

Kopergebrek bij douglas *)

[416.14 : 424.7 : 237.42]

L. OLDENKAMP en K. W. SMILDE **)

SUMMARY

COPPER DEFICIENCY IN DOUGLAS FIR (PSEUDOTSUGA MENZIESII (Mirb.) Franco)

At various sites in the Netherlands deformation of shoots occurs in Douglas fir, giving rise to "pendula forms". This may be accompanied by die-back of the top. The disorder is caused by copper deficiency as was proved by the response of deformed trees to copper sulphate, either as a soil application (75 kg per hectare) or a foliar spray (200 ml of a 1% solution per tree, applied twice). Application at the beginning of the growing season (April) resulted in a normal growth of the shoots. A procedure by which a solution of copper sulphate was absorbed by the trunk also proved to be effective. Current year's needles (sampled in autumn) of Douglas firs well-supplied with copper contain at least 4.5 ppm Cu; in copper-deficient trees the content is normally lower than 2.6 ppm.

There are indications that the deformation occurs on heathland soils, especially, when the phosphate level of the soil is high.

RÉSUMÉ

LA CARENCE EN CUIVRE DU SAPIN DE DOUGLAS (PSEUDOTSUGA MENZIESII (Mirb.) Franco)

Quelques forêts et pépinières situées à l'est des Pays-Bas ont des sapins Douglas avec des pousses fortement courbées, donnant aux arbres l'apparence d'un saule pleureur. Le bourgeon terminal peut mourir. Cette déformation est produite par une carence en cuivre. Une amélioration nette a été obtenue en traitant les arbres malades avec du sulfate de cuivre, appliqué au sol (75 kg par ha) ou pulvérisé sur les aiguilles (200 ml d'une 1% solution par arbre, appliquée deux fois). Une croissance normale des jeunes pousses se manifesta déjà dans l'année du traitement, effectué en avril.

Les jeunes aiguilles de l'année même des sapins Douglas, bien pourvus en cuivre, contiennent au moins 4,5 ppm de Cu (prélèvement fait en automne); par contre la teneur en cuivre des arbres carencés est habituellement inférieur à 2,6 ppm. Il y a des indications que la carence se produit surtout dans les podsols dont la végétation originale est composée de bruyère et dont le taux de phosphate soluble ou total s'est augmenté.

Inleiding

Eind 1963 werden in een kwekerij van het Staatsbosbeheer te Gees misvormingen bij drie- en vierjarige douglas waargenomen. De meest voorkomende misvormingen waren slingerende of naar beneden groeiende eindscheuten, terwijl ook ingestorven topscheuten voorkwamen (foto 1).

*) Tevens verschenen in het Ned. Bosbouw Tijdschr. 38 (5/6), 1966 (203-214).

***) Resp. werkzaam bij Bosbouwproefstation, Wageningen en Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen.

Foto 1:
Misvormde vierjarige
douglas te Gees
(*deformed four-year-old
Douglas fir at Gees*)

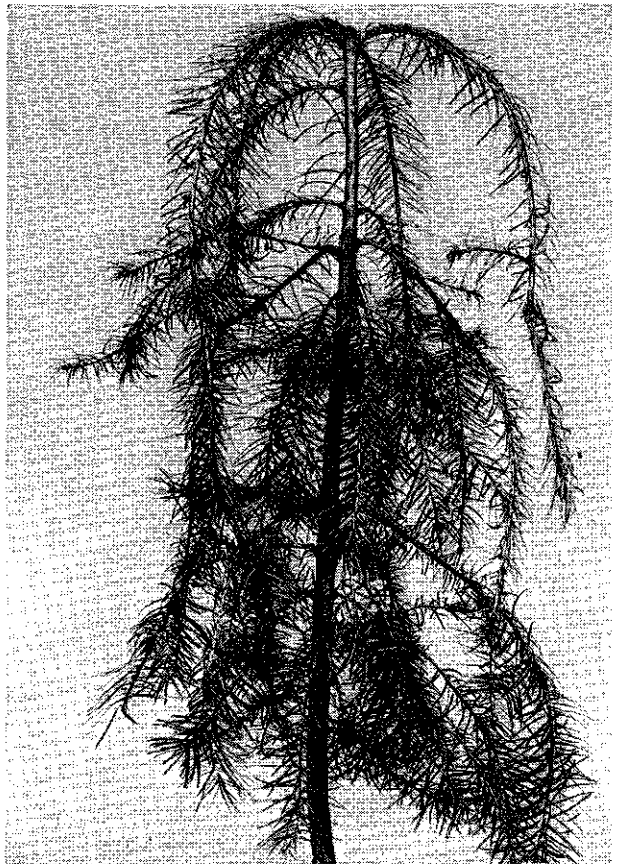


Foto 2:
Misvormde achtjarige douglas te
Oranjewoud
(*deformed eight year old Douglas
fir at Oranjewoud*)

Dergelijke verschijnselen werden ook elders (Oranjewoud, Rechteren, Ommen, Schoonlo, Hardenberg en Borger) waargenomen (foto 2).

