

6

→ bibl

Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk

A
2
G
55

giv49/mvm

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Koper, een element dat sterk complexvormend is met vaste of opgeloste humus

Berend van Goor
(Gestationeerd door het IB in Haren)

November, 1989

Intern verslag nr. 49

2217383

A
2
G
55

Inleiding

Koper is een element dat in vrij lage concentraties voor de plantegroei nodig is. Het speelt in deze geringe concentraties een rol bij de werking van een aantal enzymen in de cel, die reacties en processen regelen waaronder de fotosynthese. Typisch is dat koper zo gemakkelijk complexen vormt met organische verbindingen. Met name gebeurt dat met verbindingen die groepen bevatten die electronen kunnen leveren zoals zuurstof en stikstof-atomen in bepaalde bindingsvormen. Daarnaast kan Cu^{2+} gemakkelijk gereduceerd worden tot Cu^{1+} , wat de rol van Cu in redoxreacties verklaart. Dit alles bepaalt sterk het gedrag van het element in het systeem grond-water-plant. In de grond zal koper gebonden aan bepaalde humusachtige stoffen getransporteerd worden. Ook verklaart het de bovengenoemde werking in enzymen. Verwacht mag worden, dat het ook in de plant organisch-gebonden vervoerd wordt. Een zekere mobiliteit in de zeefvaten is waarschijnlijk. Wat betreft mobiliteit intern in de plant is het matig mobiel. De symptomen van kopergebrek zijn niet zo typisch als dat bijvoorbeeld bij calcium en borium het geval is. Er is een redelijk sterk verband gevonden tussen kopergift en de gehalten aan koper in de grond.

Koper in de grond

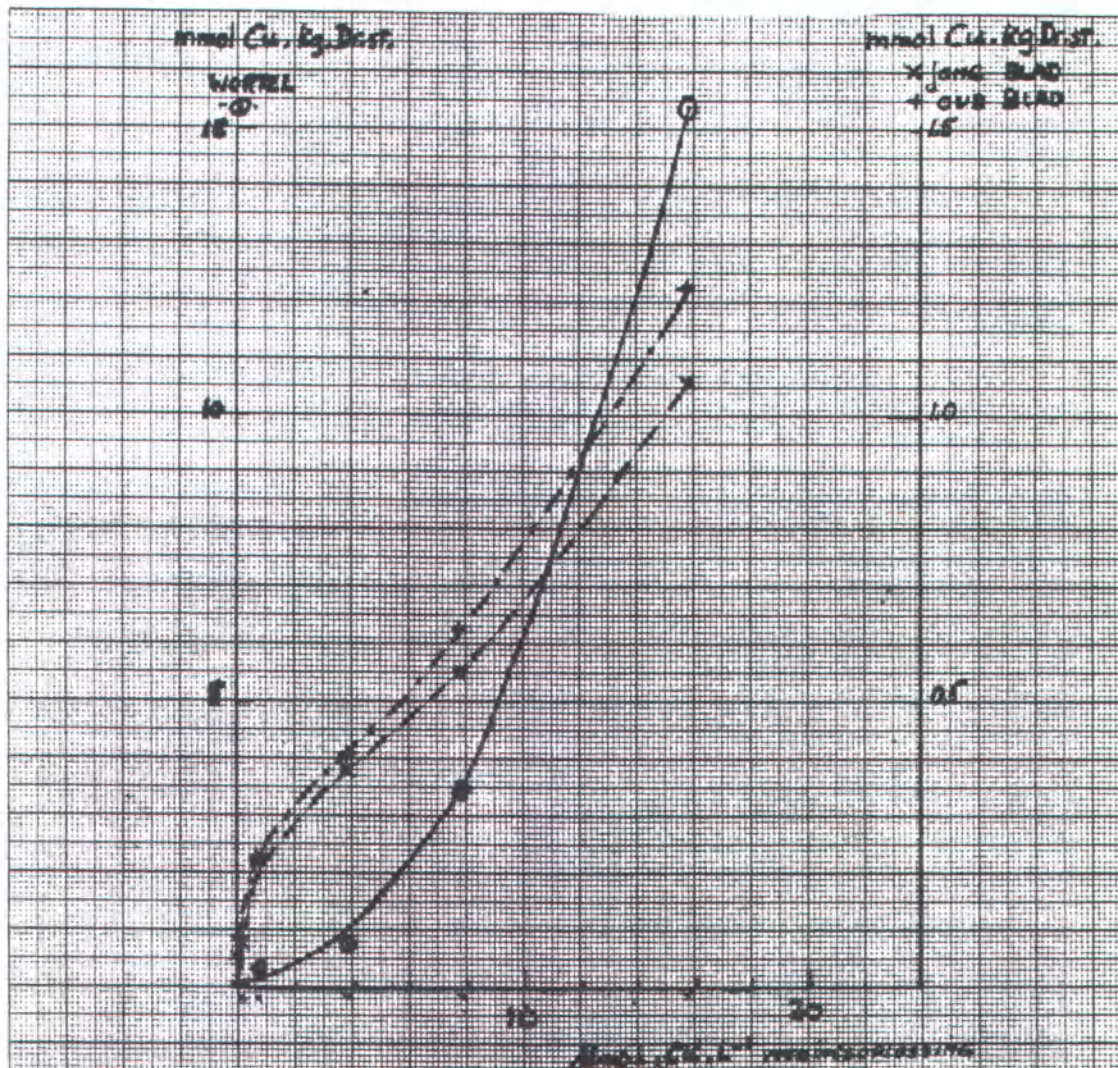
Koper wordt sterk gebonden aan het rooster van het minerale deel van de grond. Daarnaast is koper ook veel aanwezig gecomplexeed aan negatieve groepen van de humus (Marschner, 1986). In de bodemoplossing is 90% van het koper gebonden, de concentraties zijn daar 10^{-2} - $0,6 \mu\text{M}$. Bij onderzoek van de vorm van koper in de bodemoplossing kan voltammetrie veel informatie geven (Cleven, del Castilho en Wolfs, 1988).

