 18—25).

## II. DE PROEFVELDEN MET HAVER

### 1. INTERPROVINCIALE PROEFVELDEN (SERIE 8-1948; TABEL 1)

#### *Proefopzet*

Ieder proefveld bestond uit 2 stroken van 6 veldjes ( $7 \times 7$  m), waarvan 4 niet met kopersulfaat en telkens 2 met 25 resp. 50, 100 en 150 kg kopersulfaat per ha werden bemest. Op OGe 1050 en OO 1218 werd inplaats van 150 kg, 200 kg en op NH 945 en L 1223  $12\frac{1}{2}$  kg kopersulfaat gegeven.

<sup>1</sup> Deze serie proefvelden werd aangelegd onder leiding van dr. J. RAMEAU.

### Ligging der proefvelden

Van 20 proefvelden werd de opbrengst bepaald. Deze proefvelden waren gelegen in de volgende rassen: WO (3), OGe (2), OO (2), D (2), OF (4), Ve (1), NH (1), WB (1), OB (1), L (2) en ZGr (1). 16 proefvelden werden aangelegd op zandgrond, 3 op dalgrond en 1 op zavelgrond.

### Bewerking der gegevens

Van elk proefveld werden de korrelopbrengsten afzonderlijk bewerkt. Nadat de opbrengstkromme per proefveld was bepaald, werden de vereffende relatieve opbrengsten (opbrengst zonder koperbemesting in % van de opbrengst bij een bemesting met 150 kg kopersulfaat per ha) tegen het koper-aspergillusgetal van de grond uitgezet. Vervolgens werd nagegaan of de pH en het humusgehalte invloed hadden op de mate van opbrengstderving.

### Resultaten

Bij de bewerking van de resultaten zijn de proefvelden D 560 en OF 682 buiten beschouwing gelaten, omdat op beide proefvelden zandverstuiving optrad. In fig 1 wordt het verband tussen het koper-aspergillusgetal en de korrelopbrengst zonder

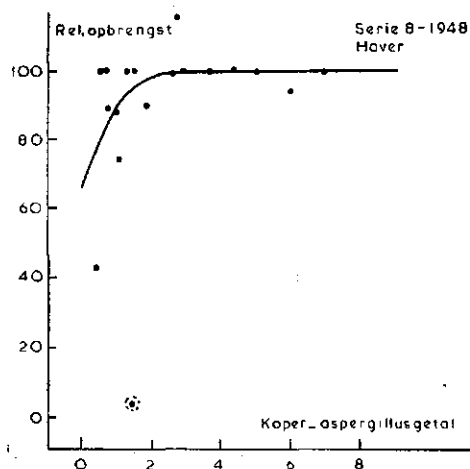


FIG. 1.

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

*Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield of oats (yield without copper sulfate manuring in percentage of the yield with a dressing of 150 kg per ha).*

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

bemesting met kopersulfaat in procenten van de korrelopbrengst bij een bemesting met 150 kg kopersulfaat per ha weergegeven. Met OO 1218 (omcirkelde stip) is bij het trekken van de lijn rekening gehouden. Op dit proefveld trad extreem kopergebrek op wat mogelijk verklaard wordt door de aanwezigheid van gliede in de bouwvoor. Daar op NH 945 en L 1223 geen koperreactie optrad zijn deze proefvelden in de figuur opgenomen ofschoon de hoogste gift slechts 100 kg kopersulfaat was.

Men kan bij haver een opbrengstverlies als gevolg van een tekort aan koper verwachten als het koper-aspergillusgetal kleiner dan of gelijk aan 2 is (fig. 1). Een bemesting met 50 kg kopersulfaat per ha deed het kopergebrek in de meeste gevallen verdwijnen, terwijl 100 kg kopersulfaat altijd voldoende is geweest (fig. 2).

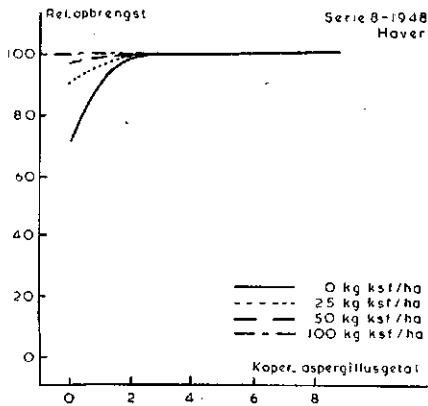


FIG. 2.

Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver bij verschillende koperbemesting.

*Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield with different copper dressings.*

*Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers bei verschiedenen Mengen Kupfersulfat.*

### Invloed van het humusgehalte en de pH

Om deze invloeden na te gaan werden de verticale afstanden van de punten met een koper-aspergillusgetal kleiner dan of gelijk aan 2 tot de curve uitgezet tegen het humusgehalte en de pH. Bij de punten met een koper-aspergillusgetal kleiner dan of gelijk aan 2 bestaan geen onderlinge correlaties tussen het koper-aspergillusgetal, de pH en het humusgehalte. Het humusgehalte had een invloed op de mate van kopergebrek (fig. 3). Naarmate het humusgehalte lager was, was het opbrengstverlies

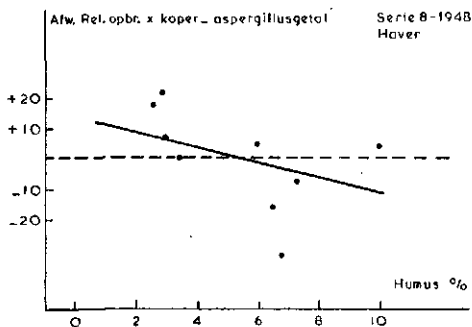


FIG. 3.

Invloed van het humusgehalte op de mate van kopergebrek bij haver (afgeleid uit fig. 1).

*Influence of the humus content on the degree of copper deficiency in oats (derived from fig. 1).*

*Einfluss des Humusgehaltes auf den Grad des Kupfermangels bei Hafer (abgeleitet von Abb. 1).*

als gevolg van een tekort aan koper geringer, terwijl het verlies groter was naarmate het humusgehalte groter werd. Men krijgt de indruk (fig. 4), dat bij lage en hoge pH het opbrengstverlies door kopergebrek groter was dan bij matige pH. (In 1948 werd alleen pH-H<sub>2</sub>O bepaald). Fig. 5 geeft het verband weer tussen de relatieve op-

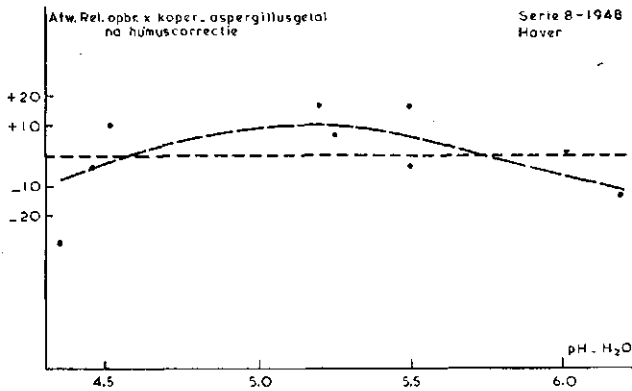


FIG. 4.

Invloed van de pH op de mate van kopergebrek bij haver (afgeleid uit fig. 1).

*Influence of the pH on the degree of copper deficiency in oats (derived from fig. 1).*

*Einfluss des pH-Wertes auf den Grad des Kupfermangels bei Hafer (abgeleitet von Abb. 1).*

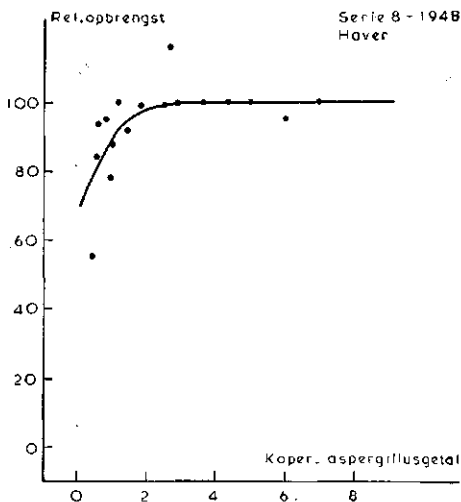


FIG. 5.

Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve opbrengst bij haver na correctie op humus % (5%) en pH-H<sub>2</sub>O (4,6 of 5,7) (omcirkelde stip uit fig. 1 is weggelaten).

*Relation between the copper aspergillus number and the relative yield in oats after correction on humus percentage (5%) and pH-H<sub>2</sub>O (4.6 or 5.7). (The encircled dot in fig. 1 has been left out).*

*Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Ertrag des Hafers nach Korrektion auf den Humusgehalt (5%) und den pH-Wert (pH-H<sub>2</sub>O 4,6 oder 5,7). (Der umkreiste Punkt aus Abb. 1 ist weggelassen).*

brengst zonder koperbemesting en het koper-aspergillusgetal na correctie op het humusgehalte en de pH. Of onder invloed van de pH of het humusgehalte de grenswaarde voor het koper-aspergillusgetal verandert is uit dit materiaal niet af te leiden.