Volgens Van Goor en Henkens (2 en 7) zouden deze symptomen door kopergebrek worden veroorzaakt. Oriënterend gewasonderzoek bevestigde deze opvatting. Het kopergehalte van eenjarige naalden bedroeg bij de rechtgroeïende douglas gemiddeld 5 dpm, bij de kromgroeïende douglas 2 dpm.*

Bij anatomisch onderzoek van de stam van de kromgroeïende douglas bleek dat de rangschikking van de hout- en zeefvaten in sterke mate was verstoord hetgeen op boriumgebrek zou kunnen wijzen. Daarom werd naast koper ook borium in het onderzoek betrokken. Een andere reden is dat in vele kwekerijen in het oosten van ons land een vrij laag boriumgehalte in douglasnaalden wordt aangetroffen (tot 9,7 dpm).

Materiaal en methoden

Om de oorzaak van de waargenomen misvormingen te bepalen en het herstel ervan te verwezenlijken, zijn enkele proeven genomen.

Een der daartoe opgezette proefvelden is in Gees gelegen in een kwekerij (vak 44), die in 1960 werd aangelegd onder een scherm van groveden, van de eerste generatie bos op deze heideontginning. Bij de aanleg van de kwekerij werd de grond diep gespit en bemest met 40 ton stalmest, 200 kg kalkammonsalpeter, 500 kg superfosfaat en 300 kg patentkali per ha. Het proefveld werd in het voorjaar van 1964 aangelegd in vierjarige (2 + 2) douglas (herkomst Speulderbos) op een plaats waar de ergste misvormingen voorkwamen. Op veldjes van 9 m² werden de volgende behandelingen in drievoud uitgevoerd: onbehandeld (0), 75 kg kopersulfaat (Cu₁), 150 kg kopersulfaat (Cu₂), 15 kg borax (B₁) en 25 kg borax (B₂) per ha; voorts de combinaties Cu₁B₁, Cu₁B₂, Cu₂B₁ en Cu₂B₂. De meststoffen werden in mei 1964 toegediend. In april 1964 werden grondmonsters genomen, in april 1964 en april, juni, augustus en september 1965 naaldmonsters. Bovendien werden in mei (foto 3) en september 1964 alle veldjes gefotografeerd.

Tijdens de winter van 1962—1963 werd in vak 29 van de boswachterij Gees een kwekerij op dezelfde wijze als in vak 44 aangelegd. Alleen werden hier takken verbrand en de asresten werden over de kwekerij uitgestrooid. In het voorjaar van 1964 verspeende het beheer hier tweejarige zaailingen, afkomstig van zaaibedden van de kwekerij uit vak 44. Een hierin aangelegde proef bestond uit de volgende objecten in viervoud: 0, 50, 100, 200 en 400 kg kopersulfaat per ha en 10, 20, 40 en 80 kg borax per ha. De meststoffen werden eveneens in mei 1964, na voorafgaand grondonderzoek toegediend.

Ook is bij enkele misvormde bomen in de kwekerij van vak 44 nagegaan of directe toediening van kopersulfaat tot verbetering van de habitus zou leiden. Oplossingen van 1 resp. 5 mg kopersulfaat in 1 liter water werden via een inkeping in de stam door de plant opgezogen.

In Oranjewoud was de achtjarige douglasaanplant te heterogeen om een proefveld aan te leggen. Daarom werden individuele bomen behandeld. De

* dpm = delen per miljoen



Foto 3: Douglasplanten te Gees, vóór de toediening van kopersulfaat (april 1964)
(Douglas fir transplants, before application of copper sulphate (April 1964))

oorspronkelijk in dit terrein aanwezige opstand van groveden moest worden gerooid wegens vogelschade (reigerkolonie).

In december 1963 werden monsters van eenjarige naalden van gezonde en kromgroeïende douglas genomen en tevens grondmonsters (laag 0 — 5 cm) in de directe omgeving van deze bomen. In april 1964 werden vijf bomen bespoten met resp. 200 ml * 1% oplossing van kopersulfaat (+ 0,1% CaO), 1% oplossing van zinksulfaat (+ 0,1% CaO) en 0,25% oplossing van borax; aan alle oplossingen waren uitvloeiers toegevoegd. Verder werden vijf bomen begoten met resp. 1 liter 1% oplossing van kopersulfaat, 0,5 liter 1% oplossing van zinksulfaat en 1 liter 0,25% oplossing van borax. De bespuiting werd na een maand herhaald. Aangezien bij voorafaand naaldenonderzoek (tabel 7) bleek dat het zinkgehalte bij misvormde bomen relatief laag was, werd dit element ook in de behandelingen opgenomen. In september 1964 werden naaldmonsters genomen.

