

B. van Luit en Ch. H. Henkens

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

Invloed van de kopertoestand van de grond op het kopergehalte van gras en klaver

with a summary

Effect of the copper status of the soil on the copper content
of grass and clover

mit einer Zusammenfassung

Einfluss des Kupferzustands des Bodens auf den
Kupfergehalt des Grases und Klees



1967 *Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie*

Wageningen

© Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1967

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or by any other means without written permission from the publishers.

Inhoud

1 INLEIDING	1
2 LITERATUUR	1
3 BESCHIKBARE GEGEVENS	2
4 METHODE VAN BEWERKING	3
5 RESULTATEN	3
5.1 Invloed van de herkomst van de gronden	3
5.2 Invloed van het koper-salpeterzuurgetal op het kopergehalte van gras bij inzaai	8
5.3 Invloed van het koper-salpeterzuurgetal op het kopergehalte van klaver bij inzaai	14
5.4 Invloed van het koper-salpeterzuurgetal op het kopergehalte van gras op blijvend grasland	22
SAMENVATTING EN DISCUSSIE	28
Summary and discussions	29
Zusammenfassung und Diskussion	30
LITERATUUR	33

1 Inleiding

Kopergebrek bij rundvee is in Nederland een veel voorkomend verschijnsel. Hierbij moet men onderscheid maken tussen absoluut (primair) en geïnduceerd (secundair) kopergebrek bij het dier. Het eerste wordt veroorzaakt door een te geringe opname van koper en hangt dus direct samen met het kopergehalte van het gras. "Algemeen wordt aangenomen dat deze vorm van kopergebrek kan worden voorkomen door te zorgen dat het kopergehalte in het gras minstens 6 tot 7 mg/kg in de droge stof bedraagt" (COMMISSIE ONDERZOEK MINERALE VOEDING, 1963).

Onder secundair kopergebrek verstaat men alle vormen van een gestoorde koperstofwisseling bij het dier, die kopergebrek tot gevolg hebben. Zelfs al bevat het gras voldoende koper, dan wordt dit in zo'n geval door de een of andere oorzaak onvoldoende geresorbeerd.

Hoewel een hoog kopergehalte van het gras dus geen garantie geeft voor een goede kopervoorziening van het dier, is het van belang het verband te kennen tussen het kopergehalte van de grond en dat van het gras in verband met het optreden van primair kopergebrek. Met behulp van grondonderzoek kan men het kopergehalte van gras voorspellen en zodoende een indruk krijgen van de hoeveelheid koper die het dier zal opnemen.

2 Literatuur

Het is reeds lang bekend dat het kopergehalte van gras van verschillende factoren afhankelijk is en door bemesting met koper kan worden verhoogd. Een uitvoerig onderzoek over het verband tussen kopergehalte van grond en gras is, voor zover ons bekend, nog niet gepubliceerd.

LUNDBLAD *c.s.* (1949) vond dat het kopergehalte van gras door bemesting met koper niet noemenswaard kan worden verhoogd, als het kopergehalte in de bovenste 20 cm van de grond reeds meer dan 20 kg Cu per ha bedraagt. Ook WEHRMANN (1955) is van mening dat een grond met meer dan 20 kg Cu per ha goed van koper is voorzien. VON SEIFFERT en WEHRMANN (1957) konden het kopergehalte van gras op een koperrijke 'Braunerde' niet verhogen maar op een koperarme 'Podsol' grond wel. HEY en KNABE (1963) constateerden dat het kopergehalte van zwenkgras en witte klaver op twee gronden met een kopergehalte van minder dan 5 dpm (methode Westerhoff) aanzienlijk wordt verhoogd door bemesting met koper. Behalve de koperrijkdom van de grond en de koperbemesting zijn ook de overige bemesting en de tijd van bemonstering van invloed op het kopergehalte. VON SEIFFERT en WEHRMANN (1957) vonden dat een zware NPK-bemesting op koperarme grond het kopergehalte van het gras verlaagt. Op koperrijke gronden wordt het kopergehalte van het gras echter door deze bemesting verhoogd. HEMINGWAY (1962) verkreeg een verhoging van het kopergehalte door bemesting met zwavelzure ammoniak. Bemesting met superfosfaat en kaliumchloride is niet van invloed op het kopergehalte.

BORCHMANN (1965) constateerde wel een verhoging van het kopergehalte van gras door bemesting met thomasslakkenmeel maar niet met andere fosfaatmeststoffen. In het voorjaar was bij deze proeven het kopergehalte duidelijk lager zowel met als zonder stikstofbemesting. REITH en MITCHELL (1964) vermelden dat bekalking het kopergehalte van het grasbestand verlaagt. WEHRMANN (1955) vond echter geen duidelijke invloed van de pH van de grond op het kopergehalte van de plant. Het kopergehalte van gras is bovendien afhankelijk van de botanische samenstelling. Volgens HUPKENS VAN DER ELST (1962) zijn klavers goede indicatoren voor kopergebrek op grasland. De bladeren krijgen aan de randen gele tot witte vlekjes die in grootte toenemen, totdat het hele blad verschrompelt. De planten blijven klein, bleekgroen en gaan bij slecht weer dikwijls dood. Rode klaver schijnt gevoeliger te zijn dan witte. *Dactylis glomerata* (krobaar) en *Phleum pratense* (timothee) worden bij kopergebrek in groei geremd, maar *Holcus lanatus* (witbol) niet. ANKE (1961) komt tot de conclusie dat tussen leguminosen en grassen geen verschil in kopergehalte bestaat. Hij vond een betrouwbaar verschil in kopergehalte tussen kruiden en grassen maar niet tussen leguminosen en grassen. Volgens deze auteur zijn rode en witte klaver rijker aan koper dan gele klaver en vogelwikke. Ook tussen de grassoorten bestaan verschillen in kopergehalte. Rood zwenkgras en krobaar hebben een hoger kopergehalte dan doddegras en kamgras. Van de kruiden is de paardebloem zeer rijk aan koper. BORCHMANN (1962) constateerde eveneens grote verschillen in kopergehalte tussen de grassoorten zowel met als zonder koperbemesting. BEESON et al. (1947) verdelen de grassen op basis van hun kopergehalte in drie groepen, nl.: hoog, middel en laag. De grassen behorende tot de hoge groep hebben kopergehalten van 12-20 dpm, bijv. veldbeemdgras-*Poa pratensis* (21,1 dpm), en fioringras-*Agrostis stolonifera* (12,2 dpm). De grassen van de middelgroep hebben kopergehalten van 7-12 dpm, bijv. krobaar-*Dactylis glomerata* (9,9 dpm) en beemdlangetbloem-*Festuca pratensis* (8,4 dpm). De grassen van de lage groep hebben een kopergehalte beneden 7 dpm. Hiertoe behoren bijv. timothee-*Phleum pratense* (4,5 dpm) en kweek-*Agropyron repens* (6,8 dpm).

3 Beschikbare gegevens

Om het verband na te gaan tussen het kopergehalte van de grond en het kopergehalte van gras en klaver hadden wij de beschikking over de resultaten van verschillende onderzoeken. Bij al deze onderzoeken werd het kopergehalte in de grond bepaald volgens de salpeterzuurmethode. Voor een beschrijving van deze methode wordt hier verwezen naar HENKENS (1961). Het kopergehalte in gras en klaver werd bepaald volgens de D.D.C. methode (na natte destructie).

a. *Ingezaaid grasland*. In een in 1957 genomen potproef (VP 305) werd de reactie van tarwe en haver op een bemesting met koper op 72 verschillende gronden bestudeerd. Voor een verslag van de resultaten van dit onderzoek wordt verwezen

naar HENKENS (1961). De gronden waren afkomstig uit verschillende delen van het land, nl.:

- 20 zuidelijke zandgronden;
- 19 oostelijke zandgronden;
- 21 noordelijke zandgronden;
- 12 noordelijke dalgronden.

In 1958 werden de 72 gronden van bovengenoemde potten zonder koperbemesting en de 72 gronden, die naar 50 kg kopersulfaat per ha waren bemest, ieder afzonderlijk intensief gemengd. Per grond en per behandeling werden vervolgens twee potten met engels raaigras (*Lolium perenne*) en twee met rode klaver (*Trifolium pratense*) ingezaaid. Het gras werd bij een hoogte van ca. 20 cm geoogst, terwijl de klaver in het begin van de bloei werd afgesneden. Beide gewassen werden drie maal bemonsterd en op koper onderzocht. In de eerste snede van het gras werd tevens het stikstofgehalte bepaald.

Het kopergehalte van de grond werd van beide objecten na de laatste snede volgens de salpeterzuurmethode bepaald.

b. Blijvend grasland. Van blijvend grasland stonden 44 monsters van de ruilverkaveling Nieuw-Leusen en 76 van een vruchtbaarheidsonderzoek in de Friese Wouden (Pr 1635) ter beschikking. In de grondmonsters werd o.a. kopergehalte, pH-KCl en gehalte aan organische stof bepaald, in de grasmonsters het koper- en het stikstofgehalte. De grond- en gewasmonsters zijn steeds gelijktijdig genomen.

4 Methode van bewerking

De gegevens van het onder 3a genoemde onderzoek zijn eerst afzonderlijk per gebied en per snede bewerkt volgens een grafische methode, waarbij de factoren afzonderlijk werden bestudeerd. Daarna is een totale bewerking uitgevoerd per snede en gemiddeld over drie sneden.

De gegevens van blijvend grasland zijn ook volgens deze methode bewerkt.

5 Resultaten

5.1 Invloed van de herkomst van de gronden

Onder 3a werd vermeld dat een potproef werd genomen met zand- en dalgronden uit verschillende delen van het land. De vraag komt naar voren of aan het koper-salpeterzuurgetal op deze gronden een gelijke betekenis kan worden toegekend. Om dit na te gaan werden de gegevens afzonderlijk per gebied en per snede bewerkt.

Het verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van het gras

van de eerste snede is voor de verschillende gebieden weergegeven in fig. 1. Het kopergehalte van het gras bleek op de zuidelijke zandgronden en de noordelijke dalgronden hoger te zijn dan op de noordelijke en vooral de oostelijke zandgronden. Door het geringe aantal waarnemingen kan aan de verschillen bij een koper-salpeterzuurgetal > 10 geen grote waarde worden toegekend.

De resultaten van de tweede en derde snede gras (resp. fig. 2 en 3) zijn niet in overeenstemming met de gevonden verschillen in de eerste snede. Het lijkt daarom verantwoord aan de in de eerste snede gevonden verschillen weinig betekenis toe te kennen.

Bij de rode klaver werden evenmin verschillen van betekenis, wat betreft de streek van herkomst, gevonden.

In het volgende zal daarom alleen een gezamenlijke bewerking van alle gronden worden besproken.

Fig. 1. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van engels raai gras (eerste snede) op gronden van verschillende herkomst.

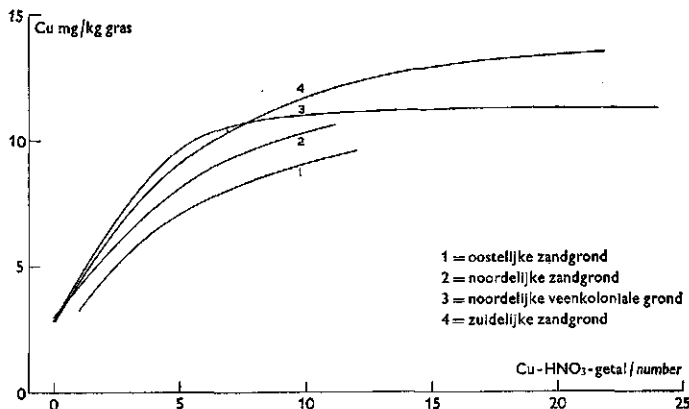


Fig. 1. Relation between soil copper content (diluted HNO_3 extraction) and copper content of perennial rye grass (first cut) on soils from different parts of the Netherlands.

Abb. 1. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl (Extraktion mit verdünnter Salpetersäure) und dem Kupfergehalt des Weidelgrases (erster Schnitt) auf Böden aus verschiedenen Teilen der Niederlanden.

Fig. 2. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van engels raaigras (tweede snede) op gronden van verschillende herkomst.