Opname van koper uit de oplossing rond de wortels

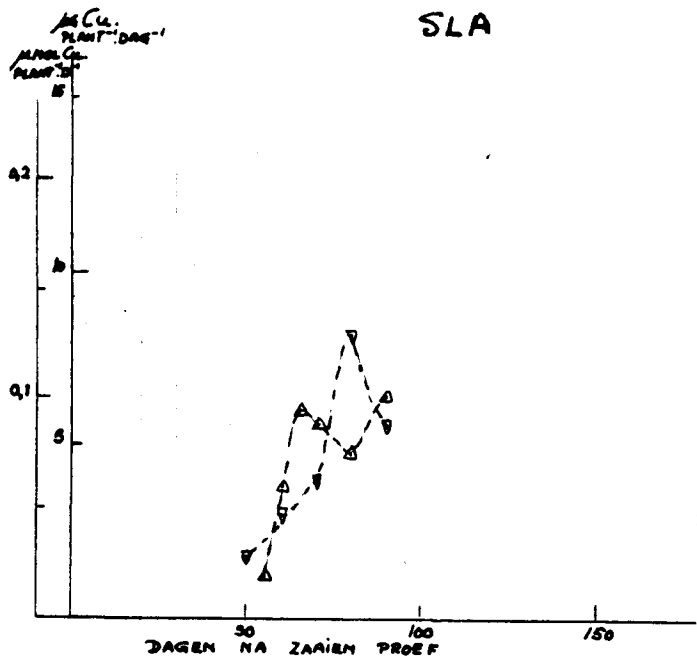
Er is nog onzekerheid over de vraag of koper als Cu^{2+} of als koperchelaat wordt opgenomen (Marschner, 1986). In ieder geval is de opname in een Cu^{2+} -oplossing hoger dan als de equimolaire oplossing aan koper met EDTA of DTPA aanwezig is. In xyleemsap is koper echter voor 99% in de gecheleerde vorm aanwezig.

Koper wordt in de zonnebloem volgens een niet-lineaire curve opgenomen, zoals uit figuur 1 blijkt. Het wordt slecht getransporteerd naar de bovengrondse delen in deze proeven van Bergmann (1973) en bij relatief lage concentraties beter dan bij hoge.