### Oogstanalyse

Bij de oogst werden korrel- en stro-monsters per veldje genomen. In deze monsters werd het kopergehalte bepaald. Er was een geringe correlatie tussen het kopergehalte van de korrel en het koper-aspergillusgetal (fig. 6). Ook bemesting van de grond met kopersulfaat deed het kopergehalte van de korrel slechts weinig stijgen (fig. 7). Daar de correlatie tussen het kopergehalte van de korrel en het koper-aspergillusgetal zo gering is, kan het kopergehalte van de korrel moeilijk dienen als maatstaf voor de

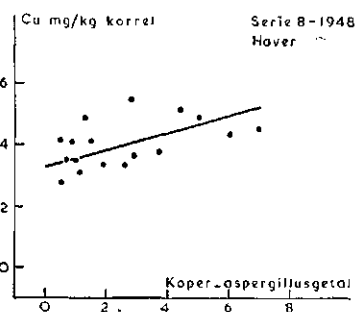


FIG. 6.

Verband tussen het koper-aspergillusgetal en het kopergehalte van haverkorrels bij geen bemesting met koper sulfaat.

*Relation between the copper aspergillus number and the copper content of oat grains without copper sulfate manuring.*

*Einfluss der Kupfer-Aspergilluszahl auf den Kupfergehalt der Haferkörner ohne Düngung mit Kupfersulfat.*

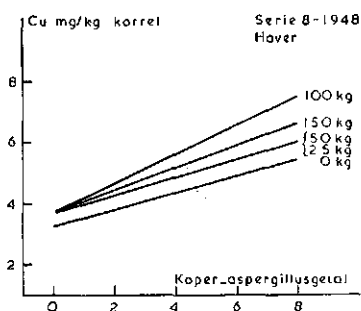


FIG. 7.

Verband tussen het koper-aspergillusgetal en het kopergehalte van haverkorrels bij verschillende koperbemesting.

*Relation between the copper aspergillus number and the copper content of oat grains with different copper dressings.*

*Einfluss der Kupfer-Aspergilluszahl auf den Kupfergehalt der Haferkörner bei verschiedenen Mengen Kupfersulfat.*

mate van kopergebrek. Het humusgehalte en de pH bleken niet van invloed te zijn op het kopergehalte van de korrel. Het kopergehalte van het stro bleek noch door het koper-aspergillusgetal noch door de bemesting met kopersulfaat te worden beïnvloed. Het kopergehalte van het stro was bij een bemesting met 0, 25, 50, 100 en 150 kg kopersulfaat gemiddeld resp. 3,2, 3,4, 3,2, 3,6 en 3,5 mg/kg.

## 2. DE PROEFVELDEN IN LIMBURG (1955) (TABEL 2)

In verband met de ruilverkaveling in Montfort, de Ospelse Peel en Meyel werd in een aantal grondmonsters het koper-aspergillusgetal bepaald. Om de adviesbasis voor dit gebied vast te stellen werden in 1955 34 proefvelden met haver aangelegd. Deze proefvelden waren alle op zandgrond gelegen.

### *Keuze der proefvelden*

De proefvelden werden uitgezocht aan de hand van het koper-aspergillusgetal, de pH en het humusgehalte van 90 monsters, genomen op percelen, waarop haver zou worden verbouwd. Zodoende werd tussen de verschillende proefvelden een kopertraject verkregen van 0—8 mg/kg, een pH-traject van 4,1—6,4 en een humustrajet van 2—12 %.

De proefvelden waren als volgt over de verschillende ruilverkavelingen verdeeld:  
 17 proefvelden in de ruilverkaveling „Montfort”  
 10 proefvelden in de ruilverkaveling „Ospelse Peel”  
 7 proefvelden in de ruilverkaveling „Meyel”.

### Proefopzet

Ieder proefveld bestond uit 8 veldjes, waarvan 4 niet met kopersulfaat en 4 met 75 kg kopersulfaat/ha werden bemest. De koperbemesting werd na het zaaien gegeven.

### Veldwaarnemingen

Gedurende het groeiseizoen werden geregeld veldwaarnemingen gedaan. Er werden nergens symptomen van kopergebrek geconstateerd. Op een proefveld trad sterke verdroging op, terwijl op een ander proefveld de stikstofbemesting onregelmatig was gestrooid. Hierdoor werden beide proefvelden (NL 312 en ZL 1880) zo onregelmatig, dat zij buiten beschouwing gelaten zijn.

### Oogstresultaten

In fig. 8 wordt het verband tussen de korrelopbrengst zonder bemesting met kopersulfaat, uitgedrukt in procenten van de opbrengst bij een bemesting met 75 kg kopersulfaat per ha, en het koper-aspergillusgetal van de grond weergegeven. Evenals bij

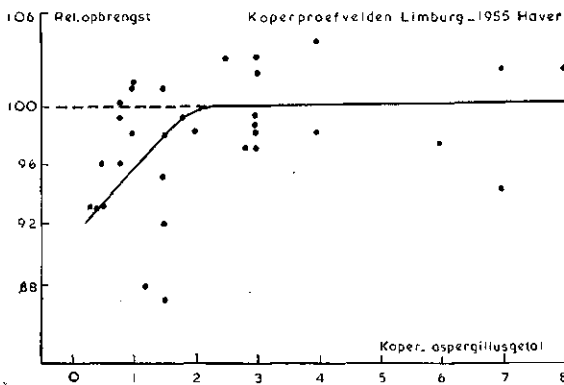


FIG. 8.

Verband tussen koper-aspergillusgetal en de relatieve korrelopbrengst bij haver (opbrengst zonder bemesting met kopersulfaat in % van de opbrengst bij een bemesting met 75 kg ksf/ha).

*Relation between copper aspergillus number and the relative grain yield (yield without copper sulfate manuring in percentages of the yield with a dressing of 75 kg copper sulfate per ha).*

*Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers (Ertrag ohne Düngung mit Kupfersulfat in % des Ertrags bei einer Düngung mit 75 kg Kupfersulfat pro ha).*

serie 8 blijkt ook hier, dat een opbrengstderving tengevolge van een tekort aan koper verwacht kan worden bij een koper-aspergillusgetal van 2 of lager. Het opbrengstverlies bij deze proefvelden was echter kleiner dan bij de proefvelden van serie 8 in 1948. Bij de proefvelden met een koper-aspergillusgetal kleiner dan of gelijk aan 2 bestond geen onderlinge correlatie tussen het koper-aspergillusgetal, de pH en het



humusgehalte. Ook hier bleek het opbrengstverlies tengevolge van een tekort aan koper het kleinst te zijn bij matige pH (pH-KCl 4,5—5,4; fig. 9), ofschoon de invloed van de pH slechts gering is. Fig. 10 geeft het verband weer tussen de relatieve opbrengst zonder bemesting met kopersulfaat en het koper-aspergillusgetal na correctie op pH. Bij deze proefvelden bleek het humusgehalte niet van invloed te zijn op de mate van kopergebrek.

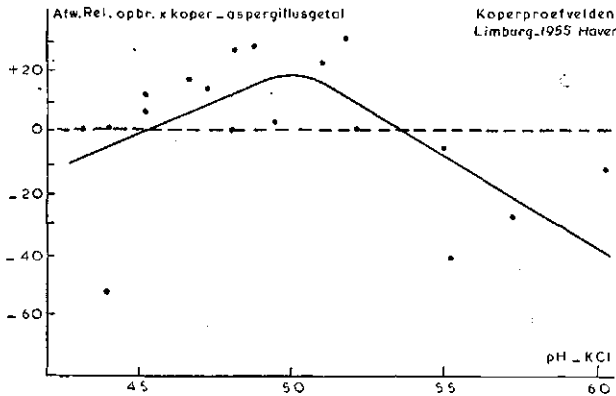


FIG. 9.

Invloed van de pH op de mate van kopergebrek bij haver (afgeleid uit fig. 8).

*Influence of pH on the degree of copper deficiency in oats (derived from fig. 8).*

*Einfluss des pH-Wertes auf den Grad des Kupfermangels bei Hafer (abgeleitet von Abb. 8).*

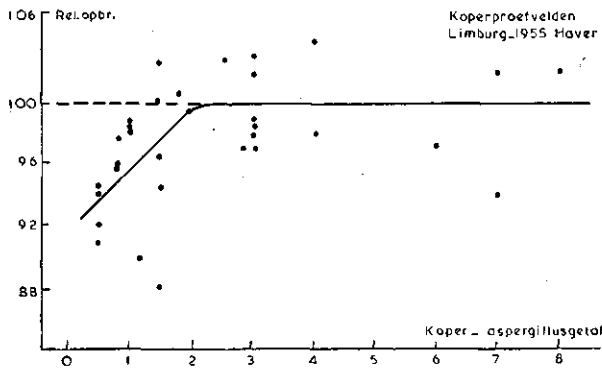


FIG. 10.

Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve korrel-opbrengst bij haver na correctie op pH-KCl (4,5 of 5,4).

*Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield after correction on pH-KCl (4.5 or 5.4).*

*Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Hafers nach Korrektion auf den pH-Wert (pH-KCl 4,5 oder 5,4).*

### Gewasonderzoek

Kort voor het verschijnen van de pluim werd per object een gewasmonster genomen. Noch het koper-aspergillusgetal noch de koperbemesting bleken het kopergehalte van het gewas in dit stadium te beïnvloeden. Van de proefvelden in Meyel en de Ospelse Peel werden ook korrelmonsters genomen. Het kopergehalte van de korrel bleek evenmin door de koperbemesting of het koper-aspergillusgetal te worden beïnvloed. Het kopergehalte van het loof bij bemesting met 0 en 75 kg kopersulfaat was gemiddeld resp. 3,7 en 4,2 mg/kg, terwijl het kopergehalte van de korrel 3,4 en 3,8 mg/kg bedroeg.

### III. DE PROEFVELDEN MET ZOMERTARWE

#### 1. SERIE PR 1503-1954 EN PR 1603-1955; TABEL 3 EN 4

##### *Keuze der proefvelden*

De proefvelden werden uitgezocht aan de hand van het koper-aspergillusgetal, de pH en het humusgehalte van monsters, die genomen waren op percelen, waarop tarwe zou worden verbouwd. Zodoende werd in 1954 (Pr 1503) een kopertraject verkregen van 0—13 mg/kg, een pH-traject van 4,1—5,5 en een humustraject van 6,1 %—25,8 % en in 1955 (Pr 1603) een kopertraject van 0,5—12,5 mg/kg, een pH-traject van 3,6—5,2 en een humustraject van 4,5—17,7 %.

##### *Proefopzet*

Zowel bij Pr 1503 als bij Pr 1603 bestond ieder proefveld uit een rij van 10 veldjes ( $7 \times 7$  m), waarvan 4 niet met kopersulfaat en telkens 2 met 25 resp. 50 en 100 kg kopersulfaat per ha werden bemest. De koperbemesting werd na het zaaien gegeven. De 35 proefvelden in 1954 (Pr. 1503) waren alle gelegen op dalgrond, terwijl van de 33 proefvelden in 1955 (Pr. 1603) 11 proefvelden werden aangelegd op zandgrond en 22 op dalgrond.

##### *Veldwaarnemingen*

In 1954 werd op geen enkel proefveld tot aan het in aar komen verschil in stand waargenomen. Na het verschijnen van de aar trad op enkele proefvelden verschil op tussen de wel en niet met kopersulfaat bemeste veldjes, maar slechts op 2 proefvelden werden de typische gebrekssymptomen (niet of slecht afrijpen en slechte aarvulling) waargenomen.

In 1955 traden op een proefveld reeds voor het in aar komen verschillen op. De niet met kopersulfaat bemeste veldjes waren iets lichter van kleur en het gewas was slapper. Na het in aar komen vertoonden meer proefvelden standverschillen en rijpten op verschillende proefvelden de nul-veldjes niet of moeilijk af.

##### *Bewerking der gegevens*

De korrelopbrengst werd van ieder proefveld afzonderlijk bewerkt. Nadat de opbrengstkromme per proefveld bepaald was, werden de vereffende relatieve opbrengsten tegen het koper-aspergillusgetal van de grond uitgezet.

##### *Resultaten*

Hoewel slechts enkele proefvelden symptomen van kopergebrek vertoonden, hebben beide series duidelijke uitkomsten geleverd. In fig. 11 en fig. 12 wordt het verband tussen het koper-aspergillusgetal en de korrelopbrengst zonder bemesting met kopersulfaat in procenten van die bij een bemesting met 100 kg kopersulfaat bij Pr 1503 en Pr 1603 weergegeven. Uit beide figuren blijkt, dat men bij tarwe een

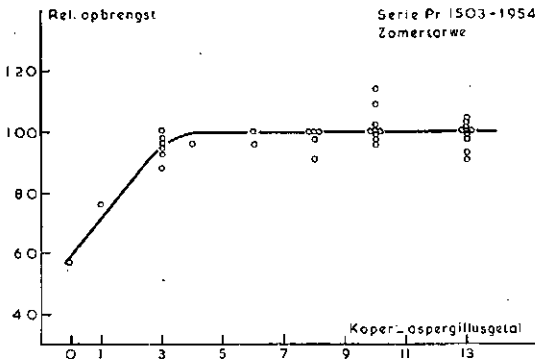


FIG. 11.

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

*Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield of spring wheat in 1954 (yield without copper sulfate manuring in percentage of the yield with a dressing of 100 kg copper sulfate per ha).*

*Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens im Jahre 1954. (Ertrag ohne Düngung mit Kupfersulfat in % des Ertrags bei einer Düngung mit 100 kg Kupfersulfat pro ha).*

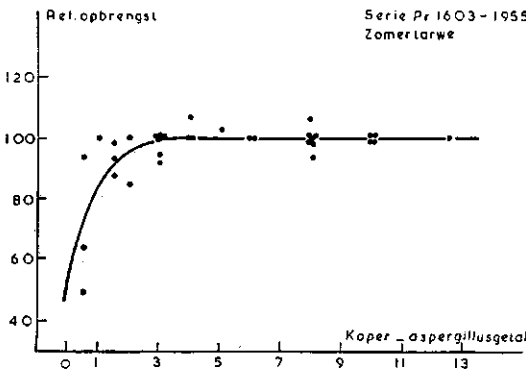


FIG. 12.

Idem als fig. 11 in 1955.

*Idem like fig. 11 in 1955.*

*Wie Abb. 11, jedoch im Jahre 1955.*

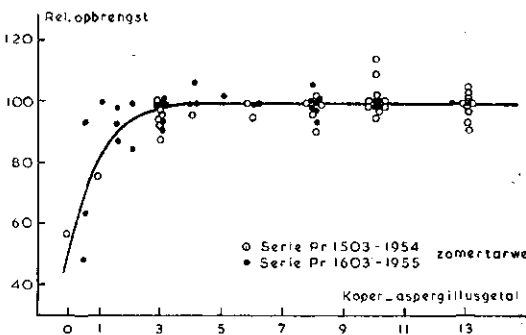


FIG. 13.

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

*Relation between the copper aspergillus number and the relative yield of spring wheat (1954 and 1955).*

*Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens (1954 und 1955).*

opbrengstverlies door een tekort aan koper kan verwachten als het koper-aspergillusgetal kleiner is dan 3. In fig. 13 zijn de relatieve opbrengsten van de nulobjecten van Pr 1503 en Pr 1603 samengebracht. Hoewel bij een koper-aspergillusgetal 3 het

opbrengstverlies in de meeste gevallen gering zal zijn, lijkt het gewenst bij de verbouw van tarwe ook bij een koper-aspergillusgetal 3 een lichte bemesting te geven. Een bemesting met 25 kg kopersulfaat per ha deed het kopergebrek sterk afnemen, terwijl er geen verschil in opbrengst was tussen een bemesting met 50 en 100 kg kopersulfaat/ha (fig. 14).

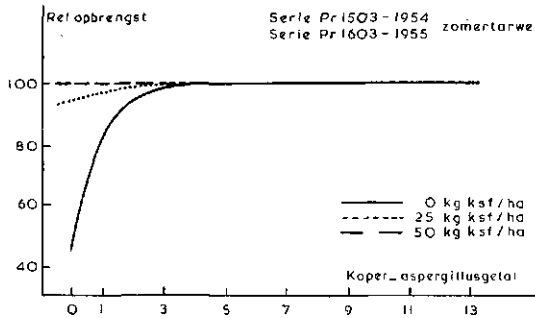


FIG. 14.

Verband tussen het koper-aspergillusgetal en de relatieve korrelopbrengst bij zomertarwe bij verschillende koper-sulfaatbestedingen.

*Relation between the copper aspergillus number and the relative grain yield of spring wheat with different copper sulfate dressings.*

*Zusammenhang zwischen der Kupfer-Aspergilluszahl und dem relativen Körnerertrag des Sommerweizens bei verschiedenen Mengen Kupfersulfat.*

#### Invloed van het humusgehalte en de pH

De spreiding van de punten om de curven in fig. 14 is gering. Het humusgehalte en de pH bleken dan ook niet van invloed te zijn op de mate van kopergebrek bij deze beide series proefvelden.

#### Gewasonderzoek

Kort voor het verschijnen van de aar werden loofmonsters genomen voor de bepaling van het kopergehalte. Er was enig verband tussen het koper-aspergillusgetal en het kopergehalte van het loof (fig. 15). Het kopergehalte van het loof leek gemiddeld nog te stijgen tot koper-aspergillusgetal 5, waarboven het constant bleef. Bemesting met kopersulfaat bleek het kopergehalte van het loof in dit stadium gemid-

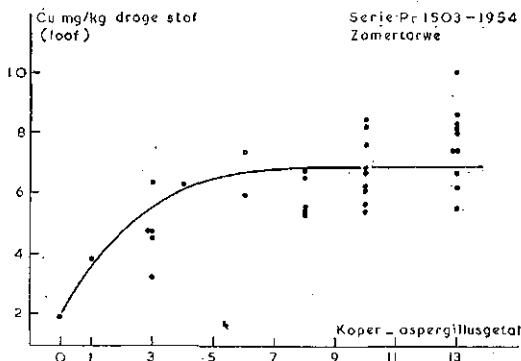


FIG. 15.

Invloed van het koper-aspergillusgetal op het kopergehalte van het groene loof kort voor het in aar komen van zomertarwe zonder koperbesteding.