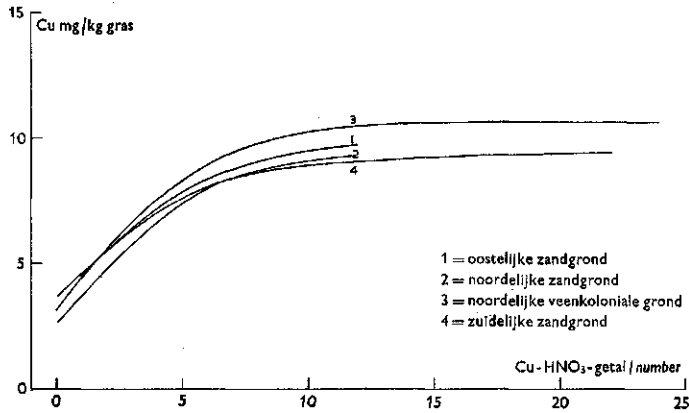


Fig. 2. Relation between soil copper content and copper content of perennial rye grass (second cut) on soils from different parts of the Netherlands.

Abb. 2. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Weidelgrases (zweiter Schnitt) auf Böden aus verschiedenen Teilen der Niederlanden.

Fig. 3. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van engels raaigras (derde snede) op gronden van verschillende herkomst.

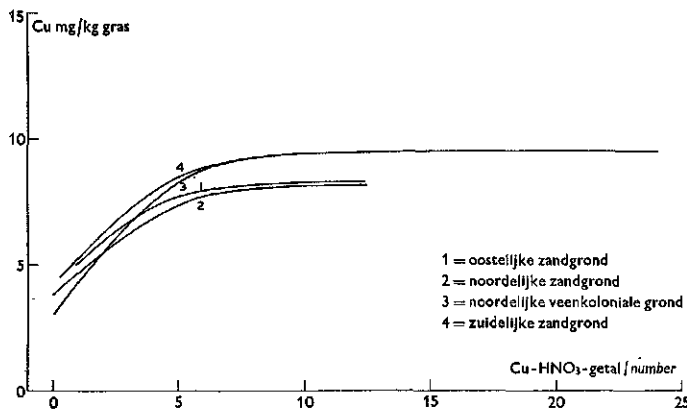


Fig. 3. Relation between soil copper content and copper content of the grass (third cut) on soils from different parts of the Netherlands.

Abb. 3. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Weidelgrases (dritter Schnitt) auf Böden aus verschiedenen Teilen der Niederlanden.

Tabel 1. Resultaten van grond- en gewasonderzoek van een potproef met Engels raaigras (Vp 305-1958).

Table 1. Results of soil and crop analyses in a pot experiment with perennial ryegrass.

Tabelle 1. Ergebnisse der Boden- und Gewächsanalysen in einer Gefässversuch mit Weidelgras.

Nr.	Grond					Gras							
	Cu-HNO ₃ -getal		pH-KCl	% humus	% afslibbaar	1e snede		2e snede		3e snede		gemiddeld	
	zon-der Cu	met Cu				zon-der Cu	met Cu	zon-der Cu	met Cu	zon-der Cu	met Cu		
1	1,7	7,2	5,1	3,1	8,4	6,3	10,2	6,0	10,2	7,3	9,6	6,5	10,0
2	2,4	7,7	4,2	3,1	9,9	8,2	13,9	6,9	8,9	7,8	10,8	7,6	11,2
3	2,0	7,5	4,7	3,4	8,4	6,5	12,8	6,1	7,8	7,4	9,6	6,7	10,1
3a	2,2	7,9	4,4	2,7	10,0	11,0	16,4	7,2	9,4	8,9	11,1	9,0	12,3
4	3,7	8,8	4,8	2,8	6,1	8,9	15,2	7,6	9,2	8,7	10,3	8,4	11,6
4a	2,9	6,4	5,5	4,0	19,0	9,8	13,6	7,1	10,1	7,1	9,1	8,0	10,9
5	4,4	10,0	5,9	5,5	7,9	7,2	11,6	5,5	6,3	7,2	7,5	6,6	8,5
6	1,3	5,9	4,8	2,3	5,3	6,9	12,3	7,5	12,3	7,5	10,7	7,3	11,8
7	1,5	7,9	5,7	2,8	8,4	8,1	11,3	7,8	13,2	8,6	11,6	8,2	12,0
8	0,3	5,7	5,1	2,3	4,4	3,8	9,8	5,3	10,8	5,7	9,2	4,9	9,9
9	0,4	5,3	5,8	2,3	3,2	4,2	10,8	3,6	9,0	4,2	9,2	4,0	9,7
10	0,3	5,9	4,6	7,3	6,4	4,1	7,5	4,7	8,1	4,5	7,8	4,4	7,8
11	1,7	7,2	5,5	4,4	6,5	6,2	10,3	4,1	7,8	6,0	8,2	5,4	8,8
12	3,0	8,5	5,6	6,9	4,4	6,1	8,6	4,8	6,6	5,6	6,9	5,5	7,4
13	2,3	8,0	5,9	8,6	2,1	5,3	8,3	3,6	5,4	5,2	6,9	4,7	6,9
14	6,7	11,1	4,9	11,0	0,9	8,5	9,2	6,3	7,8	7,7	8,0	7,5	8,3
15	0,4	5,0	4,6	1,8	3,2	3,9	12,9	3,6	13,1	4,1	11,5	3,9	12,5
16	3,8	9,6	4,1	6,6	4,7	6,6	9,5	5,4	7,3	5,1	7,0	5,7	7,9
17	—	—	4,5	9,1	5,6	8,5	10,2	6,2	8,7	9,6	9,1	8,1	9,3
18	4,4	9,2	4,9	5,0	9,8	8,0	10,9	4,4	6,3	6,2	7,7	6,2	8,3
19	13,9	21,6	5,3	5,3	7,3	13,5	14,9	7,5	10,3	8,7	10,4	9,9	11,9
20	3,1	8,8	4,6	4,2	3,4	7,7	11,3	6,8	10,5	7,7	9,4	7,4	10,4
21	4,5	9,5	5,0	6,5	2,6	8,1	9,1	6,0	7,6	6,9	8,4	7,0	8,4
22	0,7	6,4	6,0	3,8	2,7	3,8	10,1	3,1	7,7	2,8	7,7	3,2	8,5
23	0,4	6,2	4,4	5,2	2,1	4,7	10,8	4,1	9,7	5,2	9,5	4,7	10,0
24	1,0	6,2	6,4	4,4	3,2	3,8	11,9	2,5	6,6	2,2	6,9	2,8	8,5
25	0,7	5,8	5,5	3,9	2,8	5,2	11,5	4,5	8,9	5,7	10,5	5,1	10,3
26	3,9	10,1	4,6	5,5	1,8	8,6	12,3	7,0	11,6	8,3	11,4	8,0	11,8
27	0,6	6,0	5,8	5,5	3,0	3,6	10,3	3,4	8,6	3,3	8,1	3,4	9,0
28	16,8	23,7	4,7	7,9	3,6	10,3	10,4	8,0	10,9	9,0	9,0	9,1	10,1
29	3,8	9,3	5,3	5,8	2,6	7,6	9,5	5,2	7,3	6,4	7,8	6,4	8,2
30	6,3	10,4	5,4	6,8	2,4	8,1	9,4	5,6	7,8	6,7	8,3	6,8	8,5
31	4,4	10,5	4,6	5,9	2,4	8,7	9,9	7,5	11,4	8,7	11,4	8,3	10,9

No.	Soil				Grass										
	Cu-HNO ₃ -number		pH-KCl	% organic matter	% particles 10 μ	with-out Cu		with Cu		with-out Cu		with Cu		with-out Cu	
	zon-der Cu	met Cu				1st cut Cu mg/kg	2nd cut Cu mg/kg	3rd cut Cu mg/kg	average Cu mg/kg						
1	1,7	7,2	5,1	3,1	8,4	6,3	10,2	6,0	10,2	7,3	9,6	6,5	10,0		
2	2,4	7,7	4,2	3,1	9,9	8,2	13,9	6,9	8,9	7,8	10,8	7,6	11,2		
3	2,0	7,5	4,7	3,4	8,4	6,5	12,8	6,1	7,8	7,4	9,6	6,7	10,1		
3a	2,2	7,9	4,4	2,7	10,0	11,0	16,4	7,2	9,4	8,9	11,1	9,0	12,3		
4	3,7	8,8	4,8	2,8	6,1	8,9	15,2	7,6	9,2	8,7	10,3	8,4	11,6		
4a	2,9	6,4	5,5	4,0	19,0	9,8	13,6	7,1	10,1	7,1	9,1	8,0	10,9		
5	4,4	10,0	5,9	5,5	7,9	7,2	11,6	5,5	6,3	7,2	7,5	6,6	8,5		
6	1,3	5,9	4,8	2,3	5,3	6,9	12,3	7,5	12,3	7,5	10,7	7,3	11,8		
7	1,5	7,9	5,7	2,8	8,4	8,1	11,3	7,8	13,2	8,6	11,6	8,2	12,0		
8	0,3	5,7	5,1	2,3	4,4	3,8	9,8	5,3	10,8	5,7	9,2	4,9	9,9		
9	0,4	5,3	5,8	2,3	3,2	4,2	10,8	3,6	9,0	4,2	9,2	4,0	9,7		
10	0,3	5,9	4,6	7,3	6,4	4,1	7,5	4,7	8,1	4,5	7,8	4,4	7,8		
11	1,7	7,2	5,5	4,4	6,5	6,2	10,3	4,1	7,8	6,0	8,2	5,4	8,8		
12	3,0	8,5	5,6	6,9	4,4	6,1	8,6	4,8	6,6	5,6	6,9	5,5	7,4		
13	2,3	8,0	5,9	8,6	2,1	5,3	8,3	3,6	5,4	5,2	6,9	4,7	6,9		
14	6,7	11,1	4,9	11,0	0,9	8,5	9,2	6,3	7,8	7,7	8,0	7,5	8,3		
15	0,4	5,0	4,6	1,8	3,2	3,9	12,9	3,6	13,1	4,1	11,5	3,9	12,5		
16	3,8	9,6	4,1	6,6	4,7	6,6	9,5	5,4	7,3	5,1	7,0	5,7	7,9		
17	—	—	4,5	9,1	5,6	8,5	10,2	6,2	8,7	9,6	9,1	8,1	9,3		
18	4,4	9,2	4,9	5,0	9,8	8,0	10,9	4,4	6,3	6,2	7,7	6,2	8,3		
19	13,9	21,6	5,3	5,3	7,3	13,5	14,9	7,5	10,3	8,7	10,4	9,9	11,9		
20	3,1	8,8	4,6	4,2	3,4	7,7	11,3	6,8	10,5	7,7	9,4	7,4	10,4		
21	4,5	9,5	5,0	6,5	2,6	8,1	9,1	6,0	7,6	6,9	8,4	7,0	8,4		
22	0,7	6,4	6,0	3,8	2,7	3,8	10,1	3,1	7,7	2,8	7,7	3,2	8,5		
23	0,4	6,2	4,4	5,2	2,1	4,7	10,8	4,1	9,7	5,2	9,5	4,7	10,0		
24	1,0	6,2	6,4	4,4	3,2	3,8	11,9	2,5	6,6	2,2	6,9	2,8	8,5		
25	0,7	5,8	5,5	3,9	2,8	5,2	11,5	4,5	8,9	5,7	10,5	5,1	10,3		
26	3,9	10,1	4,6	5,5	1,8	8,6	12,3	7,0	11,6	8,3	11,4	8,0	11,8		
27	0,6	6,0	5,8	5,5	3,0	3,6	10,3	3,4	8,6	3,3	8,1	3,4	9,0		
28	16,8	23,7	4,7	7,9	3,6	10,3	10,4	8,0	10,9	9,0	9,0	9,1	10,1		
29	3,8	9,3	5,3	5,8	2,6	7,6	9,5	5,2	7,3	6,4	7,8	6,4	8,2		
30	6,3	10,4	5,4	6,8	2,4	8,1	9,4	5,6	7,8	6,7	8,3	6,8	8,5		
31	4,4	10,5	4,6	5,9	2,4	8,7	9,9	7,5	11,4	8,7	11,4	8,3	10,9		