Het verloop van de opnamesnelheid in de tijd blijkt uit figuur 2 voor verschillende gewassen. In de meeste gevallen betreft het bovengronds gewas, wat door mogelijk hoge gehalten in de wortels hier wel kan uitmaken. Alleen voor de curve voor paprika is dit niet het geval. De snelheid van opname kan gedurende de teeltduur sterk variëren. Zo is dit voor de gegevens van Tapia bij paprika voor de vruchtzetting $0,005$ - $0,02 \mu\text{mol/plant.dag}$ en nadat de vruchtzetting is begonnen loopt dit op tot $0,06 \mu\text{mol/plant.dag}$. Voor tomaat (scheut) liggen de snelheden in de orde van 1 - $5 \mu\text{mol/plant.dag}$ en voor sla $0,03$ - $0,1 \mu\text{mol/plant.dag}$. Plantfactoren zoals vruchtvormig (bij tomaat 90-150 dagen na het zaaien) en kropvorming bij sla kunnen dit beïnvloeden. Verder kunnen omgevingsfactoren als licht ook een sterke invloed hebben.

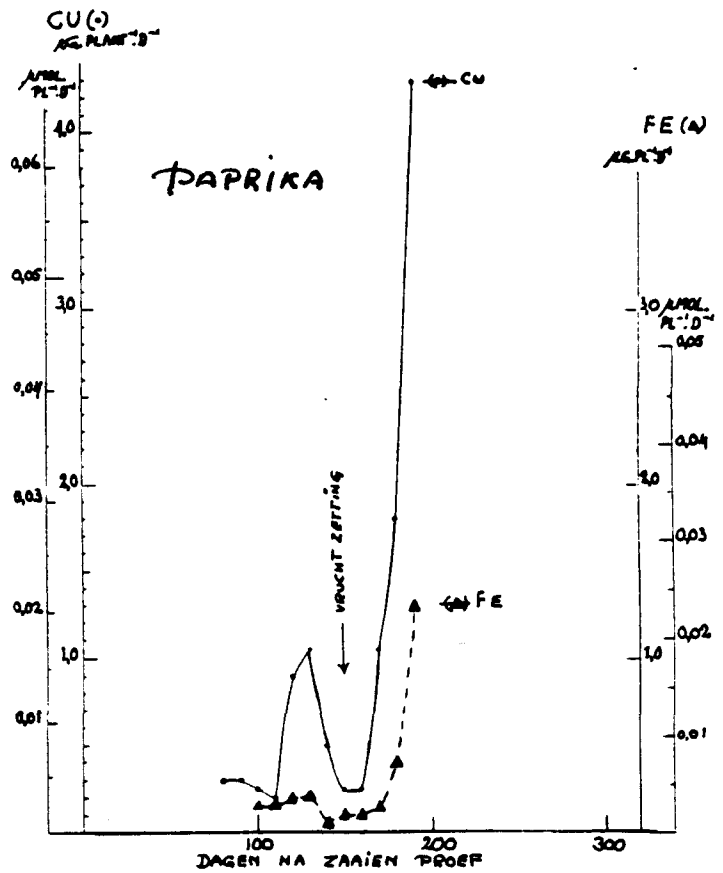


Figuur 1: Het verband tussen het Cu-gehalte in voedingsoplossing en in onderdelen van de plant bij zonnebloem (Bergmann, 1973).



GROND:

- △-- GARCIA ET AL (1982)
RAS BRASIL B48*
- ▽--
RAS CLAUDE'S AURÉLIA*

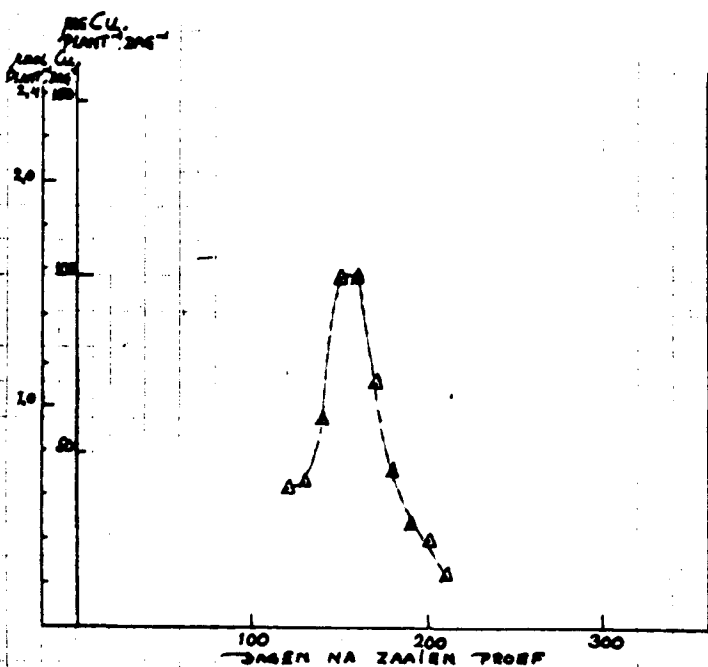


WATERCULTUUR:

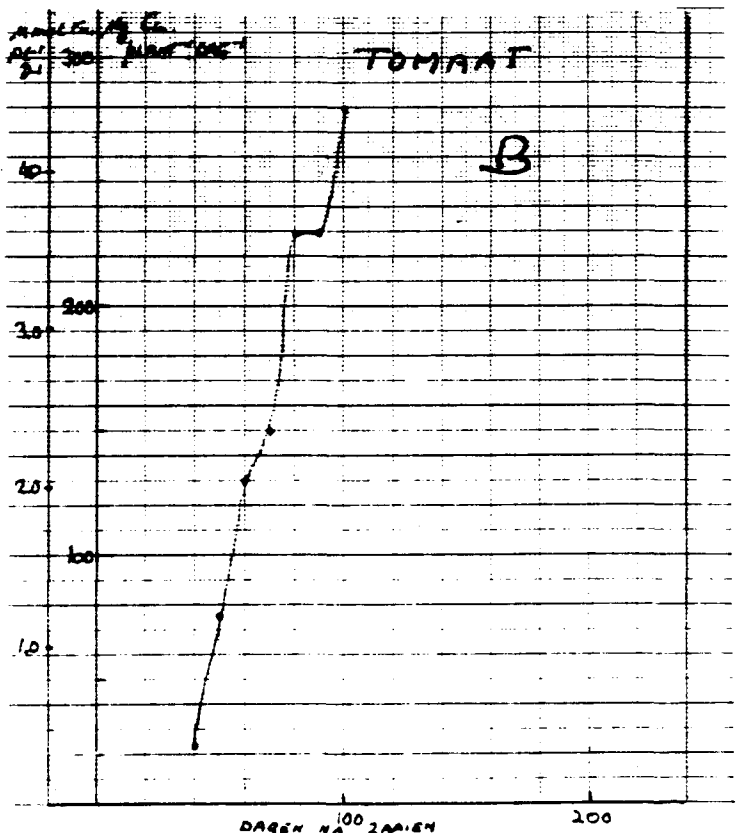
- TAPIA ET AL (1984) OP KWARTS-ZAND. RAS "YOLO WONDER"

TOMAAT

A



GROND: ... VIT LEWIS ET AL (1984) 14-157-2-0-37 RAS BILLY HILL, IND.