*Influence of the copper aspergillus number on the copper content of the green foliage shortly before the ear formation of spring wheat, without copper manuring.*

*Einfluss der Kupfer-Aspergilluszahl auf den Kupfergehalt des Sommerweizens gerade vor der Ährebildung ohne Kupferdüngung.*

deld alleen te verhogen bij een laag koper-aspergillusgetal (fig. 16). Wegens de geringe invloed van de koperbemesting en het kopergehalte van de grond op het kopergehalte van het loof werden van de monsters van serie Pr 1603 slechts enkele onder-

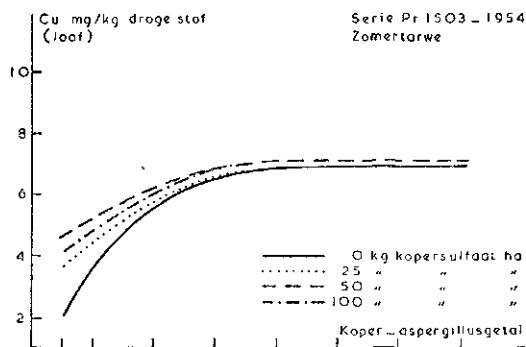


FIG. 16.

Invloed van het koper-aspergillusgetal op het kopergehalte van het groene loof kort voor het in aar komen van zomertarwe bij verschillende koperbemesting.

*Influence of the copper aspergillus number on the copper content of the green foliage wheat shortly before the coming into ear of spring wheat with different copper manuring.*

*Einfluss der Kupfer-Aspergilluszahl auf den Kupfergehalt des Sommerweizens gerade vor der Ährebildung bei verschiedenen Mengen Kupfersulfat.*

zocht. Ook hier had de bemesting met kopersulfaat nagenoeg geen invloed op het kopergehalte van het loof (tabel A). De grote spreiding van de punten om de curve (fig. 15) wijst er op, dat het kopergehalte van de plant kort voor het in aar komen geen goede maat is voor kopergebrek bij tarwe.

TABEL A. Gemiddeld kopergehalte in mg/kg droge stof in de groene plant (tarwe) kort voor het in aar komen op enkele proefvelden van Pr 1603.

Object	Pr 1691	Pr 1692	Pr 1693	Pr 1694	Pr 1695
0 kg kopersulfaat/ha	5,7	10,4	6,7	4,2	3,1
25 kg " "	6,1	9,8	9,0	4,0	3,4
50 kg " "	5,9	9,1	7,2	4,7	3,7
100 kg " "	5,9	10,0	8,3	4,7	4,1
Koper-aspergillusgetal	1,0	0,5	3,0	0,5	0,5

TABLE A. Average copper content in mg/kg dry matter in the green plant (wheat) shortly before the ear formation in some trial fields of Pr 1603.

TABELLE A. Durchschnittskupfergehalt in mg/kg Trockensubstanz in der grünen Pflanze (Weizen) kurz vor der Ährebildung auf einigen Versuchsfeldern von Pr 1603.

### Oogstanalyse

Bij de oogst werden per object korrelmonsters genomen, waarvan het kopergehalte, het hl-gewicht en het 1000-korrelgewicht werden bepaald. Bij serie Pr 1503 bleek bijna geen correlatie te bestaan tussen het koper-aspergillusgetal en het koper-

gehalte van de korrel (fig. 17). Als bovendien de proefvelden van serie Pr 1603 worden toegevoegd is het verband geheel onduidelijk (fig. 18). Het kopergehalte van de korrel is dus niet afhankelijk van het koper-aspergillusgetal. Ook bemesting heeft nagenoeg geen invloed op het kopergehalte van de korrel. Het kopergehalte van de korrel

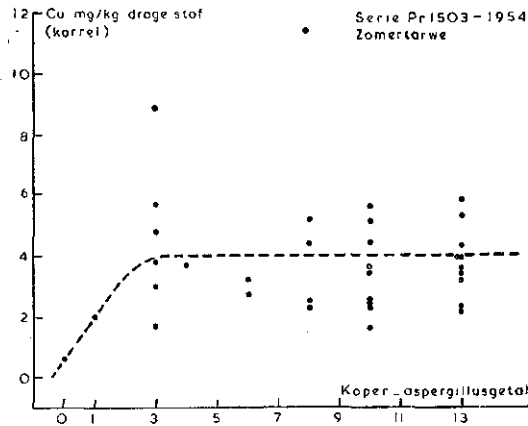


FIG. 17.

Invloed van het koper-aspergillusgetal op het kopergehalte van zomertarwekorrels in 1954.

*Influence of the copper aspergillus number on the copper content of spring wheat grains in 1954.*

*Einfluss der Kupfer-Aspergilluszahl auf den Kupfergehalt der Körner des Sommerweizens im Jahre 1954.*

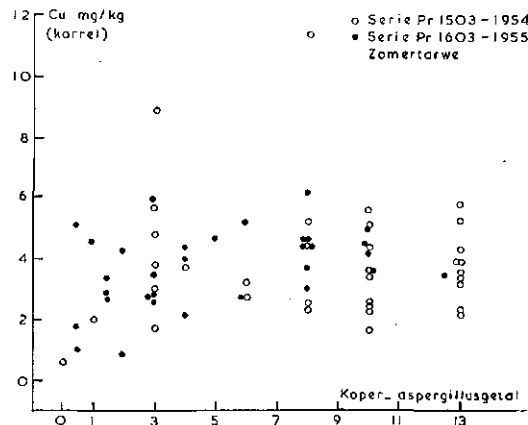


FIG. 18.

Invloed van het koper-aspergillusgetal op het kopergehalte van zomertarwekorrels in 1954 en 1955.

*Influence of the copper aspergillus number on the copper content of spring wheat grains in 1954 and 1955.*

*Einfluss der Kupfer-Aspergilluszahl auf den Kupfergehalt der Körner des Sommerweizens in den Jahren 1954 und 1955.*

zonder bemesting met kopersulfaat is gemiddeld op alle proefvelden van Pr 1503 en Pr 1603 3,8 mg/kg droge stof en bij een bemesting met 25, 50 en 100 kg kopersulfaat resp. 4,0, 4,1 en 4,2 mg/kg.

Het 1000-korrelgewicht en het hl-gewicht zijn niet beïnvloed door het koper-aspergillusgetal en de koperbemesting. Zonder koperbemesting was het gemiddelde hl-gewicht bij Pr 1503 70,8 en bij Pr 1603 77,6 kg, terwijl dit bij een bemesting met 25, 50 en 100 kg kopersulfaat op Pr 1503 resp. 71,1, 70,9 en 70,8 en bij Pr 1603 resp. 77,8, 77,7 en 77,8 kg was. Het 1000-korrelgewicht was zonder koperbemesting bij

Pr 1503 gemiddeld 37,9 en bij Pr 1603 43,0 gram. Bij een bemesting met 25, 50 en 100 kg kopersulfaat was het 1000-korrelgewicht resp. 37,5, 37,8 en 38,1 gram bij Pr 1503 en 42,9, 43,1 en 43,0 gram bij Pr 1603.

## SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In 1948 werd een interprovinciale serie proefvelden met haver aangelegd om de waarde van het koper-*aspergillus*getal te toetsen. Met hetzelfde doel werden in 1954 en 1955 door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid koperproefvelden met zomertarwe aangelegd en in 1955 bovendien in samenwerking met de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst een serie proefvelden met haver in Limburg. De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

1. Als gevolg van een tekort aan koper treedt reeds opbrengstverlies op zonder dat symptomen van kopergebrek te zien zijn. Voor het onderkennen van kopergebrek is daarom grondonderzoek nodig.
2. Bij haver kan opbrengstverlies door een tekort aan koper optreden als het koper-*aspergillus*getal kleiner dan of gelijk is aan 2, terwijl bij tarwe ook bij koper-*aspergillus* 3 nog opbrengstverlies kan optreden.
3. Er zijn aanwijzingen, dat het humusgehalte en de pH van de grond van invloed zijn op de mate van kopergebrek. De invloed is echter gering en werd niet steeds gevonden.
4. Het kopergehalte van het loof kort voor het te voorschijn komen van aar of pluim en het kopergehalte van de korrel geeft geen aanwijzing over de mate van kopergebrek.
5. Een invloed van de koperbemesting of van de kopertoestand van de grond bepaald door middel van *Aspergillus niger* op het hl-gewicht en het 1000-korrelgewicht werd bij zomertarwe niet gevonden.
6. Een bemesting van de grond met 25 kg kopersulfaat/ha vermindert het opbrengstverlies sterk, terwijl een bemesting met 50 kg kopersulfaat in de meeste gevallen geheel aan de behoefte voldoet.

## SUMMARY

### THE COPPER CONTENT OF THE SOIL DETERMINED WITH *ASPERGILLUS NIGER*

To determine the amount of copper available in the soil for the plants a microbiological method is sometimes used. This method is based on the principle that the fungus *Aspergillus niger* needs a small quantity of copper to build its black spores. The method has been developed by E. G. MULDER and was later modified by F. C. GERRETSEN. When copper is deficient, the colour of the spores of the fungus varies

from blackish-brown via brown and yellowish brown to yellow according to the copper content of the nutrient solution; when copper is absent, however, an entirely white mycelium without spores is formed. So the colour of the spores indicates the amount of copper available in the substratum.