Nr.	Grond					Gras							
	Cu-HNO ₃ -getal		pH-KCl	% humus	% afslibbaar	1e snede		2e snede		3e snede		gemiddeld	
	zonder Cu	met Cu				Cu mg/kg	Cu mg/kg	Cu mg/kg	Cu mg/kg	Cu mg/kg	zonder Cu	met Cu	
					zonder Cu	met Cu	zonder Cu	met Cu	zonder Cu	met Cu	zonder Cu	met Cu	
32	1,4	6,8	4,4	5,8	5,0	4,5	8,8	4,6	7,4	5,9	7,7	5,0	8,0
33	1,7	7,1	4,4	5,5	5,9	4,4	8,0	4,2	8,2	4,6	7,9	4,4	8,0
34	1,7	6,1	4,4	7,8	4,1	5,1	7,4	4,7	7,6	5,2	7,8	5,0	7,6
35	2,3	7,7	4,4	7,3	4,2	5,4	8,8	5,0	8,1	5,5	8,6	5,3	8,5
36	1,1	4,9	4,4	6,3	3,8	3,3	8,6	3,9	9,2	4,8	10,1	4,0	9,3
37	1,6	6,7	5,0	3,0	5,1	4,4	8,5	6,5	8,8	6,2	8,9	5,7	8,7
38	3,7	8,7	5,2	3,6	4,0	7,1	8,8	6,8	10,0	7,0	8,9	7,0	9,2
39	1,6	6,2	4,6	3,0	7,9	5,4	9,0	9,9	6,5	5,6	7,6	7,0	7,7
40	1,9	6,7	4,2	6,7	7,9	4,5	7,3	3,8	6,8	4,5	7,5	4,4	7,2
41	7,0	12,1	5,0	4,1	9,3	6,5	9,6	8,5	9,5	7,6	8,2	7,5	9,1
42	2,2	7,3	4,4	4,5	4,0	6,2	9,7	7,0	9,4	7,3	9,1	6,8	9,4
43	3,1	7,8	3,8	6,9	6,7	4,2	7,4	4,3	6,7	4,9	6,8	4,5	7,0
44	3,8	9,1	3,7	4,4	7,5	6,3	8,6	5,0	8,6	5,5	7,9	5,6	8,4
45	2,8	8,1	5,1	4,2	5,1	8,4	10,0	6,4	9,5	6,4	7,9	7,1	9,1
46	1,1	6,2	4,7	3,9	4,1	4,9	9,2	4,7	10,2	5,6	8,7	5,1	9,4
47	1,6	7,4	4,7	6,4	3,8	5,1	8,7	7,5	8,9	8,2	8,9	6,9	8,8
48	0,9	6,8	5,5	2,9	4,2	4,0	7,8	5,8	9,1	6,1	8,2	5,3	8,4
49	2,8	7,8	4,7	3,9	14,4	4,9	7,6	7,1	10,3	6,4	8,3	6,1	8,7
50	4,7	9,2	5,5	3,3	3,6	8,7	9,2	6,2	11,0	7,0	9,4	7,3	9,9
51	3,3	7,9	5,8	2,9	5,1	6,0	9,9	7,7	8,8	7,3	8,5	7,0	9,1
52	1,0	6,5	5,7	3,4	3,2	4,6	10,4	5,3	9,2	6,0	9,2	5,3	9,6
53	2,1	7,9	6,0	5,2	5,4	3,9	8,1	4,9	6,6	5,3	6,8	4,7	7,2
54	1,5	6,8	4,3	5,9	2,5	4,3	8,7	4,1	7,9	3,9	7,3	4,1	8,0
55	1,4	6,7	3,8	8,3	4,3	3,1	7,6	3,6	6,9	4,3	6,6	3,7	7,0
56	4,1	9,3	4,3	4,1	5,8	7,1	10,2	8,2	9,5	8,1	9,3	7,8	9,7
57	2,1	7,2	3,9	6,1	5,0	4,2	7,9	5,3	8,5	4,7	6,8	4,7	7,7
58	2,7	7,4	4,2	6,7	3,8	4,6	8,5	5,3	6,8	5,5	7,0	5,1	7,4
59	2,4	7,4	4,5	6,6	2,8	4,2	7,4	6,0	6,9	5,9	7,5	5,4	7,3
60	2,4	8,0	4,3	4,9	3,6	6,3	9,7	6,5	7,8	7,1	7,8	6,6	8,6
61	2,2	6,6	4,0	5,9	4,9	4,9	9,9	5,0	6,9	4,8	6,6	4,9	7,8
62	—	—	5,0	9,7	1,1	10,4	9,1	9,5	9,5	8,9	9,2	9,6	9,3
63	6,6	11,6	4,8	4,7	2,0	12,2	11,1	8,6	10,0	8,8	9,3	9,9	10,1
64	0,0	5,0	5,0	7,9	2,3	3,8	11,3	3,8	9,9	4,2	8,2	3,9	9,8
65	0,2	5,4	5,1	3,2	2,9	5,3	10,7	5,0	8,5	5,5	9,0	5,3	9,4
66	0,0	5,4	4,2	4,5	3,4	3,7	10,2	3,4	6,9	4,1	7,6	3,7	8,2
67	4,1	8,8	5,0	5,5	4,0	8,4	10,3	6,0	7,7	6,9	8,4	7,1	8,8
68	—	—	5,3	7,9	1,9	11,3	13,0	8,8	8,0	8,7	9,2	9,6	10,1
69	—	—	4,0	5,8	10,6	8,2	10,2	7,6	8,6	6,5	7,3	7,4	8,7
70	1,3	4,1	4,4	5,7	4,0	5,8	9,7	3,3	5,8	3,1	4,9	4,1	6,8
	with- out Cu	with Cu		% organic matter	% particles 16 μ	with- out Cu	with Cu	with- out Cu	with Cu	with- out Cu	with Cu	with- out Cu	with Cu
	Cu-HNO ₃ - number		pH- KCl			1st cut Cu mg/kg		2nd cut Cu mg/kg		3rd cut Cu mg/kg		average Cu mg/kg	
No.	Soil					Grass							

5.2 Invloed van het koper-salpeterzuurgetal op het kopergehalte van gras bij inzaai

Eerste snede. Voor de analysesresultaten van dit onderzoek wordt verwezen naar tabel 1.

Uit fig. 4 blijkt dat er een vrij goede samenhang bestaat tussen het koper-salpeterzuurgetal van de grond bepaald in het najaar van 1958, en het kopergehalte van engels raaigras op 25 juni 1958. De dichte stippen hebben betrekking op de niet met koper bemeste gronden, de open stippen op dezelfde gronden, die echter in 1957 zijn bemest naar 50 kg kopersulfaat per ha. Het verband tussen het kopergehalte van grond en gewas op de met koper bemeste gronden sluit goed aan bij de samenhang op de gronden die geen koper ontvingen. De spreiding om de gemiddelde curve is echter groter. Een bezwaar is dat in dit onderzoek weinig gronden van nature een hoog koper-salpeterzuurgetal hebben.

De afwijkingen in verticale richting tot de getrokken curve zijn in verband gebracht met verschillende factoren die eventueel naast het koper-salpeterzuurgetal van betekenis zouden kunnen zijn voor de opneming van koper door het gras.

Het gehalte aan organische stof blijkt een gedeelte van deze variatie te kunnen verklaren (fig. 5), hoewel de spreiding vooral bij lage waarden groot is. Het kopergehalte van het gras daalde bij stijging van het humusgehalte met 1 % aanvankelijk met ongeveer 1 mg per kg. Bij humusgehalten > 5 % werd geen verdere invloed van betekenis gevonden.

Fig. 4. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van engels raaigras (eerste snede). Koper-salpeterzuurgetal vóór (●) en na bemesting (○) met 50 kg per ha kopersulfaat.

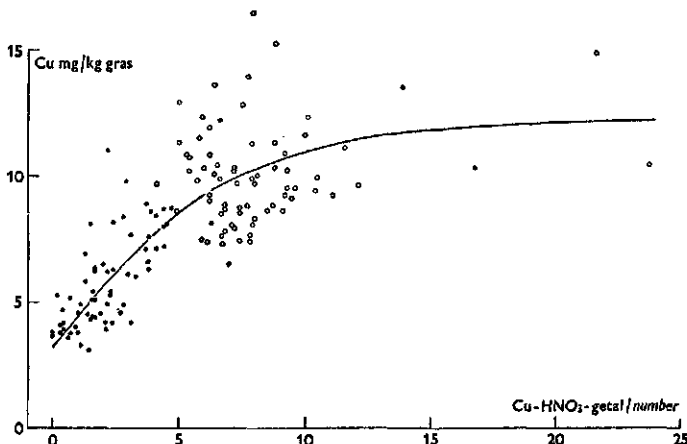


Fig. 4. Relation between soil copper content and copper content of perennial rye grass (first cut). Soil copper content before (●) and after application (○) of 50 kg per ha of copper sulphate.

Abb. 4. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Weidelgrases (erster Schnitt). Kupfersalpetersäurezahl vor (●) und nach Düngung (○) mit 50 kg Kupfersulfat pro ha.

Het verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van gras na correctie op gelijk humusgehalte (5 %) wordt weergegeven in fig. 6.

Fig. 5. Invloed van het humusgehalte op het kopergehalte van engels raaigras (vertikale afwijkingen van de stippen in fig. 4 tot de gemiddelde kromme zijn uitgezet tegen het humusgehalte).

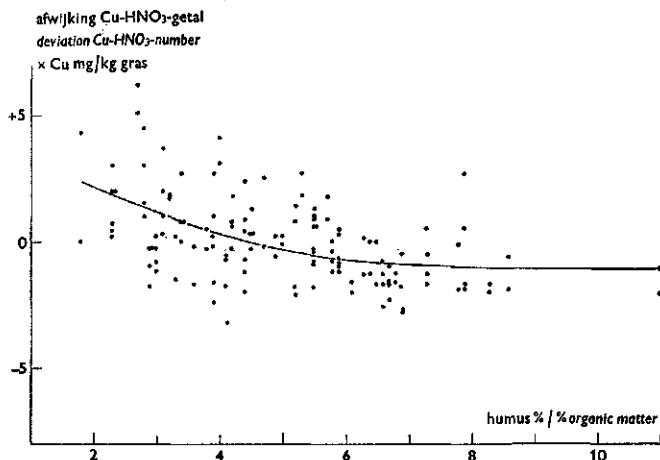


Fig. 5. Effect of humus content on copper content of perennial rye grass (vertical deviations of the dots from the average curve in fig. 4 have been plotted against humus content).

Abb. 5. Einfluss des Humusgehaltes auf den Kupfergehalt des Weidelgrases (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 4 sind ausgesetzt worden gegen den Humusgehalt).

Fig. 6. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van engels raaigras na correctie op een gelijk humusgehalte (5 %).

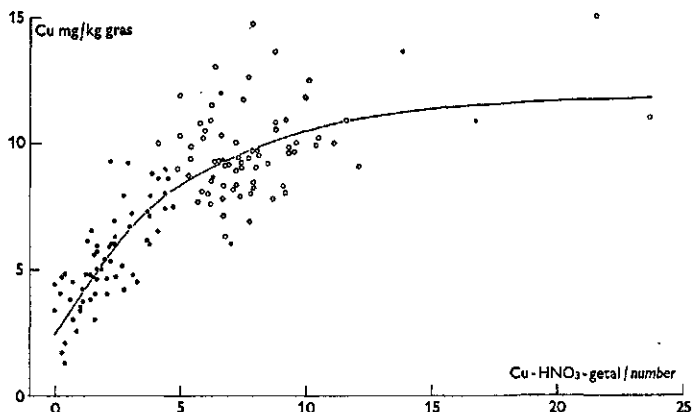


Fig. 6. Relationship between soil copper content and copper content of perennial rye grass after correction to equal humus content (5 %).

Abb. 6. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Weidelgrases nach Korrektion auf gleichem Gehalt an organischer Substanz (5 %).

Een kopergehalte van 7 mg per kg in het gras dat voldoende zou zijn voor een goede kopervoorziening van het dier, werd gemiddeld bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van 3 tot 4. Dit geldt voor een humusgehalte van 5 %. Bij lagere humusgehalten zal deze concentratie daarentegen reeds bij lagere kopergehalten van de grond worden bereikt.