GROND - UIT NAAB ET AL (1978)*

Figuur 2: Opnamesnelheid voor koper in verschillende gewassen
* = zonder wortels

Transport en verdeling van koper in de plant

Het opgenomen koper kan na transport met de transpiratiestroom via de houtvaten verder verdeeld worden in de plant. Het koper is in het xylemsap sterk gecomplexeerd onder andere aan stikstofverbindingen (Marschner, 1986). Over de behoefte van verschillende weefsels aan koper is nog weinig bekend al speelt koper onder andere een rol in de groene planteweefsels zoals hierna beschreven zal worden. Gezien de neiging van koper om complexen met een groot aantal organische stoffen (electronendonoren) te vormen, mag verwacht worden dat de redistributie in de zeefvaten vrij gemakkelijk plaats heeft. Relatief lage gehalten in de vruchten, zoals bij calcium en mangaan, behoeven dan ook niet verwacht te worden. De hoge gehalten, die soms in de wortels beschreven worden, kunnen verklaard worden uit directe accumulatie in de wortels, maar ook op terugtransport via de zeefvaten. De symptomen van gebrek aan koper in de plant zijn onder andere beschreven door Roorda van Eysinga en Smilde. Deze wijzen in de richting van een redelijk mobiel element. Zo wordt voor komkommer gesteld dat "chlorose optreedt van het oudste blad in de richting van het jongste blad. Wel blijven de jongste bladeren klein". Voor chrysant wordt gesteld dat "chlorose vooral in de middelste bladeren optreedt en verder bruinverkleuring van de wortels". Bij sla begint de chlorose weliswaar vanaf bladtoppen en bladranden, maar het verschijnsel treedt wel het eerst op in het oudste blad. Voor tomaat worden verschijnselen (o.a. omkrullen van bladeren) in middelste en jongste bladeren beschreven. Slotsom is dat de verschijnselen in de gehele plant optreden en dat koper van de oogpunt uit als een redelijk beweeglijk element in de plant beschouwd kan worden.

Andere argumenten hiervoor zijn:

- De verhouding tussen concentratie in zeefvaten exudaat en blad die Tammes en van Die (1966) vonden, zijn niet extreem laag. De rij is: B (0,29) > Zn (0,27) >> Fe (0,12) > Cu (0,1) > Mg (0,03) > Ca (0,01).
- De verhouding tussen concentraties in (vrucht + bloemen):blad ligt zeker vrij hoog:

Zo vond Fernandes et al (1973) de volgende reeks K (1,5) > Cu (1,2) > Zn (0,9) > B (0,47) > Mg (0,4) > Ca (0,14) = Fe (0,16) > Mn (0,10).

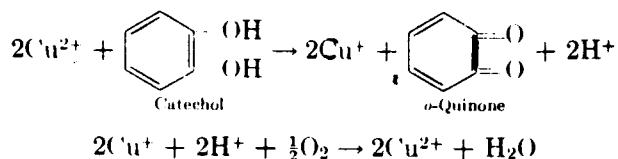
Uit resultaten van Haag et al. (1978) is voor 45 en 60 dagen na zaaien de reeks Cu (1-2,5) > Mn (0,17) > Ca (0,07-0,18) te berekenen voor de concentratieverhouding vrucht:blad. De berekeningen geven voor 75-105 dagen weliswaar aanzienlijk lagere verhoudingen voor koper. Het is echter niet uitgesloten dat hier sprake is van contaminatie, omdat het Cu-gehalte in het blad van 20 naar 445 mg/kg gaat tussen 60 en 75 dagen.