The content of copper available to plants can be determined by dosing 1 gramme of dry soil with a nutrient solution free from copper, inoculating it with a fungus spore suspension, allowing the fungus to grow for 4 or 5 days and compare it with a standard series of increasing copper contents.

To show the agricultural value of the copper aspergillus number (copper content of the soil in mg per kg of soil determined with *Aspergillus niger*), in 1948 copper trial fields put to oats were laid out all over the Netherlands. For the same purpose trial fields planted with spring wheat were laid out in the provinces of Groningen and Drente in 1954 and 1955 and also fields under oats in the province of Limburg in 1955. The trial fields under oats were mainly on sandy soils with varying humus content and the fields with spring wheat mainly on excavated peat more. The following conclusions may be made:

1. Copper deficiency may already cause crop losses without visual deficiency symptoms. Soil testing for copper deficiency is necessary.
2. In oats there may be crop losses when the copper aspergillus number is 2 or less; in spring wheat also when the copper aspergillus number is 3.
3. There are indications that the humus content and the pH of the soil influence the degree of copper deficiency. This influence, however, is slight and was not always ascertained.
4. The copper content of the foliage just before ear or panicle formation and the copper content of the seeds are not indicative of the degree of copper deficiency.
5. The influence of copper manuring and the copper aspergillus number of the soil on the hectolitre weight or 1000-grain weight was not ascertained with spring wheat.
6. A dressing of 25 kg copper sulfate greatly reduces the crop losses and a dressing of 50 kg copper sulfate is usually quite sufficient.

## ZUSAMMENFASSUNG

### DIE BEDEUTUNG DES KUPFERGEHALTES DES ACKERBODENS ERMITTELT MIT *ASPERGILLUS NIGER*

Zur Bestimmung des für die Pflanzen verfügbaren Kupfers im Boden wird unter Umständen eine mikrobiologische Methode benutzt. Grundlegendes dieser Methode ist, dass der Pilz *Aspergillus niger* zur Bildung von schwarzen Sporen eine kleine Menge Kupfer benötigt. Die Methode ist von E. G. MULDER entwickelt worden und wurde nachher von F. G. GERRETSEN modifiziert. Im Falle unzureichender Kupfer-



versorgung des Pilzes variiert die Farbe der Spuren von schwarzbraun über braun und einen Stich ins Gelbe bis gelb, je nach der Kupfermenge; ohne Kupfer dagegen wird ein völlig weisses Mycelium ohne Spuren gebildet. Die Farbe der Spuren ist deshalb massgebend für die Menge des verfügbaren Kupfers im Substrat.

Mittels Dosierung von 1 Gramm trockenes Bodens zur kupferfreien Nährlösung, Impfung mit einer Pilzspurensuspension, 4 bis 5-tägiges Wachstums des Pilzes und nachfolgendes Vergleiches mit einer Standardreihe mit ansteigenden Kupfermengen, kann der Gehalt an pflanzenverfügbarem Kupfer ermittelt werden.

Zur Prüfung des landwirtschaftlichen Wertes der Kupfer-Aspergilluszahl (Kupfergehalt des Bodens in mg pro kg Boden ermittelt mit *Aspergillus niger*), wurden im Jahre 1948 Kupferversuchsfelder mit Hafer verbreitet über die Niederlande angelegt. Mit derselben Absicht wurden in den Jahren 1954 und 1955 Versuchsfelder mit Sommerweizen durchgeführt in den Provinzen Groningen und Drente und in 1955 auch noch Felder mit Hafer in der Provinz Limburg. Die Versuchsfelder mit Hafer befanden sich hauptsächlich auf Sandböden mit schwankendem Humusgehalt und die Felder mit Sommerweizen hauptsächlich auf abgegrabenen Hochmoorböden. Nachstehende Folgerungen lassen sich ziehen:

1. Infolge Kupfermangel gibt es schon Ertragsverluste ohne visuelle Mangelerscheinungen. Zur Feststellung des Kupfermangels ist Bodenuntersuchung notwendig.
2. Bei Hafer können Ertragsverluste auftreten falls die Kupfer-Aspergilluszahl 2 oder niedriger ist; bei Sommerweizen sind auch bei der Kupfer-Aspergilluszahl 3 Ertragsverluste möglich.
3. Es gibt Gründe an zu nehmen, dass der Humusgehalt und der pH-Wert des Bodens den Grad des Kupfermangels beeinflussen. Der Einfluss ist jedoch gering und wurde nicht immer festgestellt.
4. Der Kupfergehalt des Krautes gerade vor der Ahre- oder Rispenbildung und der Kupfergehalt der Körner sind keine Andeutungen für den Grad des Kupfermangels.
5. Ein Einfluss der Kupferdüngung und der Kupfer-Aspergilluszahl des Bodens auf das Hektolitergewicht oder das Tausendkörnergewicht wurde bei Sommerweizen nicht festgestellt.
6. Eine Düngung des Bodens mit 25 kg Kupfersulfat verringert die Ertragsverluste stark und eine Düngung mit 50 kg Kupfersulfat genügt meistens völlig.

## LITERATUUR

- MULDER, E. G. Over de betekenis van koper voor de groei van planten en microörganismen. Diss. Wageningen (1938).
- GERRITSEN, F. C. Some aspects of the microbiological determination of magnesium, zinc, copper and boron. Intern. Soc. of Soil Science Trans. I, Dublin, (1952), 151-166.

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

Reg.nr	Cu-asp. getal	Humus %	pH -H <sub>2</sub> O	Grond soort	Korrelopbrengst in kg/ha					Vereffende rel. opbrengst t.o.v. 150 kg ksf/ha			
					0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf	150 kg ksf	0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf
										0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf
WO 1165	0,5	2,9	5,2	zand	3065	3265	3149	3149	2972	100	100	100	100
WO 1166	4,4	4,4	5,5	„	1550	1675	1717	1626	1425	100	100	100	100
WO 1167	1,0	3,5	5,5	„	1238	1480	1405	1384	1333	88	98	100	100
OGe 1050	0,9	10,0	5,5	„	2340	2425	2475	2675	2525 <sup>1)</sup>	89	94	97	100 <sup>1)</sup>
OGe 1051	1,9	7,3	4,46	„	2840	2980	2920	3300	3060	90	94	96	99
OO 1216	3,7	6,5	5,7	esgr.	3052	2988	3236	3041	3083	100	100	100	100
OO 1218	1,5	9,2	4,07	dalgr.	14	1512	959	1428	1414 <sup>1)</sup>	3,5	71,5	90	99 <sup>1)</sup>
D 559	2,6	5,2	5,1	„	2475	2700	2450	2475	2375	100	100	100	100
D 560	4,6	4,4	4,6	zand	zandverstuiving								
OF 682	0,4	3,2	4,55	dalgr.	960	1010	740	1000	1180	Zwarte President;			
OF 684	0,7	2,6	4,53	zand	1801	1675	2100	1725	1875	100	100	100	100
OF 686	0,5	6,8	4,35	„	265	525	550	530	625	43	86	97	100
OF 688	6,0	6,6	4,9	„	1560	1605	1525	1615	1630	95	96	96	98
Ve 384	1,5	6,0	5,25	„	1869	1700	1897	2040	2020	100	100	100	100
NH 945	2,9	1,5	7,2	zavel	1760	1850	1765	1775	1790 <sup>2)</sup>	100	100	100	100 <sup>2)</sup>
WB 1544	7,0	3,8	6,1	zand	1825	1840	1890	1820	1910	100	100	100	100
OB 3053	2,8	3,1	5,8	„	1690	1480	1360	1560	1390	116	105	100	100
L 1223	1,3	3,0	6,02	„	1096	1048	1132	1076	1048 <sup>2)</sup>	100	100	100	100 <sup>2)</sup>
L 1224	1,1	6,3	6,2	„	315	350	462	420	420	74	93	100	100
ZG 604	5,0	11,0	5,13	„	4400	4395	4410	4155	4335	100	100	100	100

Reg. no	Cu-asp. number	Humus %	pH -H <sub>2</sub> O	Type of soil	grain yield in kg/ha	Adjusted relative yield with regard to 150 kg cfs/ha
	Cu-asp. Zahl			Bodenart	Körnerertrag in kg/ha	Ausgeglichener Relativertrag hinsichtlich 150 kg KSF/ha

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

TABELLE I. Interprovinzialkupferversuchsfelder auf Ackerland 1948 (Serie 8 Hafer)

<sup>1)</sup> I.p.v. 150 kg/ha is 200 kg/ha gegeven. Instead of 150 kg/ha has been given 200 kg/ha. Anstatt von 150 kg/ha wurden 200 kg/ha verabfolgt.

<sup>2)</sup> De hoogste gift is hier 100 kg/ha; i.p.v. 150 kg/ha is 12½ kg/ha gegeven. The highest application has been 100 kg/ha; instead of 150 kg/ha has been given 12½ kg/ha. Die höchste Gabe war 100 kg/ha; anstatt von 150 kg/ha wurden 12½ kg/ha verabfolgt.