Een geringe invloed van pH-KCl op de opneming van koper door gras werd alleen aangetoond bij kopergehalten van de grond < 5 dpm (fig. 7). De kopergehalten in het gras waren iets hoger bij pH-KCl tussen 4,5 en 5,5. De invloed was echter gering, zodat hiervoor geen correctie is uitgevoerd.

Een invloed van het gehalte aan afslibbare delen (variërende van 1-11 %) en het stikstofgehalte van het gras (2,0-3,5 %) op het kopergehalte van gras werd niet aangetoond.

Opbrengstdepressies als gevolg van een tekort aan koper werden niet waargenomen.

Tweede en derde snede. De monsters werden resp. genomen op 14 augustus en 8 oktober 1958.

De resultaten zijn voor beide sneden vrijwel gelijk aan die voor de eerste snede. Ook hier werd een duidelijk verband vastgesteld tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van gras. Vooral in de derde snede was de samenhang fraai.

Fig. 7. Invloed van pH-KCl op het kopergehalte van engels raaigras na correctie op een gelijk humusgehalte bij kopergehalten van de grond < 5 dpm (vertikale afwijkingen van de stippen in fig. 6 tot de gemiddelde kromme zijn uitgezet tegen de pH-KCl).

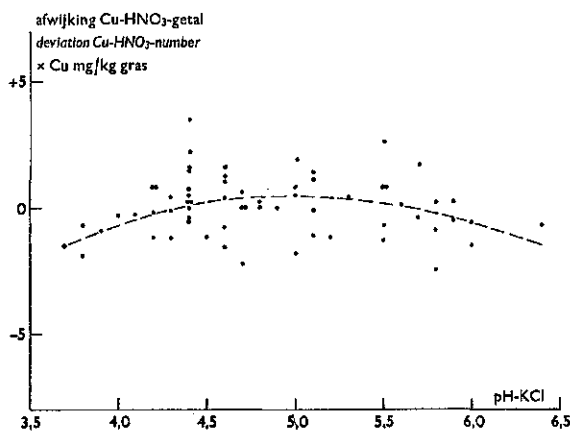


Fig. 7. Effect of pH-KCl on copper content of perennial rye grass after correction to equal humus content at soil copper contents < 5 ppm (vertical deviations of the dots from the average curve in fig. 6 have been plotted against pH-KCl).

Abb. 7. Einfluss des pH-Wertes auf den Kupfergehalt des Weidelgrases nach Korrektion auf gleichem Gehalt an organischer Substanz bei Kupfergehalten des Bodens < 5 dpm (vertikale Abweichungen van den Punkten zu der Kurve in Abb. 6 sind ausgesetzt worden gegen den pH-Wert).

De invloed van het humusgehalte was vrijwel gelijk aan die in de eerste snede.

In de tweede snede kon slechts een geringe invloed worden aangetoond van pH-KCl op het kopergehalte van gras bij kopergehalten in de grond < 5 dpm. De tendens was echter dezelfde als in de eerste snede.

In de derde snede was de samenhang tussen pH-KCl en het kopergehalte vrij duidelijk, zowel bij lage als hoge kopergehalten in de grond. De opneming van koper is het best bij pH-waarden tussen 4,2 en 5,5.

Gezamenlijke bewerking van drie sneden gras. In het voorgaande werd de invloed van het kopergehalte van de grond op het kopergehalte van gras bij de afzonderlijke sneden nagegaan. De spreiding om de curven was in de verschillende sneden niet gelijk. Het is van belang te weten hoe de samenhang is tussen beide factoren gemiddeld over het groeiseizoen.

De kopergehalten van de drie sneden zijn voor deze bewerking gemiddeld en in verband gebracht met dezelfde bodemfactoren als in de afzonderlijke sneden. Het stikstofgehalte van het gras dat alleen is bepaald in de eerste snede, is niet in de beschouwing betrokken. Het verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van gras is weergegeven in fig. 8. Het maximale kopergehalte van het gras wordt ongeveer bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van 5.

Fig. 8. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van engels raaigras (gemiddelde van drie sneden).

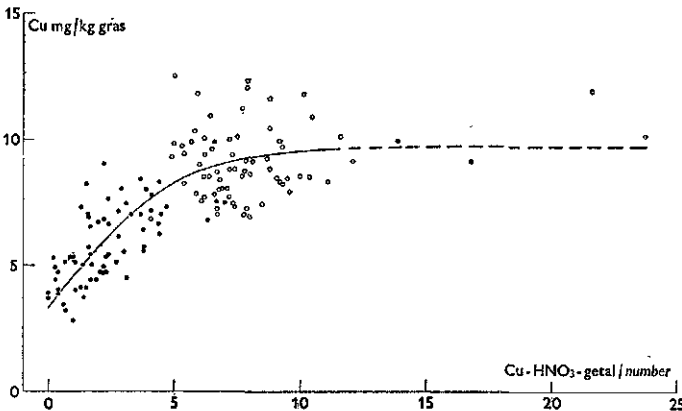


Fig. 8. Relationship between soil copper content and copper content of perennial rye grass (average content of three cuts).

Abb. 8. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und den Kupfergehalt des Weidelgrases (Mittelwerte von drei Schnitten).

Fig. 9. Invloed van het humusgehalte op het kopergehalte van engels raaigras (vertikale afwijkingen van de stippen in fig. 8 tot de gemiddelde kromme zijn uitgezet tegen het humusgehalte).

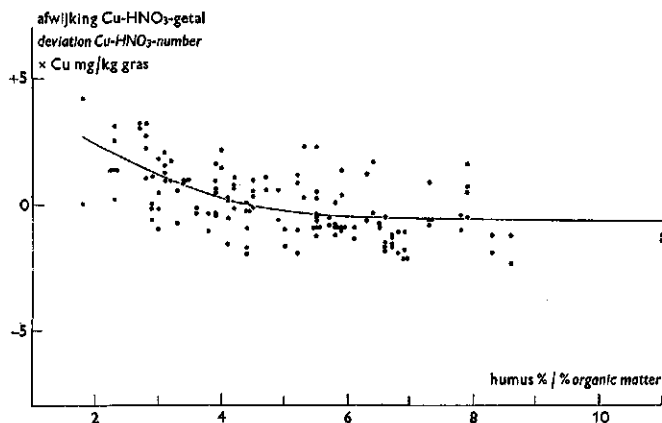


Fig. 9. Effect of humus content on copper content of perennial rye grass (vertical deviations of the dots from the average curve in fig. 8 have been plotted against the humus content).
 Abb. 9. Einfluss des Humusgehaltes auf den Kupfergehalt des Weidelgrases (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 8 sind ausgesetzt worden gegen den Humusgehalt).

Het gehalte aan organische stof heeft een vrijwel gelijke invloed als in de afzonderlijke sneden (fig. 9).

De samenhang tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van gras wordt belangrijk beter na een correctie op het organische-stofgehalte (fig. 10). Een invloed van pH-KCl op het kopergehalte van gras werd zowel bij lage als hoge kopergehalten gevonden en komt overeen met het effect in de derde snede. De opname van koper van het gras is het best bij pH-KCl tussen 4,2 en 5,7 (fig. 11).

De samenhang tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van gras na correctie op gelijk humusgehalte (4,0 %) en pH-KCl (4,2) is goed (fig. 12).

Een gemiddeld kopergehalte in het gras van 7 mg per kg werd bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van ongeveer 3,5. Dit geldt voor een humusgehalte van 4 %. Bij een humusgehalte van 2,5 % werd deze waarde reeds bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van ongeveer 2, bij gehalten > 6 % daarentegen pas bij een koper-salpeterzuurgetal van ongeveer 4,5.

Een invloed van het gehalte aan afslibbare delen werd niet aangetoond. Opbrengstdepressies door een tekort aan koper werden niet waargenomen.

Fig. 10. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van engels raaigras na correctie op gelijk humusgehalte (4 %).

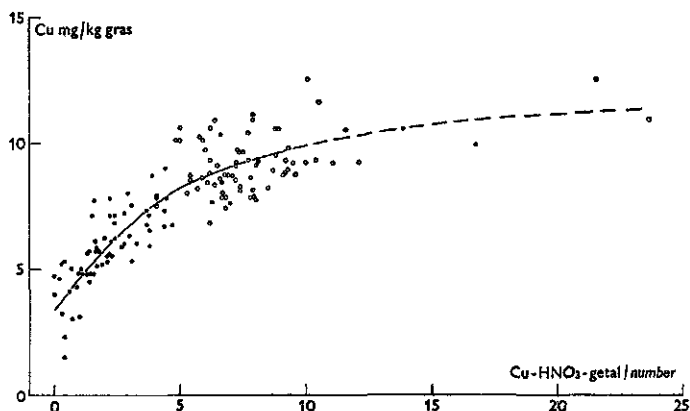


Fig. 10. Relationship between soil copper content and copper content of perennial rye grass after correction to equal humus content (4 %).

Abb. 10. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Weidelgrases nach Korrektion auf gleichem Gehalt an organischer Substanz (4 %).

Fig. 11. Invloed van pH-KCl op het kopergehalte van engels raaigras na correctie op gelijk humusgehalte (vertikale afwijkingen van de stippen in fig. 10 tot de gemiddelde kromme zijn uitgezet tegen pH-KCl).

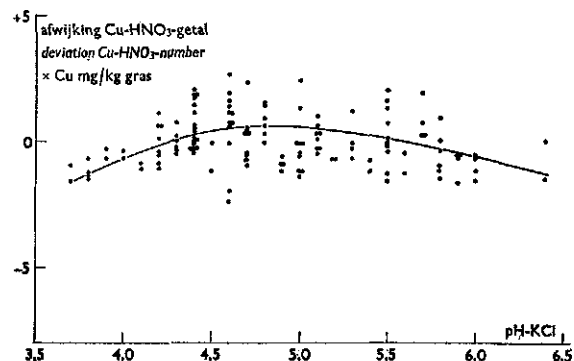


Fig. 11. Effect of pH-KCl on copper content of perennial rye grass after correction to equal humus content (vertical deviations of the dots from the average curve in fig. 10 have been plotted against pH-KCl).

Abb. 11. Einfluss des pH-Wertes auf den Kupfergehalt des Weidelgrases nach Korrektion auf gleichem Gehalt an organischer Substanz (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 10 sind ausgesetzt worden gegen den pH-Wert).

Fig. 12. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van engels raaigras na correctie op gelijk humusgehalte (4 %) en pH-KCl (4,2).

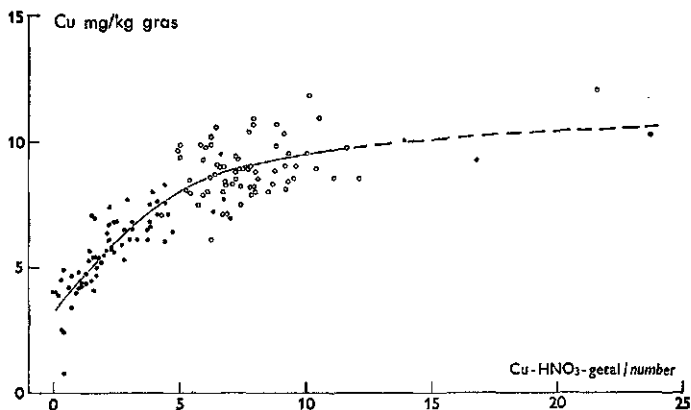


Fig. 12. Relationship between soil copper content and copper content of perennial ryegrass after correction to equal humus content (4 %) and pH-KCl (4.2).

Abb. 12. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Weidelgrases nach Korrektion auf gleichem Gehalt an organischer Substanz (4 %) und pH-Wert (4,2).

5.3 Invloed van het koper-salpeterzuurgetal op het kopergehalte van klaver bij inzaai

Eerste snede. De gegevens van dit onderzoek zijn vermeld in tabel 2.

De monsters werden genomen op 25 juli 1958. De groei van de klaver bleef op verschillende gronden met lage pH-KCl sterk in ontwikkeling achter, vooral in de eerste snede.