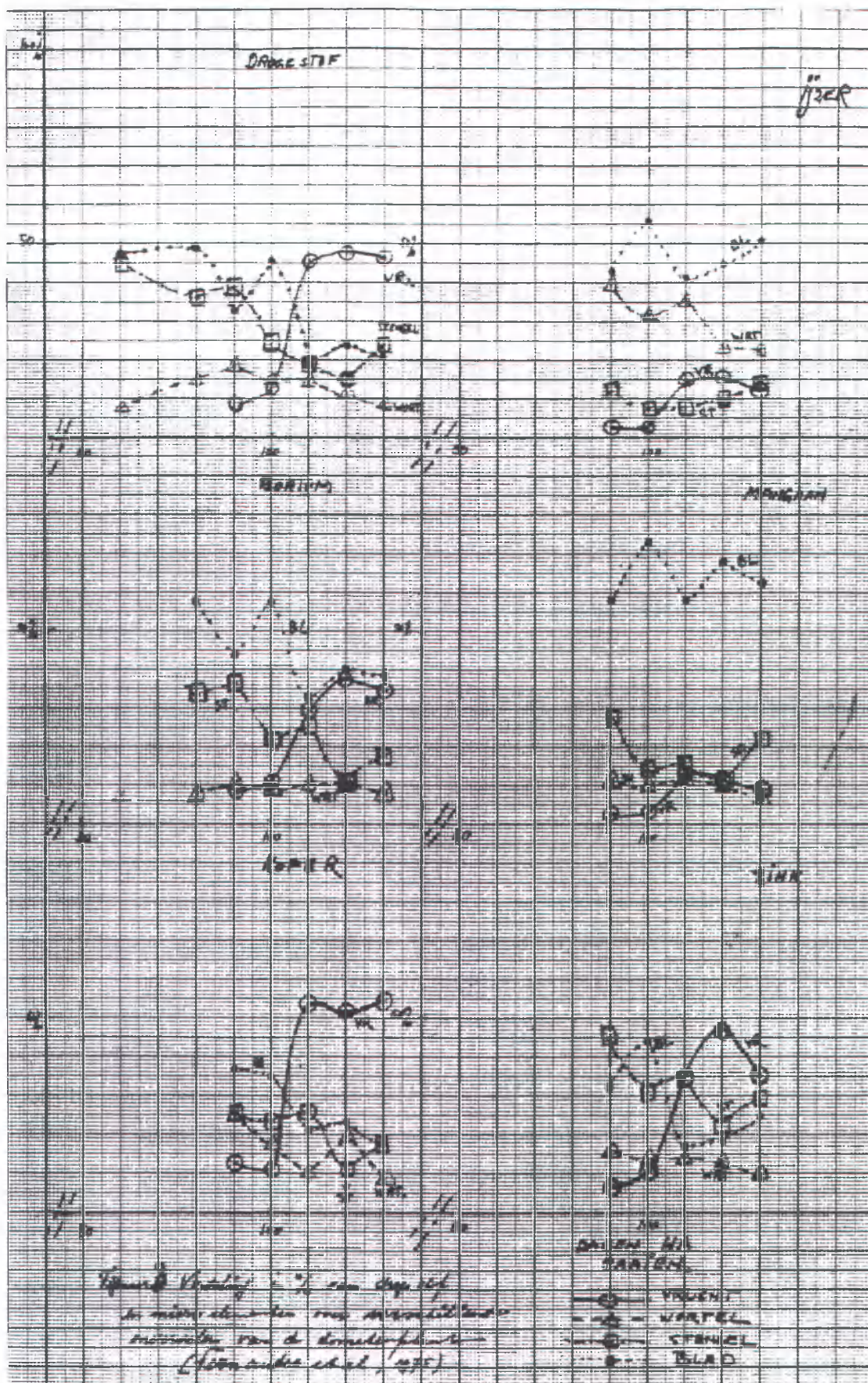
Het aandeel aan koper in de vruchten neemt in de loop van het groeiseizoen bij tomaat sterk toe (figuur 3) in gelijke mate met de droge stof. Ook hieruit zou met tot een vrij mobiel element kunnen besluiten.

Funkties van koper in de plant

Gegevens hierover zijn onder andere vermeld in Marschner (1986) en Mengel & Kirkby (1978).

Belangrijke facet daarbij zijn oxydatie-reductie reacties waarbij koper een rol speelt zoals in de volgende vergelijking by polyfenoloxydase:





Figuur 3: Verdeling in % van droge stof en micro elementen over verschillende onderdelen van de tomataplant (Fernandes et al, 1975).

Een zeer belangrijk effect van kopergebrek is wel de invloed op de fotosynthese zoals uit tabel 2 blijkt. Circa 70% van het koper in het blad bevindt zich in de chloroplasten.

Table 2
Effect of Copper Deficiency on Growth, Protein and Chlorophyll Content, and Photosynthesis in Spinach*

Treatment	Fresh weight after 20 days (g/plant)	Protein nitrogen (mg/g fresh wt)	Chlorophyll (µg/g fresh wt)	CO ₂ Fixation (mg CO ₂ /mg chlorophyll)
+ Cu	17	2.2	546	136
- Cu	4	2.8	694	62

*Based on Bovill *et al.* (1970)

Marschner (1986)

Bij kopergebrek kunnen de volgende verschijnselen mogelijk helpen bij de diagnose:

- Vrije aminozuren en nitraat accumuleren.
- Oplosbaar koolhydraat wordt lager.
- Fenolase is minder actief.
- Ascorbinezuur oxydase activiteit is lager.
- Lignine is minder aanwezig.