## Kopergehalte mg/kg droge stof

0 kg ksf/ha		12½ kg ksf/ha		25 kg ksf/ha		50 kg ksf/ha		100 kg ksf/ha		150 kg ksf/ha		200 kg ksf/ha	
korrel	stro	korrel	stro	korrel	stro	korrel	stro	korrel	stro	korrel	stro	korrel	stro
4,15	3,27			3,60	4,15	3,45	2,25	4,55	4,25	5,55	4,75		
5,18	3,60			5,40	4,30	4,85	4,30	5,30	4,55	5,10	3,45		
3,55	2,60			4,40	2,65	3,90	3,65	4,45	4,55	4,00	4,05		
4,10	3,10			3,70	2,45	3,70	3,15	5,35	3,05			4,30	4,90
3,37	3,07			3,70	3,35	3,72	3,05	3,32	3,05	4,07	2,90		
3,76	2,10			3,95	2,85	4,05	2,25	5,10	2,65	4,15	2,20		
3,72	3,32			2,40	2,45	1,85	2,45	2,75	2,37			2,90	3,80
3,32	2,80			4,75	2,55	5,10	3,15	5,20	4,40	4,33	4,90		
5,94	3,20			5,75	3,65	5,65	2,65	6,15	3,65	5,55	4,05		
zandverstuiving													
3,50	2,02			3,05	2,70	4,02	3,95	4,35	3,70	4,90	3,55		
2,75	2,85			3,80	3,50	4,35	2,90	3,45	3,55	3,40	3,32		
4,35	2,67			7,10	3,80	5,50	3,60	8,00	3,00	5,55	2,70		
4,15	3,40			4,50	3,05	3,50	3,35	4,95	3,65	3,95	3,30		
3,65	2,95	4,35	2,60	3,95	3,05	4,65	2,05	3,55	2,45				
4,50	3,52			3,90	3,00	4,80	3,45	6,50	3,70	4,50	3,55		
5,50	3,40			6,70	4,35	6,50	3,70	6,35	4,38	8,15	3,60		
4,87	4,15	5,35	5,05	4,85	4,65	5,17	3,62	4,90	4,85				
3,12	3,32			3,75	3,75	3,10	4,00	3,87	3,50	3,35	3,40		
4,92	2,55			4,05	3,00	5,15	2,85	4,10	2,40	5,10	2,92		

Copper content mg/kg dry matter

Kupfergehalt mg/kg Trockensubstanz

TABEL 2. Koperproefvelden met haver in Limburg (1955)

No.	Reg. no.	Cu-asp. getal	pH-KCl	Humus %	Grondsoort	Korrel opbr. in kg/ha		Rel. opbr. t.o.v. 75 kg ksf	Cu-geh. mg/kg loof (groen)		Cu-geh. mg/kg korrel	
						0 kg ksf	75 kg ksf		0 kg ksf	75 kg ksf	0 kg ksf	75 kg ksf
1	N.L. 304	0,5	5,21	5,3	oudere heideontg.	3562	3818	93%	6,7	4,8	2,2	2,6
2	305	1,5	4,96	11,6	zandgrond	3124	3174	98	4,5	4,0	5,0	5,2
3	306	2,0	5,50	7,3	hum. zandgrond	4342	4418	98	4,6	2,9	3,0	2,8
4	307	8,0	5,85	8,0	zandgrond	1650	1516	102	3,5	4,0	4,2	5,7
5	308	2,5	4,32	6,5	zandgrond	3436	3349	103	4,0	4,8	2,8	3,9
6	309	3,0	4,92	11,9	hum. zandgrond	3914	4035	97	3,1	4,9	4,1	4,6
7	310	1,8	4,32	5,8	oude zandgrond	3778	3814	99	3,5	4,2	2,0	2,2
8	311	0,5	4,80	8,2	hum. zandgrond	3078	3330	93	2,5	2,9	2,4	2,2
9	312	0	4,38	2,4	zandgr. (humusarm)	2210	2072	106	6,1	6,5	2,5	3,3
10	313	7,0	4,82	8,7	hum. zandgrond	3184	3126	102	3,0	3,8	3,5	3,5
11	314	0,5	4,40	8,9	hum. zandgrond	2466	2630	93	4,0	3,3	3,0	3,5
12	315	0,5	4,72	4,6	hum. zandgrond	2030	2110	96	5,3	5,5	4,0	4,1
13	316	6,0	4,11	4,9	hum. zandgrond	1606	1662	97	3,0	4,2	3,5	3,7
14	317	1,0	4,88	6,5	hum. zandgrond	3450	3418	101	2,6	3,1	3,5	3,7
15	318	1,0	5,28	5,3	hum. zandgrond	3432	3408	101	2,8	2,8	3,6	4,8
16	319	0,8	4,82	7,2	hum. zandgrond	3760	3748	100	3,3	3,6	4,3	4,3
17	320	3,0	5,50	5,5	hum. zandgrond	3660	3720	98	2,7	3,1	3,2	3,7
18	Z.L. 1864	3,0	5,30	7,1	oudere zandgrond	3242	3271	99	3,2	2,9		
19	1865	7,0	6,40	5,0	lage ontg. grond	3280	3483	94	3,2	3,2		
20	1866	0,8	5,10	2,2	hoge ontg. grond	2052	2057	99	4,2	3,6		
21	1867	1,5	6,02	2,3	hoge ontg. grond	1880	1982	95	2,7	2,6		
22	1868	3,0	4,45	3,4	hoge ontg. grond zeer fijnz.	2559	2504	102	4,0	4,3		
23	1869	1,5	4,40	2,7	hoge ontg. gr. zeer fijnz.	2601	2980	87	3,8	7,5		
24	1870	1,5	5,73	2,6	lemige ontg. grond	3111	376	92	4,5	5,7		
25	1871	1,5	4,67	3,1	lage ontg. grond	3914	3858	101	2,3	3,4		
26	1872	1,2	5,52	2,8	hoge ontg. grond	3737	4216	88	3,0	3,4		
27	1873	3,0	5,50	4,0	lemige ontg. grond zeer fijnz.	4130	4244	97	3,6	4,1		
28	1874	1,0	4,51	4,4	hoge ontg. grond	3022	3068	98	4,9	12,3		
29	1876	3,0	5,30	3,5	oudere zandgrond	4561	4430	103	4,5	3,4		
30	1877	4,0	4,20	4,8	oudere zandgrond	4037	4136	98	3,4	4,3		
31	1878	4,0	5,10	3,4	oudere zandgrond zeer fijnz.	4806	4692	104	3,6	3,4		
32	1879	3,0	4,50	3,6	oudere zandgr. zeer fijnz.	4338	4400	98,5	3,4	3,6		
33	1880	3,0	4,10	3,8	oudere zandgrond	4277	3816	112	3,8	4,0		
34	1875	0,8	4,52	2,6	hoge ontg. grond	2610	2699	96	5,1	5,6		
No.	Reg. no.	Cu-asp. number	pH-KCl	Humus %	Type of soil	grain yield in kg/ha	Relat. yield w. regard to 75 kg ksf		Cu content mg/kg foliage (green)		Cu content mg/kg grain	
		Cu-Asp. zahl.			Bodenart	Körnerertrag in kg/ha	Relativ-ertrag hin-sichtl. 75 kg KSF		Cu-Gehalt Kraut (grün)		Cu-Gehalt mg/kg Körner	

TABLE 2. Copper trial fields with oats in Limburg (1955)

TABELLE 2. Kupferversuchsfelder mit Hafer in Limburg (1955)

TABEL 3. Koperproefvelden met zomertarwe. Serie Pr 1503-1954 (dalgrond)