De kopergehalten van klaver op gronden met een lage opbrengst aan droge stof waren hoog en vertoonden een grote spreiding. Dit is duidelijk te zien in fig. 13, waar het koper-salpeterzuurgetal in verband is gebracht met het kopergehalte van klaver. De omcirkelde waarnemingen hebben een droge-stofopbrengst van minder dan 10 gram. Door de soms zeer slechte ontwikkeling (opbrengsten van minder dan 1 gram) was de kans op verontreinigingen groot door opspattende gronddeeltjes. De betrouwbaarheid van deze analyses was hierdoor gering.

Uit de figuren 14, 15 en 16, waar het koper-salpeterzuurgetal in verband is gebracht met het kopergehalte van klaver voor verschillende groepen van droge-stofopbrengst, blijkt dat de spreiding om de gemiddelde curve groter wordt, naarmate de opbrengst lager is. De grote afwijkingen van de omcirkelde waarnemingen in fig. 14 zijn waarschijnlijk het gevolg van een verwisseling van gewasmonsters. Het zijn monsters van dezelfde grond, waarbij het opvalt dat het kopergehalte in de klaver op de niet met koper bemeste grond veel hoger is dan op de bemeste.

De lijnen uit bovengenoemde figuren zijn samengevat in fig. 17. Opvallend is het grote verschil in niveau tussen de verschillende groepen, vooral bij hogere kopergehalten van de grond.

Bij een goed ontwikkeld gewas klaver (droge stofopbrengst $> 16,0$) werd een kopergehalte in het gewas van 7 mg per kg bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van ongeveer 4.

De waarnemingen met een droge-stofopbrengst $< 10,0$ g zijn om de bovenvermelde redenen voor een verdere bewerking van het materiaal niet gebruikt. Het verband tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van klaver voor droge-stofopbrengsten $> 10,0$ g is weergegeven in fig. 18. De spreiding om de gemiddelde kromme is in verband gebracht met verschillende factoren. Aangezien pH-KCl en droge-stofopbrengst ($> 10,0$ g) onderling samenhangen, is de invloed van de eerstgenoemde factor op het kopergehalte van klaver nagegaan bij twee groepen met geringe verschillen in droge-stofopbrengst. In beide groepen kon geen duidelijke invloed van pH-KCl worden aangetoond. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat door het elimineren van de waarnemingen met opbrengsten $< 10,0$ g enkele gronden met lage pH-KCl niet meer in het materiaal voorkomen.

Van het gehalte aan organische stof en afslibbare delen werd evenmin een invloed vastgesteld. Alleen een verschil in opbrengst aan droge stof bleek een gedeelte van de spreiding te kunnen verklaren (verdunningseffect?). Het stikstofgehalte van de klaver werd niet bepaald. Opbrengstverliezen door een tekort aan koper werden slechts op enkele gronden waargenomen.

Tweede en derde snede. De monsters werden resp. genomen op 25 augustus en 11 oktober 1958.

De resultaten in beide sneden zijn vrijwel gelijk aan die van de eerste. Ook hier werd een duidelijk verband vastgesteld tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van klaver.

Bij de tweede snede lagen de kopergehalten wel op een hoger niveau dan in de eerste snede, vooral bij hogere opbrengsten. Een kopergehalte van 7 mg per kg werd hierdoor bij goed ontwikkelde klaver reeds bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van 1,5.

In tegenstelling met de eerste en tweede snede kwam bij de derde niet naar voren dat lage opbrengsten gepaard gingen met hoge kopergehalten in de klaver.

Van het gehalte aan organische stof en pH-KCl kon in de tweede snede geen duidelijke invloed worden aangetoond.

In de derde snede werd van beide factoren een geringe invloed vastgesteld. De opneming van koper was het best bij een pH tussen 4,5 en 5,5. Deze zwakke aanwijzing werd alleen verkregen bij lage kopergehalten in de grond (Cu-HNO₃-getal $< 5,0$). De invloed van het humusgehalte was evenmin duidelijk. Naarmate het humusgehalte steeg, daalde het kopergehalte van de klaver. Bij organische-stofgehalten $> 5\%$ werd verder geen daling meer gevonden. De spreiding is echter groot, waardoor geen grote waarde aan deze samenhang mag worden toegekend.

Tabel 2. Resultaten van grond- en gewasonderzoek van een potproef met rode klaver (Vp 305-1958).

Table 2. Results of soil and crop analyses in a pot experiment with red clover.

Tabelle 2. Ergebnisse der Boden- und Gewächsanalysen in einer Gefässversuch mit Rotklee.

Nr.	Grond					Klaver							
	Cu-HNO ₃ -getal		pH-KCl	% humus	% afslibbaar	1e snede		2e snede		3e snede		gemiddeld	
	zon-der Cu	met Cu				zon-der Cu	met Cu	zon-der Cu	met Cu	zon-der Cu	met Cu		
	with-out Cu	with Cu	% organic matter	% particles 16 μ	with-out Cu	with Cu	with-out Cu	with Cu	with-out Cu	with Cu	with-out Cu	with Cu	
Cu-HNO ₃ -number				1st cut Cu mg/kg		2nd cut Cu mg/kg		3rd cut Cu mg/kg		average Cu mg/kg			
No.	Soil					Clover							
1	1,7	7,2	5,1	3,1	8,4	8,6	9,0	11,8	11,0	11,8	12,7	10,7	10,9
2	2,4	7,7	4,2	3,1	9,9	—	13,7	13,9	15,1	10,7	—	—	—
3	2,0	7,5	4,7	3,4	8,4	8,3	9,5	11,3	12,2	11,8	13,2	10,5	11,6
3a	2,2	7,9	4,4	2,7	10,0	10,8	19,3	39,3	—	14,4	17,3	21,5	—
4	3,7	8,8	4,8	2,8	6,1	9,0	9,1	11,3	12,3	11,3	13,2	10,5	11,5
4a	2,9	6,4	5,5	4,0	19,0	6,4	8,9	9,1	12,1	10,2	13,3	8,6	11,4
5	4,4	10,0	5,9	5,5	7,9	6,1	7,1	8,4	9,7	9,6	9,8	8,0	8,9
6	1,3	5,9	4,8	2,3	5,3	9,1	10,9	9,7	11,4	10,6	11,9	9,8	11,4
7	1,5	7,9	5,7	2,8	8,4	6,5	8,1	10,3	11,2	12,0	11,7	9,6	10,3
8	0,3	5,7	5,1	2,3	4,4	4,6	8,9	5,6	10,5	6,3	11,7	5,5	10,4
9	0,4	5,3	5,8	2,3	3,2	3,8	8,3	5,5	12,5	7,5	13,3	5,6	11,4
10	0,3	5,9	4,6	7,3	6,4	3,7	10,7	5,5	11,8	7,5	12,9	5,6	11,8
11	1,7	7,2	5,5	4,4	6,5	7,0	10,7	7,3	13,1	10,0	13,1	8,1	12,3
12	3,0	8,5	5,6	6,9	4,4	6,8	8,5	8,6	12,8	9,5	12,4	8,3	11,2
13	2,3	8,0	5,9	8,6	2,1	4,6	7,7	6,7	11,1	7,5	11,6	6,3	10,1
14	6,7	11,1	4,9	11,0	0,9	9,2	9,5	11,0	11,4	8,0	8,3	9,4	9,7
15	0,4	5,0	4,6	1,8	3,2	—	15,5	6,4	13,4	7,0	12,2	—	13,7
16	3,8	9,6	4,1	6,6	4,7	10,2	13,2	14,5	14,4	8,3	11,9	11,0	13,2
17	—	—	4,5	9,1	5,6	11,2	12,3	14,4	14,2	14,6	12,5	13,4	13,0
18	4,4	9,2	4,9	5,0	9,8	6,3	8,6	10,3	12,5	9,1	11,2	8,6	10,8
19	13,9	21,6	5,3	5,3	7,3	10,1	10,0	14,1	14,3	13,1	13,6	12,4	12,6
20	3,1	8,8	4,6	4,2	3,4	10,3	11,5	11,5	12,5	12,1	12,5	11,3	12,2
21	4,5	9,5	5,0	6,5	2,6	6,6	9,3	11,6	11,7	10,6	12,5	9,6	11,2
22	0,7	6,4	6,0	3,8	2,7	3,2	7,7	4,3	11,4	6,2	14,5	4,6	11,2
23	0,4	6,2	4,4	5,2	2,1	6,0	11,3	8,5	12,4	7,0	10,8	7,2	11,5
24	1,0	6,2	6,4	4,4	3,2	3,2	9,9	3,0	10,3	3,9	11,3	3,4	10,5
25	0,7	5,8	5,5	3,9	2,8	4,3	7,8	6,9	11,9	8,4	13,4	6,5	11,0
26	3,9	10,1	4,6	5,5	1,8	8,4	10,7	11,7	12,6	13,7	14,5	11,3	12,6
27	0,6	6,0	5,8	5,5	3,0	2,9	8,2	3,5	10,9	5,1	16,2	3,8	11,8
28	16,8	23,7	4,7	7,9	3,6	9,0	9,5	10,4	12,3	12,1	13,9	10,5	11,9
29	3,8	9,3	5,3	5,8	2,6	10,0	11,6	10,5	12,2	12,4	12,0	11,0	11,9
30	6,3	10,4	5,4	6,8	2,4	8,4	9,2	11,7	11,9	12,1	11,5	10,7	10,9
31	4,4	10,5	4,6	5,9	2,4	10,3	9,2	10,7	11,3	13,0	12,4	11,3	11,0
32	1,4	6,8	4,4	5,8	5,0	5,5	10,8	8,4	15,2	6,9	12,4	6,9	12,8

Fig. 13. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van rode klaver (eerste snede). De omcirkelde waarnemingen hebben betrekking op gronden met een opbrengst < 10 gram per pot.

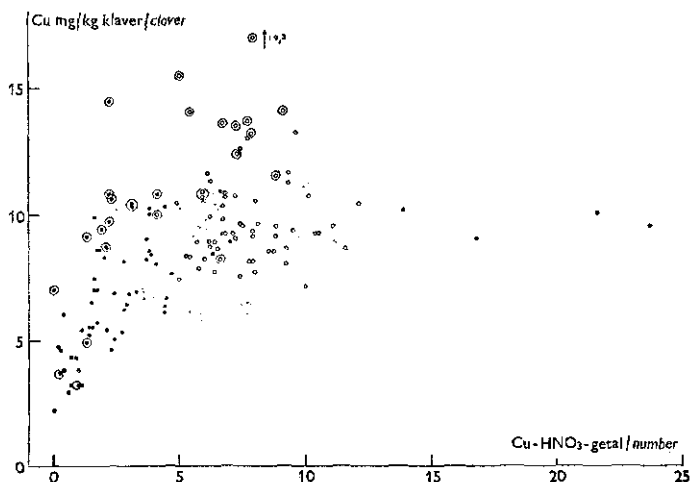


Fig. 13. Relationship between soil copper content and copper content of red clover (first cut). The encircled dots refer to soils producing < 10 g per pot.

Abb. 13. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Rotklee (erster Schnitt). Die umkreisten Punkte beziehen sich auf die Böden mit einem Ertrag < 10 Gramme pro Topf.

Fig. 14. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van rode klaver op gronden met een opbrengst < 10 gram per pot.

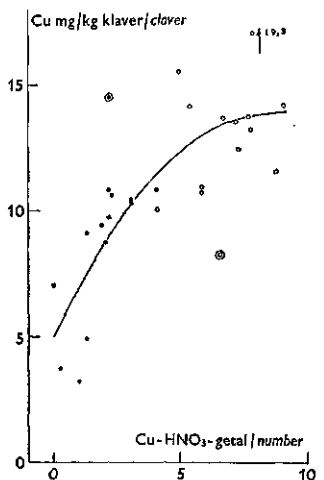


Fig. 14. Relationship between soil copper content and copper content of red clover on soils producing yields < 10 g per pot.

Abb. 14. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Rotklee auf Böden mit einem Ertrag < 10 Gramme pro Topf.

Fig. 15. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van rode klaver op gronden met opbrengsten > 10 en < 16 gram per pot.

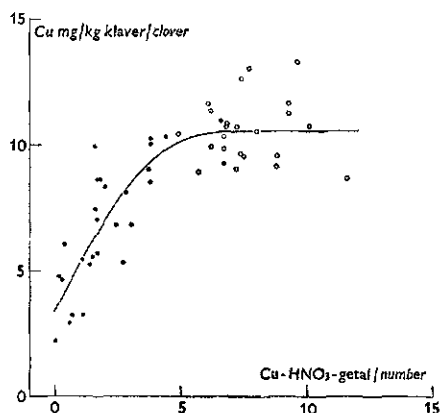


Fig. 15. Relationship between soil copper content and copper content of red clover on soils producing yields > 10 and < 16 g per pot.