Kopermeststoffen

Voor de bereiding van oplossingen in de substraatteelten wordt kopersulfaat gebruikt. Verder worden ook wel geheleerde koperverbindingen in de grondteelten gebruikt zoals Cu-nitrilo triacetaat, Cu-ethyleen diamino tetraacetaat en Cu-diaminocyclohexaan-N, N'-tetraacetaat. Het koper uit de laatste soort verbindingen wordt echter minder opgenomen (Mengel en Kirkby, 1978).

Benodigde gehalten in de plant

De Kreij, Sonneveld en Warmenhoven (serie Voedingsoplossingen Glastuinbouw no. 15) geven een aantal gewenste waarden, waaruit het onderstaande uittreksel:

Tabel 3: Koper in volgroeit blad in mmol.kg⁻¹ droge stof

	Richtwaarde	Gebrek	Overmaat
Tomaat	0,1		
Komkommer	0,15	< 0,1	
Sla	0,1	< 0,03	
Anjer	0,1 -0,2	< 0,06	> 0,5
Chrysant		< 0,16*	
Gerbera	0,06-0,2		
Roos	0,08-0,25	< 0,05	

* J.P.N.L. Roorda van Eysinga en K.W. Smilde "Voedingsziekten bij chrysant" PTG, Naaldwijk en IB, Haren.

De onderlinge verschillen in de richtwaarden voor de verschillende gewassen die geadviseerd worden zijn niet groot.

Concentratie in de oplossing bij grondloze teelten

Aanbevolen waarden zijn te vinden in Sonneveld & Straver, serie Voedingsoplossingen Glastuinbouw no. 8. In tabel 4 zijn hieruit enige waarden overgenomen.

Tabel 4: Aanbevolen waarde voor koper ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) in de voedingsoplossing en in het wortelmilieu bij hergebruik van het drainwater.

	Voedingsoplossing	Wortelmilieu
Tomaat	0,75	0,7
Komkommer	0,75	1,0
Paprika	0,75	0,7
Sla*	0,75	1,0
Anjer	0,75	1,0
Chrysan	0,5	1,0
Gerbera	0,75	1,0
Roos	0,75	1,0

* Recirculerend water

Slotconclusie

Typisch voor koper is de sterke complexvorming met humusachtige stoffen. Een invloed op de opname mag hier verwacht worden. De gebreksverschijnselen zijn - hoewel soms wat meer beschreven in de jongere delen - over de gehele plant verspreid. Een redelijke mobiliteit in de plant wordt gevonden, zoals op grond van de complexeringseigenschappen verwacht mag worden. Koper speelt in de plant een rol bij de fotosynthese en bij oxydatie-reductie enzymen. Relatief veel is in de chloroplasten aanwezig. In volgroeide bladeren wordt ongeveer $0,1-0,2 \text{ mmol.kg}^{-1}$ droge stof geadviseerd.

Verder onderzoek over koper zou gericht kunnen zijn op:

- De invloed van de aard van de organische stof op de Cu-voeding.
- Het verkrijgen van meer kennis over de optimale gehalten in verschillende plantonderdelen.
- Het beter kennen van variaties in de opnamesnelheid in relatie tot teeltstadium en klimaat (o.a. licht).
- Enzymatische methoden om de optimale voedingstoestand met koper beter te kunnen vaststellen.
- Onderzoek of koper een bijdrage kan geven tot een meer efficiënte fotosynthese.

Enige literatuur

- Delhaize, E., et al., 1982. Aust.J.Agric.Res. 33: 981-987.
- Fernandes, et al., 1975. Anals da E.S.A. "Luiz de Queiroz" XXXII: 595-608.
- Garcia, et al., 1982. Anals da E.S.A. "Luiz de Queiroz" XXXIX: 485-504.
- Haag, H.P., et al., 1978. Anals da E.S.A. "Luiz de Queiroz" XXXV: 243-269.
- Marschner, H., 1986. Mineral nutrition of plants.
- Tapia, M.L. and R. Dabed, 1984. ISOSC Proc. 683-696.