Pr 1503 no.	Cu- asp. getal	Hu- mus %	pH- KCl	Korrelopbrengst in kg/ha				Vereffende relatieve opbr. t.o.v. 100 kg ksf %			Duizendkorrelgewicht (gram)			
				0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf	0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf
1	13,0	18,3	4,3	3690	3605	3520	3695	100	100	100	38,0	37,0	36,5	39,25
2	10,0	11,3	4,7	3790	3685	3925	3545	100	100	100	43,5	43,0	43,12	43,0
3	13,0	13,7	4,9	3885	3765	3865	3920	100	100	100	36,5	36,75	37,0	38,0
4	8,0	15,1	4,7	2842	3210	3265	2835	98	110	111	33,75	34,5	34,0	34,5
5	10,0	11,6	5,1	4765	4820	4735	4680	102	102	102	40,5	39,7	42,0	41,25
6	10,0	14,1	4,6	3995	3780	3770	3485	114	111	108	37,75	38,0	37,25	36,75
7	13,0	14,6	5,2	3675	3700	3600	3870	98	98	99	36,0	37,0	35,25	36,5
8	13,0	25,8	4,8	4232	4305	4085	4450	100	100	100	40,25	41,0	40,5	39,0
9	10,0	12,2	5,3	3745	3785	3775	3435	109	110	109	39,75	38,25	39,5	38,5
10	13,0	9,7	4,4	4027	4075	3835	4735	104	103	102	40,0	39,25	41,5	41,5
11	10,0	12,1	4,4	3692	3610	3765	3625	100	100	100	38,87	37,5	37,12	37,25
12	13,0	19,9	4,9	2927	3020	2985	3505	91	93	96	33,75	34,0	32,75	33,25
13	6,0	20,9	5,1	3000	2835	2950	3035	100	100	100	32,0	30,62	30,0	30,87
14	8,0	13,2	4,2	4337	4130	4280	4415	100	100	100	36,0	36,75	37,25	37,25
15	6,0	25,1	4,5	3500	3595	3500	3675	96	97	99	37,75	37,25	38,0	37,0
17	4,0	9,0	5,4	3217	3380	3380	3280	96	100	101	37,25	36,50	37,50	37,0
18	1,0	6,1	4,1	2932	3785	3820	3935	76	96	99	40,0	39,5	39,75	39,5
21	10,0	12,9	5,4	3600	3700	3625	3765	96	98	100	37,5	39,0	39,0	39,5
22	3,0	6,8	4,8	3662	3745	3675	3775	98	99	99	38,5	37,75	36,75	38,5
24	3,0	10,7	4,7	3987	4105	3890	4060	100	100	100	39,37	40,25	39,5	39,25
25	3,0	7,6	4,8	3747	3774	3890	3960	96	98	99	35,5	35,12	36,0	37,0
26	8,0	19,8	4,4	2685	2460	2855	2860	91	96	98	39,0	38,0	40,0	39,5
27	13,0	7,8	5,3	3690	3895	3680	3875	100	100	100	35,25	38,0	36,5	39,0
28	13,0	12,5	4,1	3417	3310	3375	3260	103	103	102	37,5	36,5	38,75	38,5
29	8,0	8,7	4,7	4135	4100	4080	4195	100	100	100	40,12	39,75	40,0	41,5
31	3,0	12,1	4,9	2875	3245	3255	3295	88	96	99	40,5	41,0	40,75	41,75
32	10,0	10,8	5,0	3855	3805	4305	3645	100	100	100	36,87	38,0	38,5	37,5
33	10,0	8,9	4,8	3087	3340	2710	3490	100	100	100	37,0	37,5	34,0	37,25
34	10,0	19,4	4,6	4082	4085	4010	4205	98	99	100	40,75	41,5	41,0	41,75
35	13,0	9,6	4,6	2637	2540	2485	2950	93	96	98	36,62	36,5	37,75	38,0
Pr 1542	3,0	10,1	5,0	2060	2180	2120	2140	93	100	100	37,5	37,31	37,69	37,81
Pr 1543	8,0	15,8	5,5	2860	2780	2810	2670	100	100	100	37,1	36,81	36,84	35,94
Pr 1544	0	7,6	4,3	1830	3150	3280	3150	57	96	100	36,0	37,81	36,91	36,47
Pr 1545	13,0	24,6	4,7	3140	3250	3190	3130	100	100	100	34,25	34,81	34,56	34,56
Pr 1546	3,0	10,7	4,5	3010	3160	3120	3170	95	100	100	40,6	39,94	40,03	39,91
Pr 1503 no.	Cu- asp. number  Cu.- Asp. zahl	Hu- mus %	pH- KCl	grain yield in kg/ha  Körnerertrag in kg/ha				Adj. relative yield with regard to 100 kg csf %  Ausgeglichen. Relativertrag hinsichtl. 100 kg KSF %			1000-grain weight (gramme)  Tausendkörnergewicht (Gramm)			

TABLE 3. Copper trial fields with spring wheat. Series Pr 1503-1954 (excavated peat moor)

TABELLE 3. Kupfersversuchsfelder mit Sommerweizen. Serie Pr 1503-1954 (Moorsohle)

Hl-gewicht (kg)				Cu-gehalte korrel, mg/kg droge stof				Cu-gehalte loof (groen) mg/kg droge stof			
0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf	0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf	0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf
71,3	71,6	70,8	71,1	3,4	4,4	3,0	2,5	8,4	7,3	18,1	6,2
72,2	71,9	72,3	72,5	2,3	4,8	4,9	4,3	6,9	6,8	6,0	8,1
70,0	69,9	70,4	69,8	2,3	2,8	2,3	2,2	7,5	7,7	9,3	7,3
67,1	68,0	68,0	67,8	2,5	2,3	1,9	2,2	5,5	5,7	10,4	6,6
73,5	73,6	73,7	73,4	2,4	2,6	3,3	4,0	5,7	6,3	12,3	10,9
69,1	69,4	69,7	68,9	1,6	2,0	2,4	2,1	6,2	9,0	7,5	7,2
69,3	69,8	69,1	70,1	3,9	4,2	5,1	5,0	8,3	7,7	8,7	8,6
71,2	71,2	70,8	69,5	2,2	2,6	3,1	3,6	10,1	5,8	5,7	5,5
71,9	71,5	71,2	71,1	2,5	3,5	3,8	3,8	5,5	5,8	5,2	6,0
73,4	73,5	72,9	73,3	3,7	4,7	3,3	3,4	6,3	7,3	5,9	6,0
72,1	72,5	72,6	71,9	3,4	3,4	3,7	3,2	6,3	30,7	5,2	6,4
68,3	68,6	68,2	68,1	4,3	3,8	4,1	4,4	6,8	6,1	6,4	7,1
65,7	67,1	65,0	65,6	2,7	3,1	4,0	3,7	7,4	7,8	7,2	9,9
69,7	69,7	69,8	69,7	2,3	3,1	3,0	3,0	6,8	6,0	6,8	6,5
67,8	68,4	69,2	69,0	3,2	2,0	2,5	3,5	6,0	5,5	7,1	6,5
70,5	69,9	70,0	70,5	3,7	4,2	4,0	4,0	6,3	7,0	5,1	6,2
68,9	71,1	70,8	71,3	2,0	2,9	2,6	2,6	3,8	3,8	5,6	4,9
71,6	71,7	72,3	71,8	5,1	5,3	5,7	5,7	8,5	7,7	7,9	7,6
72,3	71,9	72,0	72,0	4,8	4,7	4,8	5,7	7,5	7,8	9,0	8,3
73,2	73,2	73,0	71,2	8,9	8,5	11,6	9,9	4,5	5,3	5,1	5,0
71,0	70,4	71,1	71,8	5,7	5,4	5,7	6,2	6,4	6,2	7,2	6,6
72,1	72,8	72,8	71,7	11,4	11,7	10,5	12,9	6,6	7,4	6,6	8,0
70,9	72,1	70,4	73,0	5,8	5,6	5,6	5,8	8,7	8,1	7,7	7,0
71,6	71,1	72,0	72,1	3,9	2,5	3,7	3,5	5,6	5,4	6,9	5,6
74,1	73,9	73,3	74,0	5,2	7,8	5,3	6,5	5,4	6,3	5,3	6,5
70,0	71,3	71,3	71,1	1,7	3,2	2,4	3,0	3,2	5,0	5,2	5,1
73,2	73,1	72,7	72,5	4,4	5,6	5,6	5,5	8,3	9,1	7,3	9,8
70,5	72,4	68,0	69,5	5,6	4,6	4,9	6,0	7,7	5,9	6,4	9,0
71,1	71,1	71,8	69,8	3,6	3,2	2,9	2,9	6,8	8,2	6,1	6,9
72,3	72,1	71,9	72,3	5,3	3,5	3,9	4,3	8,1	8,5	7,7	7,6
70,6	70,37	70,7	70,71	3,8	3,7	3,0	2,6	4,7	5,1	6,3	4,2
70,3	70,3	69,8	69,4	4,4	4,8	4,4	4,5	5,6	5,2	5,5	5,1
69,3	70,95	70,85	70,15	0,6	1,2	2,5	2,6	1,9	4,0	3,9	4,1
70,35	70,75	70,47	70,1	3,2	3,9	5,0	6,4	7,5	7,7	6,9	7,6
71,2	70,92	71,3	70,6	3,0	4,2	3,8	3,9	4,7	4,8	5,6	5,4
<i>Weight per hl (kg)</i>				<i>Cu-content grain mg/kg dry matter</i>				<i>Cu-content foliage (green) mg/kg dry matter</i>			
<i>Hektolitergewicht (kg)</i>				<i>Cu-Gehalt Körner mg/kg Trockensubstanz</i>				<i>Cu-Gehalt Kraut (grün) mg/kg Trockensubstanz</i>			