Abb. 15. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Rotklee auf Böden mit einem Ertrag > 10 und < 16 Gramme pro Topf.

Fig. 16. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van rode klaver op gronden met een opbrengst > 16 gram per pot.

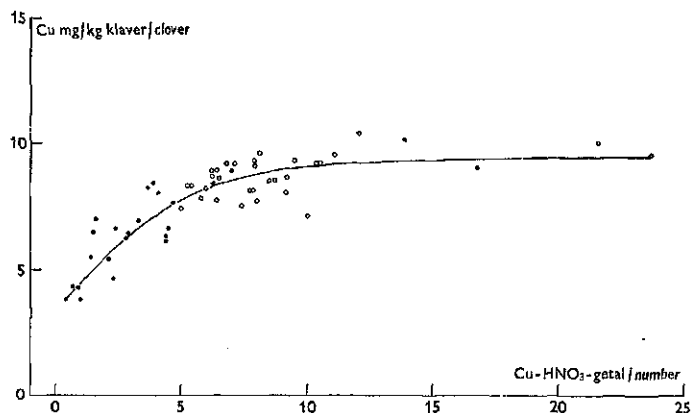


Fig. 16. Relationship between soil copper content and copper content of red clover on soils producing > 16 g per pot.

Abb. 16. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Rotklee auf Böden mit einem Ertrag > 16 Gramme pro Topf.

Fig. 17. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van rode klaver op gronden met verschillende opbrengsten.

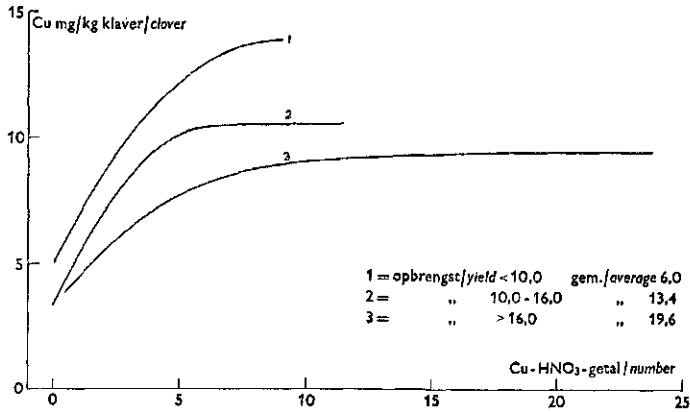


Fig. 17. Relationship between soil copper content and copper content of red clover on soils with different yields.

Abb. 17. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Rotklees auf Böden mit verschiedenen Erträgen.

Fig. 18. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van rode klaver op gronden met opbrengsten > 10 gram per pot.

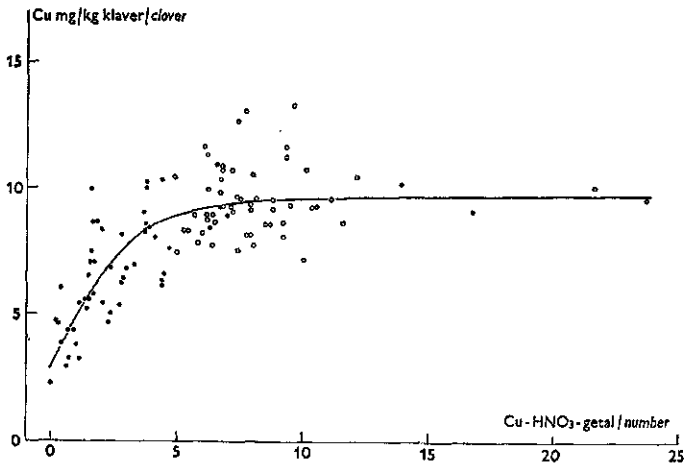


Fig. 18. Relationship between soil copper content and copper content of red clover on soils producing > 10 g per pot.

Abb. 18. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Rotklees auf Böden mit einem Ertrag > 10 Gramme pro Topf.

Gezamenlijke bewerking van drie sneden klaver. Voor klaver werd evenals voor gras de invloed van verschillende bodemfactoren bestudeerd op het gemiddelde kopergehalte van drie sneden.

Fig. 19 geeft het verband weer tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van klaver. De omcirkelde waarnemingen met een droge stofopbrengst < 10,0 g lagen in het algemeen op een wat hoger niveau.

Na afsplitsing van deze groep waarnemingen bleek een goed verband te bestaan tussen het kopergehalte van grond en klaver, er zijn echter enkele wat grotere afwijkingen die niet nader kunnen worden verklaard (fig. 20). Het maximale kopergehalte van klaver (11-12 mg per kg) werd bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van ongeveer 5 dpm. Een kopergehalte van 7 mg per kg werd gemiddeld reeds bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van 1,5.

Een invloed van betekenis van pH-KCl op de opneming van koper door rode klaver kon niet worden aangetoond. Aangezien pH-KCl en droge stofopbrengst (> 10,0 g) samenhangen, is voor drie groepen van waarnemingen met geringe verschillen in opbrengst de invloed van pH-KCl nagegaan. In geen van deze groepen kon een duidelijke invloed worden aangetoond. Hierbij moet worden opgemerkt dat de variatie van pH-KCl binnen elk van deze groepen niet groot was.

De invloed van het gehalte aan organische stof was gering en gaf slechts een lichte aanwijzing dat de opneming van koper beter was bij lager humusgehalte. Een invloed van het gehalte aan afslibbare delen werd niet gevonden.

Fig. 19. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van rode klaver (gemiddelde van drie sneden). De omcirkelde waarnemingen hebben betrekking op gronden met een opbrengst < 10 gram per pot.

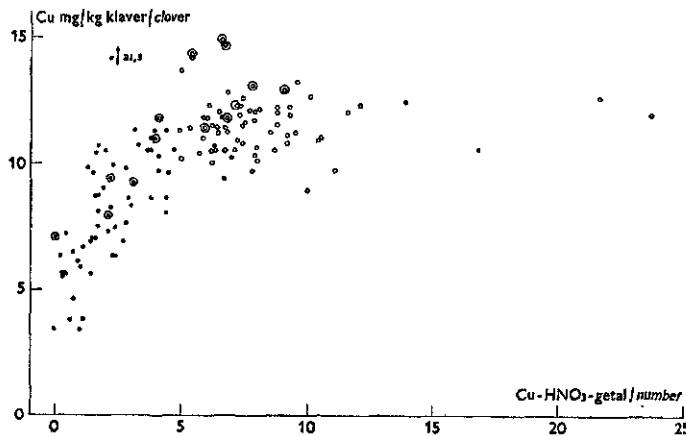


Fig. 19. Relationship between soil copper content and copper content of red clover (average content of three cuts). The encircled dots refer to soils producing < 10 g per pot.

Abb. 19. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Rotklee (Mittelwerte von drei Schnitten). Die umkreisten Punkte beziehen sich auf die Böden mit einen Ertrag < 10 Gramme pro Topf.

Fig. 20. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van rode klaver op gronden met een opbrengst > 10 gram per pot.

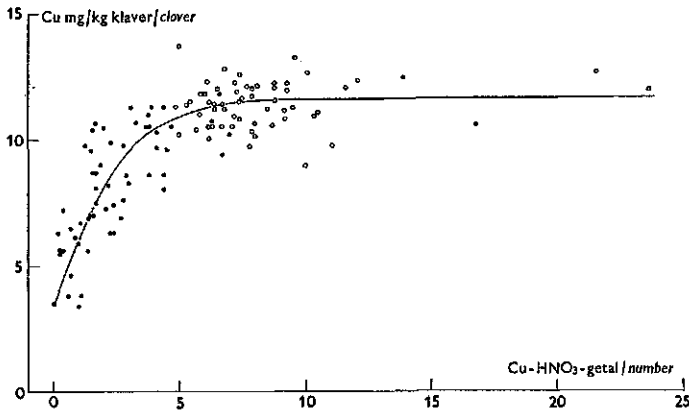


Fig. 20. Relationship between soil copper content and copper content of red clover on soils producing > 10 g per pot.

Abb. 20. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Rotklee auf Böden mit einem Ertrag > 10 Gramme pro Topf.

5.4 Invloed van het koper-salpeterzuurgetal op het kopergehalte van gras op blijvend grasland

Ruilverkaveling Nieuw-Leusen. De gegevens van dit onderzoek zijn vermeld in tabel 3.

Evenals bij de bewerking van de gegevens van de potproef werden de kopergehalten van het gras in dit onderzoek in verband gebracht met verschillende factoren. In totaal hadden wij de beschikking over 44 grond- en gewasmonsters die gelijktijdig werden genomen. De botanische samenstelling van de grasmonsters was niet bekend.

Uit het grondonderzoek bleek een ruime variatie in koper-salpeterzuurgetal (0,5-24), gehalte aan organische stof (4,5-16,5) en pH-KCl (3,9-6,0).

Er was een redelijke samenhang tussen het koper-salpeterzuurgetal en het kopergehalte van gras (fig. 21). Bij een koper-salpeterzuurgetal van ongeveer 5 werd het maximale kopergehalte van het gras bereikt. Toediening van koper bij kopergehalten in de grond > 5 dpm heeft dus weinig zin. Een kopergehalte in het gras van 7 mg per kg dat uit een oogpunt van goede veevoeding voldoende is, werd gemiddeld bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van ongeveer 3.

De samenhang tussen het kopergehalte van grond en gras is minder fraai dan in de potproef. De groeiomstandigheden in een potproef zijn echter veel gunstiger dan in het veld door goede verzorging, uitschakeling van standplaatsverschillen, gelijkmatige vochtvoorziening en intensieve menging van grond en meststoffen. Tevens

Tabel 3. Resultaten van grond- en gewasonderzoek in de ruilverkaveling Nieuw-Leusen.
 Tabelle 3. Ergebnisse der Boden- und Gewächsanalysen in der Bodenverkopplung Nieuw-Leusen.
 Table 3. Results of soil and crop analyses in the re-allotment Nieuw-Leusen.

Nr.	Grond				Gras	
	Cu-HNO ₃ -getal	pH-KCl	humus %	afslibbaar %	Cu mg/kg	ruw eiwit %
1	3,5	4,6	16,6	4	8,8	22,1
2	7,0	5,3	14,8	4	9,5	19,1
3	3,6	5,4	13,8	5	8,9	21,3
4	3,6	5,5	46,3	12	5,2	19,5
5	9,4	5,4	10,0	4	8,9	24,3
6	3,6	4,8	12,0	3	10,9	21,5
7	2,2	5,7	7,1	2	8,2	16,3
8	2,6	5,3	7,6	2	7,6	24,0
9	3,6	4,9	9,0	4	9,9	16,3
10	3,6	5,2	15,3	3	5,1	16,2
11	3,9	5,1	11,2	1	8,1	19,6
12	2,1	4,6	12,4	4	6,7	18,1
13	2,6	5,7	7,6	1	4,9	19,7
14	3,8	3,9	14,0	5	8,6	21,8
15	2,1	5,4	9,8	2	6,7	25,6
16	3,0	4,1	14,1	2	4,2	16,0
17	1,9	4,5	6,7	3	8,6	21,9
18	0,8	5,5	5,7	2	4,2	20,9
19	3,4	5,0	8,2	2	8,1	20,5
20	4,3	5,2	9,4	3	8,5	16,2
21	5,0	5,6	15,8	4	6,4	17,2
22	2,6	5,4	10,7	5	5,3	22,9
23	3,0	5,4	13,9	4	5,8	20,5
24	4,6	4,6	9,9	3	8,9	17,5
25	2,0	4,9	7,2	2	4,4	13,3
26	20,7	5,0	14,4	5	10,7	16,1
27	2,8	5,6	14,0	6	4,5	16,2
28	23,9	5,1	8,9	2	8,2	16,6
29	1,2	5,0	9,8	3	6,1	20,7
30	0,5	4,2	8,7	3	4,4	20,1
31	6,0	5,4	14,0	4	9,9	24,3
32	4,2	5,2	9,2	2	9,1	17,8
33	15,2	5,8	13,9	5	10,0	18,0
34	4,5	5,3	14,0	5	7,2	16,2
35	15,8	5,7	12,0	6	6,7	15,1
36	13,7	5,7	6,2	3	8,3	12,3
37	1,4	5,6	4,6	3	6,6	17,2
38	4,0	5,2	27,1	19	6,8	21,3
39	4,3	5,6	9,1	4	7,6	16,5
40	2,0	4,7	9,0	6	6,4	20,9
41	2,6	6,0	13,5	4	7,5	22,6
42	18,1	5,9	11,1	5	7,9	16,0
43	3,8	6,0	10,3	4	8,3	16,7
44	3,3	6,0	8,8	4	6,5	19,2

No.	Cu-HNO ₃ -number	pH-KCl	% organic matter	% particles < 16 μ	Cu mg/kg	% coarse protein
	Soil				Grass	

Tabel 4. Resultaten van grond- en gewasonderzoek in de 'Friese Wouden'.

Tabelle 4. Ergebnisse der Boden- und Gewächsanalysen in den 'Friese Wouden'.

Table 4. Results of soil and crop analyses in the 'Friese Wouden'.

Nr.	Grond			Gras		Nr.	Grond			Gras	
	Cu- HNO ₃ - getal	pH- KCl	% humus	Cu mg/kg	N %		Cu- HNO ₃ - getal	pH- KCl	% humus	Cu mg/kg	N %
1	3,9	5,3	8,2	10,9	3,58	39	2,8	4,8	9,5	8,6	2,80
2	5,3	5,4	13,5	9,4	2,27	40	2,3	5,2	9,8	8,3	4,38
3	8,5	4,7	9,2	9,7	2,61	41	2,1	5,7	8,6	7,8	2,66
4	16,3	5,5	10,8	13,1	2,91	42	2,9	5,5	6,8	9,4	2,96
5	11,8	5,6	19,5	10,3	2,66	43	5,6	5,6	10,8	11,9	3,66
6	6,8	5,7	10,6	7,2	2,18	44	7,9	5,5	10,8	11,2	3,97
7	2,3	5,0	6,6	10,0	3,71	45	6,2	5,1	10,9	11,0	2,91
8	2,9	5,3	6,9	11,2	2,88	46	8,8	5,2	11,3	24,6	3,76
9	8,1	5,9	12,8	7,8	2,62	47	3,5	4,5	11,9	9,3	3,26
10	12,0	5,7	13,1	9,6	2,62	48	9,0	5,3	15,4	15,2	2,67
11	2,9	5,4	10,7	7,3	2,77	49	4,5	4,4	8,4	14,0	4,30
12	4,6	5,5	8,3	8,1	2,08	50	3,5	4,8	11,3	10,4	3,10
13	3,3	5,0	10,0	8,2	2,91	51	4,5	5,1	15,7	10,6	2,74
14	3,7	5,5	12,0	7,0	3,54	52	4,4	4,7	13,7	14,7	4,29
15	2,1	5,0	11,2	8,1	2,85	53	5,8	5,0	8,8	12,3	3,23
16	2,5	4,2	11,1	9,4	3,30	54	4,1	5,6	11,8	11,1	2,72
17	3,1	4,6	6,9	6,2	2,43	55	5,7	5,6	12,2	12,3	3,23
18	1,8	5,1	7,4	7,8	3,33	56	2,9	4,9	12,9	11,9	2,75
19	1,6	5,1	11,1	6,5	3,10	57	4,3	4,5	8,7	12,3	3,28
20	1,2	4,5	8,9	6,9	3,62	58	4,9	5,6	7,5	12,9	3,87
21	2,2	5,6	7,5	6,9	3,22	59	5,0	4,3	10,4	11,4	2,82
22	1,7	4,1	10,6	11,1	3,20	60	6,0	5,3	17,0	10,3	2,27
23	1,1	5,7	7,0	8,5	3,49	61	3,1	4,7	10,1	11,9	2,93
24	1,6	5,4	6,3	5,8	2,43	62	3,7	4,7	9,3	12,5	3,97
25	4,7	5,2	7,5	8,7	2,82	63	2,7	4,9	12,5	13,5	4,56
26	6,5	5,4	11,3	10,4	4,43	64	7,6	5,2	10,8	12,8	3,36
27	6,4	6,1	10,5	10,7	2,82	65	6,7	5,1	12,8	10,3	2,88
28	4,8	5,7	11,0	10,5	4,32	66	3,3	4,8	22,0	8,0	2,74
29	3,4	5,5	10,3	8,6	2,50	67	1,9	4,7	13,8	8,8	4,43
30	6,8	5,1	11,6	9,6	2,50	68	1,8	5,4	13,5	7,0	2,94
31	4,2	4,9	13,7	8,6	3,09	69	3,0	4,6	9,2	8,9	3,44
32	6,8	5,7	13,4	12,4	4,95	70	3,0	4,9	9,2	10,1	3,14
33	7,7	5,6	20,3	9,5	3,47	71	2,4	4,2	9,1	8,3	2,62
34	16,8	6,3	15,3	10,5	3,99	72	4,2	5,0	9,6	10,1	2,80
35	19,1	6,1	21,1	9,0	3,19	73	2,7	4,8	9,4	11,6	3,18
36	8,4	5,5	13,9	10,2	3,25	74	3,5	4,9	11,8	8,2	3,39
37	3,5	5,7	9,8	10,3	3,98	75	3,5	5,4	10,5	8,0	2,58
38	3,1	5,4	9,6	8,6	4,26	76	3,3	5,5	11,0	8,5	3,76

No.	Cu- HNO ₃ - number	pH- KCl	% org. matter	Cu mg/kg	% N	No.	Cu- HNO ₃ - number	pH- KCl	% org. matter	Cu mg/kg	% N
	Soil			Grass			Soil			Grass	

kan ook een vermoedelijk wel aanwezige invloed van de botanische samenstelling in dit onderzoek niet worden uitgesloten. In dit onderzoek werd nl. het grasbestand bemonsterd. Van het gehalte aan organische stof, de pH-KCl en het stikstofgehalte van het gras kon geen invloed worden aangetoond.

Er werd geen invloed van het humusgehalte gevonden. Dit is echter niet in strijd met de resultaten met raaigras in de potproef, daar er slechts één waarneming is verricht met een humusgehalte $< 5,0\%$.

Friese Wouden. Van dit bodemvruchtbaarheidsonderzoek hadden wij de beschikking over 76 grond- en grasmonsters, waarin werd nagegaan, welke invloed een aantal factoren op het kopergehalte van gras had (tabel 4).

Het koper-salpeterzuurgetal varieerde in dit onderzoek van 1 tot 19, pH-KCl van 4,1 tot 5,7 en het gehalte aan organische stof van 6 tot 22 %.

De samenhang tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van gras is slecht (fig. 22).

Het stikstofgehalte in het gras varieerde sterk (2 tot 5 %) wat voor een deel voor de ruime spreiding om de gemiddelde kromme verantwoordelijk is (fig. 23). Na correctie op verschillen in stikstofgehalte is het verband tussen het kopergehalte van grond en gras beter, hoewel de spreiding nog vrij groot is (fig. 24). Een geringe invloed werd gevonden van de pH-KCl. Naarmate pH-KCl hoger was daalde het kopergehalte van het gras. De samenhang tussen het kopergehalte van grond en gras na correctie op verschillen in stikstofgehalte en pH-KCl is vrij bevredigend (fig. 25). Opvallend is dat de kopergehalten in het gras op een hoger niveau liggen dan in de andere onderzoeken, wat het gevolg kan zijn van een andere botanische samenstelling van de monsters. Een kopergehalte van 7 mg per kg werd gemiddeld reeds bereikt bij een koper-salpeterzuurgetal van 1,5. Het maximale kopergehalte in het gras (11 mg per kg) werd bereikt bij een kopergehalte in de grond van ongeveer 5.

Een invloed van het gehalte aan organische stof werd niet aangetoond. Dit is niet verwonderlijk, aangezien humusgehalten $< 5\%$, evenals bij het onderzoek in Nieuw-Leusen, in het materiaal niet voorkomen.

Fig. 21. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van het gras (Nieuw-Leusen).

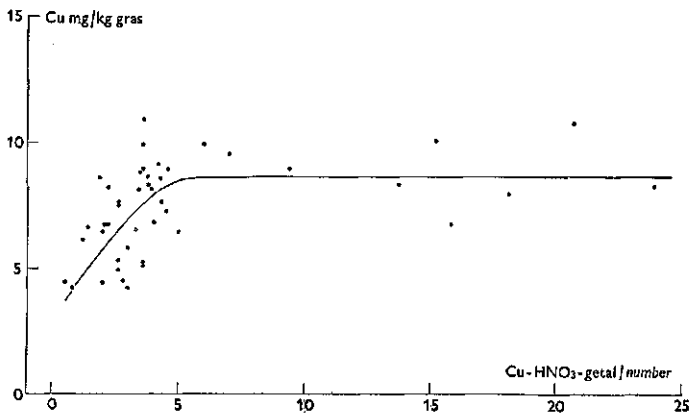


Fig. 21. Relationship between soil copper content and copper content of grass (Nieuw-Leusen).
Abb. 21. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Grases (Nieuw-Leusen).

Fig. 22. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van het gras (Friese Wouden).

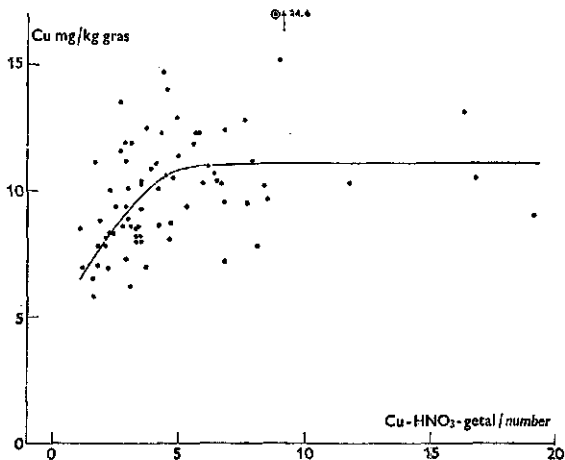


Fig. 22. Relationship between soil copper content and copper content of grass (Friese Wouden).
Abb. 22. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Grases (Friese Wouden).

Fig. 23. Verband tussen stikstofgehalte en kopergehalte van het gras (vertikale afwijkingen van de stippen in fig. 22 tot de gemiddelde kromme zijn uitgezet tegen het stikstofgehalte).

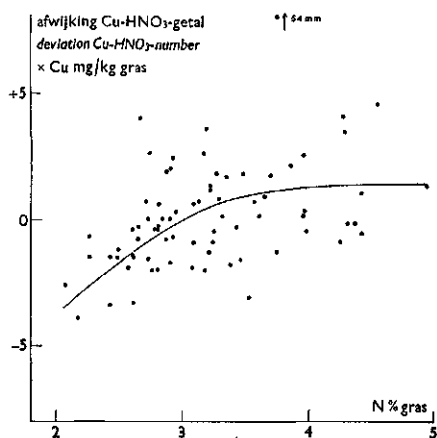


Fig. 23. Relationship between nitrogen and copper content of grass (vertical deviations of the dots from the average curve in fig. 22 have been plotted against the nitrogen content).
 Abb. 23. Zusammenhang zwischen Stickstoff und Kupfergehalt des Grases (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 22 sind ausgesetzt worden gegen den Stickstoffgehalt).

Fig. 24. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van het gras na correctie op gelijk stikstofgehalte (3 %).

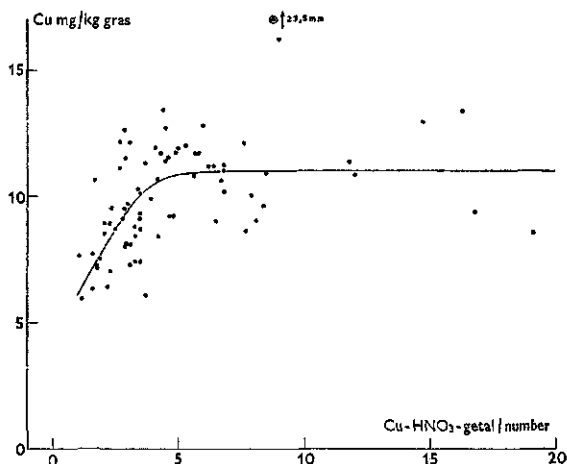


Fig. 24. Relationship between soil copper content and copper content of grass after correction to equal nitrogen content (3 %).
 Abb. 24. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Grases nach Korrektion auf gleichem Gehalt an Stickstoff (3 %).