TABEL 4. Koperproefvelden met zomertarwe. Serie Pr 1603-1955

Serie 1603 no.	Cu- asp get.	Hu- mus %	pH- KCl	Grond soort	Korrel-opbr. in kg/ha				Vereff. rel. opbr. t.o.v. 100 kg ksf %		
					0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf	0 kg	25 kg	50 kg
1	3,0	5,2	3,8	zand	3430	3490	3460	3540	100	100	100
2	2,0	8,7	4,1	zand	3590	3970	4380	4080	85	97	100
3	10,0	8,0	4,1	dalgr.	2700	2640	2470	2580	100	100	100
4	8,0	14,8	4,3	dalgr.	2420	2630	2460	2410	100	100	100
5	8,0	15,2	4,7	dalgr.	4330	4730	4240	4380	100	100	100
6	12,5	17,7	4,9	dalgr.	3810	3900	4010	3860	100	100	100
7	6,0	5,7	4,6	leem-	2610	2490	2590	2680	100	100	100
8	8,0	6,7	4,6	hou-	2580	2610	2500	2480	100	100	100
9	2,0	5,2	5,0	dend	2680	2810	2730	2700	100	100	100
10	1,5	12,0	4,1	zand	2950	3320	3190	2960	94	100	100
11	4,0	6,2	4,7	zand	3390	3250	3410	3130	107	105	103
12	3,0	8,9	5,0	dalgr.	3860	4110	3920	4290	92	96	98
13	8,0	10,8	5,0	dalgr.	4370	4060	4070	4160	107	100	100
14	3,0	9,4	4,4	dalgr.	2850	2760	2830	2990	100	100	100
15	6,0	15,1	4,1	dalgr.	3080	3270	2750	3240	100	100	100
16	10,0	10,9	4,7	dalgr.	3620	3430	3500	3710	100	100	100
17	8,0	9,8	5,2	dalgr.	4020	4040	4060	4040	100	100	100
18	1,5	9,3	4,1	zand	1630	1910	2150	1600	99	115	118
19	4,0	15,7	4,9	dalgr.	3350	3430	3440	3370	100	100	100
20	4,0	13,7	4,4	dalgr.	3240	3260	2950	3310	100	100	100
21	5,0	4,9	4,4	dalgr.	4630	4700	4330	4570	103	102	101
22	8,0	16,6	4,6	dalgr.	3350	3550	3510	3410	99	104	104
23	10,0	8,2	4,8	dalgr.	3150	3190	2970	3140	100	100	100
24	10,0	10,4	4,3	zand	3130	3180	2880	2990	100	100	100
25	5,0	9,5	4,6	zand	2980	2990	3010	3160	95	96	97
26	3,0	8,8	5,0	dalgr.	3860	4100	4160	4000	94	100	100
27	1,5	7,6	3,6	dalgr.	2730	2590	2950	3210	85	88	92
28	3,0	6,2	4,1	zand	2560	2500	2770	2690	100	100	100
Pr 1691	1,0	4,5	4,5	zand	2000	1850	1790	2100	100	100	100
Pr 1692	0,5	11,7	4,8	zand	4190	4130	4450	4420	94	95	97
Pr 1693	3,0	6,7	4,9	zand	2880	2660	2860	2850	100	100	100
Pr 1694	0,5	6,4	4,5	dalgr.	1930	2740	2820	2950	48	77	100
Pr 1695	0,5	5,4	4,0	dalgr.	1210	1850	2660	2650	64	93	100
Serie 1603 no.	Cu- asp. number  Cu- Asp. zahl	Hu- mus %	pH- KCl	Type of soil  Boden- art	grain yield in kg/ha  Körnerertrag in kg/ha				Adj. relative yield with regard to 100 kg csf %  Ausgeglichen. Relativertrag hinsichtl. 100 kg KSF %		

TABLE 4. Copper trial fields with spring wheat. Series Pr 1603-1955

TABELLE 4. Kupferversuchsfelder mit Sommerweizen. Series Pr 1603-1955

Duizendkorrelgewicht (gram)				Hl-gewicht (kg)				Cu-gehalte korrel mg/kg droge stof			
0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf	0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf	0 kg ksf	25 kg ksf	50 kg ksf	100 kg ksf
41,25	39,35	41,0	41,0	77,4	77,9	77,5	77,0	1,7	6,8	1,5	1,9
43,69	43,87	43,75	44,12	78,7	78,9	79,2	78,8	0,9	1,4	2,1	2,8
42,44	41,37	41,50	40,75	79,6	79,4	79,5	79,7	5,0	4,0	4,6	4,8
43,94	45,0	43,75	44,75	77,4	76,5	77,4	76,6	4,4	3,7	3,9	3,8
45,44	46,37	45,62	45,25	79,5	79,5	78,9	79,7	3,0	3,6	4,0	3,9
46,19	46,50	46,0	46,12	79,3	79,1	79,3	79,7	3,5	3,5	4,2	4,1
42,81	42,25	43,62	40,75	78,1	77,8	78,3	77,8	5,2	4,3	4,0	4,3
42,37	41,75	42,12	41,62	79,0	79,2	77,4	78,6	6,2	6,0	6,1	5,2
44,69	45,62	44,37	45,0	80,0	79,4	80,4	80,2	4,3	5,2	5,6	4,7
42,56	42,25	44,37	41,25	79,7	80,3	79,6	80,3	2,7	3,0	2,7	3,5
45,75	43,12	45,50	42,87	80,1	80,4	79,9	78,9	4,4	5,3	4,5	4,2
43,44	43,37	42,25	42,75	76,0	75,9	74,5	76,0	6,0	5,3	5,5	4,9
45,25	45,50	45,12	45,50	74,7	75,5	74,1	74,7	4,6	5,0	4,5	4,6
43,25	43,50	43,62	44,0	77,2	77,1	77,1	77,6	3,5	3,9	3,8	3,8
41,81	43,50	42,37	43,0	73,1	76,6	76,9	76,6	2,8	3,3	3,2	3,2
42,44	42,12	42,25	42,62	75,7	75,4	75,6	75,7	3,6	4,1	4,7	5,3
43,19	43,12	44,62	44,50	76,9	77,5	76,2	76,8	4,4	2,7	4,5	4,8
44,31	44,12	44,50	44,37	78,1	77,5	77,5	78,3	3,4	3,9	4,5	4,4
43,12	42,75	42,50	42,62	74,5	74,4	74,7	73,6	4,0	3,3	3,5	3,1
39,69	39,37	38,25	39,62	77,7	78,4	77,8	78,4	2,2	2,8	2,3	2,5
43,75	45,25	43,75	43,87	77,8	78,0	77,6	77,2	4,7	5,2	3,8	5,0
45,12	46,37	45,62	45,25	79,5	79,5	79,4	79,0	3,7	4,6	4,4	4,6
45,25	45,12	45,12	45,00	78,5	79,0	78,5	78,8	4,5	4,1	4,4	4,5
46,31	45,62	45,50	45,25	79,2	79,3	79,3	79,0	4,2	5,3	4,0	4,9
43,12	42,37	43,50	42,87	80,0	80,1	80,2	80,4	4,6	4,6	4,9	4,0
43,44	43,25	43,75	43,37	76,9	76,8	77,1	76,9	2,8	3,2	5,7	3,1
39,75	39,12	40,50	40,87	79,7	79,9	79,9	80,4	2,9	3,1	2,9	3,3
39,81	38,87	39,87	40,62	78,3	78,4	78,6	78,6	2,8	2,7	2,9	3,0
44,81	45,10	45,10	44,90	80,0	80,1	80,4	80,0	4,6	4,6	5,0	5,2
43,0	42,50	44,40	44,40	78,3	78,0	78,8	78,5	5,1	4,9	4,5	4,7
41,70	42,31	42,06	44,0	74,8	75,4	75,3	75,3	2,6	2,1	1,6	2,4
39,06	36,44	35,60	37,06	74,1	74,0	74,1	75,1	1,8	1,9	1,8	1,3
37,50	39,06	38,90	39,12	70,3	73,3	73,1	73,5	1,1	1,7	2,5	2,0
<i>1000-grain weight (gramme)</i>				<i>Weight per hl (kg)</i>				<i>Cu content grain mg/kg dry matter</i>			
<i>Tausendkörnergewicht (Gramm)</i>				<i>Hektolitergewicht (kg)</i>				<i>Cu-Gehalt Körner mg/kg Trockensubstanz</i>			



## VERKLARENDE WOORDENLIJST/GLOSSARY/GLOSSAR

Afwijking (afw.)	deviation	Abweichung
Dalgrond	excavated peat moor	Moorsohle
droge stof	dry matter	Trockensubstanz
Esgrond	sandy soil that has been improved by continued manuring with heather soil compost	Feldmarkboden
Haver	oats	Hafer
hoge ontginningsgrond	high reclaimed land	hohe urbaregemachte Böden
humusarm	poor in humus	humusarm
humuscorrectie	correction for the humus figure	Korrektur der Humuszahl
humeuze zandgrond	humic sandy soils	humöse Sandböden
Koper-aspergillusgetal	copper aspergillus number	Kupfer-Aspergilluszahl
kopergehalte	copper content	Kupfergehalt
koperproefvelden	copper trial fields	Kupferversuchsfelder
kopersulfaat (ksf)	copper sulfate (csf)	Kupfersulfat (KSF)
korrel	grain	Körner
Lage ontginningsgrond	low reclaimed land	niedere urbaregemachte Böden
leemhoudend zand	loamy sandy soil	lehmige Sandboden
leemige ontginningsgrond	loamy reclaimed land	lehmige urbaregemachte Böden
loof	foliage	Kraut
Oudere heideontginningen	older reclamations of moorland	ältere Heideurbarmachungen
Relatieve opbrengst (rel. opbr.)	relative yield	Relativertrag
Stro	straw	Stroh
Zandgrond (zand)	sandy soils	Sandboden
zandverstuiving	shifting sands	Flugsand
zavel	sabulous clay	Lehmboden
zeer fijnzandig	very fine-sandy	sehr feinsändige Böden
zomertarwe	spring wheat	Sommerweizen