Fig. 25. Verband tussen koper-salpeterzuurgetal en kopergehalte van het gras na correctie op gelijk stikstofgehalte (3 %) en pH-KCl (5,0).

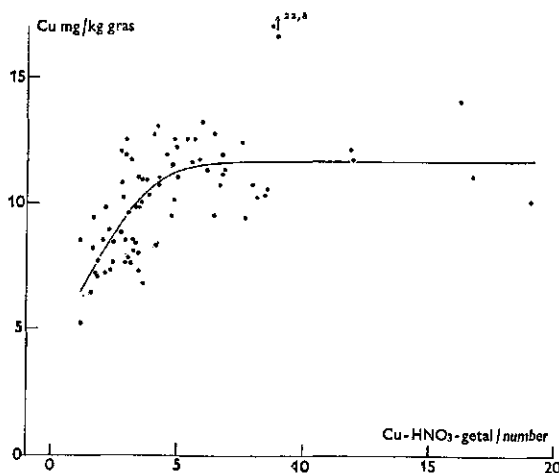


Fig. 25. Relationship between soil copper content and copper content of grass after correction to equal nitrogen content (3 %) and pH-KCl (5.0).

Abb. 25. Zusammenhang zwischen der Kupfersalpetersäurezahl und dem Kupfergehalt des Grasses nach Korrektion auf gleichem Gehalt an Stickstoff (3 %) und pH-Wert (5,0).

Samenvatting en discussie

In een potproef met 70 verschillende humus-zandgronden werd de samenhang tussen het kopergehalte van de grond (Cu-HNO₃-getal) en het kopergehalte van engels raaigras onderzocht. Voor het verkrijgen van hogere kopergehalten werd een jaar vóór de proef van elke grond een aantal potten bemest, overeenkomend met een bemesting van 50 kg kopersulfaat per ha. Met dezelfde gronden werd ook het verband tussen het kopergehalte van de grond en het kopergehalte van rode klaver nagegaan.

Dit geschiedde eveneens bij monsters van blijvend grasland.

De resultaten van de potproef en van de praktijkpercelen stemmen in grote lijnen overeen. Zowel uit de potproef als uit de praktijkpercelen blijkt dat het maximale kopergehalte in het gras bereikt wordt bij een koper-salpeterzuurgetal van ongeveer 5. Hetzelfde is het geval bij rode klaver. Dit betekent dus dat het weinig zin heeft bij een koper-salpeterzuurgetal hoger dan 5 met koper te bemesten. Rode klaver heeft een hoger kopergehalte dan gras. De spreiding van de uitkomsten is bij blijvend grasland echter veel groter dan in de potproef met raaigras werd gevonden. Dit is vermoedelijk o.a. een gevolg van het feit dat het grasbestand uit verschillende soorten in wisselende combinatie bestaat.

In de potproef werd een kleine invloed gevonden van pH-KCl en het gehalte aan organische stof op het kopergehalte van gras. De opneming van koper was het best tussen pH-KCl 4,2 en 5,7. Het maximale kopergehalte werd ongeveer bereikt bij pH-KCl 4,5 à 5,0. Het gehalte aan organische stof heeft geen grote invloed op het kopergehalte van gras. Op gronden met een gehalte aan organische stof beneden 5 % is het kopergehalte echter duidelijk lager, naarmate het organische-stofgehalte hoger is.

Een invloed van pH-KCl en van het gehalte aan organische stof werd op blijvend grasland niet gevonden. Dit is echter niet in tegenstelling tot de resultaten van de potproef. De pH-KCl varieerde in het gebruikte materiaal slechts weinig, terwijl het humusgehalte op blijvend grasland meestal hoger is dan 4 à 5 %, beneden welke waarde immers bij de potproef pas een invloed van het gehalte aan organische stof werd gevonden.

Bij rode klaver kon geen duidelijke invloed worden vastgesteld van het gehalte aan organische stof en van pH-KCl. Een aantal gronden met lage pH-KCl is hierbij echter niet in beschouwing genomen, aangezien bij een dergelijke pH de klaver een te slechte groei vertoonde.

De resultaten van de potproef geven het vertrouwen dat het koper-salpeterzuurgetal een goede maat is voor de opneembaarheid van koper door gras en klaver. Hoewel onder veldomstandigheden de samenhang tussen beide factoren door verschillende oorzaken meer gestoord blijkt te zijn, is het kopergetal van de grond toch een bruikbare maatstaf voor de kopervoorziening van grasland.

Summary and discussions

The relationship between the copper content of soil (extracted with diluted HNO_3) and of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) was studied in a pot experiment with 70 different humic sandy soils. One year before the experiment was started, an amount of copper sulphate corresponding to 50 kg per ha was applied to a number of pots of each soil type. Similar investigations were performed with red clover (*Trifolium pratense* L.) and with mixed permanent pasture.

The results of the pot and the field experiments (permanent pasture) were rather similar. There was no further increase in copper content of perennial rye grass, red clover and herbage after a soil copper level of 5 p.p.m. was reached.

Application of copper fertilizers to pasture soils containing 5 p.p.m. of HNO_3 -extractable copper or more, is therefore of little use. Red clover appeared to have a higher copper content than perennial ryegrass.

The deviation from the average curve showing the relationship between the copper content of the soil and that of the crop was much larger for herbage than for perennial ryegrass. Probably this is partly caused by the botanical composition of the former. In the pot experiment there was some effect of pH-KCl and soil organic matter on copper content of ryegrass. Copper uptake was largest at pH

values between 4.2 and 5.7. The maximum copper content was nearly attained at pH-KCl 4.5 to 5.0. An increase in organic matter up to 4 % was accompanied by a decrease in copper content. No such influence was observed on permanent pasture as the pH range was narrow and the organic matter content normally higher than 4 %.

Organic matter content and pH-KCl had no clear effect on the copper content of red clover. It should be mentioned, however, that a number of low pH soils has not been taken into account because of the bad growth of the clover at these pH values.

The results of the pot experiment indicate that the nitric acid-extractable copper content of the soil is a good measure for the availability of this element to grass and clover. Although the relationship between both factors is more complicated under field conditions, the copper content of the soil is yet a good measure for the availability of copper on pasture-land.

Zusammenfassung und Diskussion

In einem Gefässversuch mit 70 verschiedenen Humussandböden wurde der Zusammenhang zwischen dem Kupfergehalt des Bodens (Extraktion mit verdünnter Salpetersäure) und dem Kupfergehalt des Weidelgrases (*Lolium perenne* L.) festgestellt. Zur Erhaltung von höheren Kupfergehalten wurde ein Jahr vor dem Beginn des Versuches ein Teil der Gefässe mit 50 kg Kupfersulfat pro Hektar gedüngt. Auf denselben Böden wurde auch das Verhältnis zwischen dem Kupfergehalt des Bodens und dem Kupfergehalt im Rotklee geprüft. Weiterhin wurde das Verhältnis zwischen dem Kupfergehalt des Grases und des Bodens auf Dauergrünland festgestellt.

Die Ergebnisse des Gefässversuches und der in der Praxis geprüften Felder sind im grossen und ganzen eindeutig. Aus dem Gefässversuch und aus dem praktischen Versuch ergibt sich, dass der Höchstwert des Kupfergehaltes des Grases bei einer Kupfersalpetersäurezahl von etwa 5 erreicht wird.

Für Rotklee liegen ähnliche Erfahrungen vor. Hieraus ergibt sich, dass es nicht zweckmässig ist bei einer Cu-Zahl, die höher ist als 5, mit Kupfer zu düngen. Rotklee enthält mehr Kupfer als Gras. Die Entfernung der einzelnen Punkte um die Kurve herum ist bei Dauergras erheblich grösser, als bei Weidelgras. Die botanische Zusammensetzung der Probe hat dieses Ergebnis vermutlich beeinflusst. Im Gefässversuch wurde festgestellt, dass das pH-KCl und die organische Substanz den Kupfergehalt des Grases einigermassen beeinflussen. Die Kupferentnahme war am günstigsten im pH Bereich von 4.2 bis 5.7. Der Höchstkupfergehalt wird bei einem pH-KCl Wert von etwa 4.5-5.0 erreicht. Der Kupfergehalt des Grases verringert sich, falls der Gehalt der organischen Substanz bis 4-5 % ansteigt. Höhere Gehalte an organischer Substanz haben keinen weiteren Einfluss. Bei den Dauergrasversuchen wurde kein Einfluss von pH und organischem Stoffgehalt gefunden.

Das Letztere steht nicht im Gegensatz zu den Ergebnissen des Gefäßversuches, weil die pH-Unterschiede gering waren und der Gehalt an organischem Stoff in Böden mit Dauergras meistens 4 % überschreitet. Bei Rotklee konnte kein deutlicher Einfluss des Gehaltes an organischer Substanz und des pH-KCl festgestellt werden. Einige Böden mit niedrigem pH-KCl Werten sind hierbei nicht in Betracht gezogen, weil bei einem derartigen pH der Klee ein schlechtes Wachstum zeigte. Die Resultate des Gefäßversuches deuten darauf hin, dass die Kupfersalpetersäurezahl die Aufnahme von Kupfer durch Gras und Rotklee gut anzeigt. Obwohl unter Feldbedingungen der Zusammenhang zwischen beiden Faktoren aus verschiedenen Gründen weniger gut ist, ist dennoch die Kupferzahl ein guter Masstab für die Kupferversorgung des Grases.

Literatuur

- ANKE, M. 1961 Der Spurenelementgehalt von Grünland- und Ackerpflanzen verschiedener Böden in Thüringen. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 112, 113-140.
- BEESON, V. C., LOUIS GRAY and MARY B. ADAMS 1947 The absorption of mineral elements by forage plants I. The phosphorus, cobalt, manganese and copper content of some common grasses. *J. Amer. Soc. Agron.* 39, 356-362.
- BORCHMANN, W. 1962 Der Mikronährstoffgehalt im Wiesenheu und seine Beeinflussung durch äussere Faktoren. Tagungsbericht Nr. 56 'Über die Mikronährstoffversorgung der Böden', 127-145.
- BORCHMANN, W. 1965 Untersuchungen über den Gehalt von Wiesenheu an Spurenelementen. *Phosphorsäure* 25, 145-150.
- COMMISSIE ONDERZOEK MINERALE VOEDING 1963 Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk, 32 blz.
- HENKENS, CH. H. 1961 Koperbepalingen op bouwland. Versl. Landb. Onderz. 67.10, 28 blz.
- HEMINGWAY, R. G. 1962 Copper, molybdenum, manganese and iron contents of herbage as influenced by fertilizer treatments over a three-year period. *J. British Grassl. Soc.* 17, 182-187.
- HEY, E. und O. KNABE 1963 Zur Düngung von Niedermoorböden mit Mikronährstoffen. *Z. Landeskultur* 4, 277-293.
- HUPKENS VAN DER ELST, F. C. C. 1962 Agricultural development of peat soils in the Waikoto district, New Zealand. Trans. Meeting Com. IV and V Intern. Soc. Soil Sci. N. Zealand, 656-661.
- LUNDBLAD, K., O. SVANBERG and P. EKMAN 1949 The availability and the fixation of copper in Swedish soil. *Plant and Soil* 1, 277-302.
- REITH, J. W. S. and R. L. MITCHELL 1964 The effect of soil treatment on trace element uptake by plants. *Plant Analysis and Fertilizer Problems* 4, 241-254.
- SEIFFERT, H. H. VON und J. WEHRMANN 1957 Düngungsversuche zur Kupfer- und Kobaltaufnahme der Futterpflanzen auf einer Podsol- und einer Braunerde-weide in Schleswig-Holstein. *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 79, 142-154.
- WEHRMANN, J. 1955 Kupfer und Kobalt in Pflanzen und Böden Schleswig-Holsteinischer Weidegebiete. *Plant and Soil* 6, 61-83.