Resultaten

De resultaten van grond- en gewasonderzoek te Gees vóór de bemesting zijn weergegeven in de tabellen 1 en 2.

* ml = milliliter

Tabel 1. Resultaten van grondonderzoek van douglaskwekerijen te Gees (laag 0—25 cm)
 Table 1. (Results of soil analysis of Douglas fir nurseries at Gees (Layer 0—25 cm))

	pH (KCl)	% org. stof	P ₂ O ₅ (mg/100 g grond) P-water *)	P-totaal	K ₂ O (mg/100 g grond) K-HCl	Cu- HNO ₃ ** (dpm)
vak 44 proefveld	3,2	10,5	1,01	22,1	9,8	2,5
vak 44 buiten proefveld	3,3	7,8	0,61	20,5	7,2	1,4
vak 44 zaaibed	4,0	7,5	0,58	22,3	12,2	1,2
vak 29 proefveld	3,4	9,1	0,36	14,1	11,3	1,0

*) extractie van 5 g grond met 200 ml gedestilleerd water bij 20° C

***) extractie van 10 g grond met 100 ml 0,4 N HNO₃

Tabel 2. Chemische samenstelling van douglasnaalden, bemonsterd begin april 1964 te Gees (kwekerij vak 44)
 Table 2. (Contents of elements in Douglas fir needles, sampled April, 1964, at Gees nursery)

	N (%)	P (%)	K (%)	Cu (dpm)	Zn (dpm)	Mn (dpm)	B (dpm)
4-jarige planten (2 + 2)	1,65	0,27	0,76	2,6	64	322	28,5
3-jarige planten (1 + 2)	1,83	0,20	0,82	2,7	52	212	30,4
2-jarige zaailingen	1,64	0,20	0,78	2,1	72	468	22,6

In de kwekerij van vak 44 waren de misvormingen het sterkst bij de vierjarige douglas op de plaats waar het proefveld was aangelegd, terwijl het verschijnsel in mindere mate voorkwam bij de driejarige douglas buiten het proefveld.

Bij de tweejarige zaailingen, die later in vak 29 werden verspeend, kwamen geen groei-afwijkingen voor. Op al deze plaatsen lag het kopergehalte van de grond beneden de kritieke waarde die Henkens (8) opgeeft voor de verbouw van granen (3 — 4 dpm Cu). Het is echter nog niet bekend wat de grenswaarde zal zijn voor houtige gewassen. Verder valt het op dat, bij een vrijwel gelijk gehalte aan totaal fosfaat in de grond, het gehalte aan in water oplosbaar fosfaat het hoogst was op de plaats met de ergste misvormingen, terwijl daar ook het organische-stofgehalte het hoogst is. De Stikstof-, fosfor- en kaligehalten van de op deze proefvelden genomen naaldmonsters wijzen, volgens de door van Goor (6) gegeven normen, op een voldoende voorziening met deze elementen. Ook de gehalten aan sporenelementen kunnen blijkens gegevens van Ahrens (1) als „normaal” worden beschouwd, met uitzondering van het kopergehalte dat laag is.

Na twee maanden bleken de misvormde douglasplanten reeds op de koperbemesting te hebben gereageerd. Nieuwe scheuten groeiden recht, terwijl voordien aanwezige krommingen geheel of gedeeltelijk waren opgeheven. De planten herkregen hun normale vorm (foto 4). De beide giften koper-sulfaat hadden een gelijke uitwerking. De met borium bemeste en onbehandelde planten bleven daarentegen hun slingerende habitus behouden.



Foto 4. Douglasplanten te Gees, gefotografeerd in september 1964 na toediening van kopersulfaat (achtergrond) en borax (voorgond) in mei 1964
(Douglas fir transplants at Gees, photographed in September, 1964, after application of copper sulphate (background) and borax (foreground) in May, 1964)

Behalve door bemesting met kopersulfaat kon ook door het opzuigen van een kopersulfaatoplossing, via een inkeping in de stam, in één groeiseizoen herstel van kromgroeïende planten worden verkregen. Dit herstel werd alleen door toediening van 5 mg kopersulfaat in 1 liter water bereikt.

In hoeverre een koperbemesting de lengtegroei van de planten beïnvloedt, valt hier moeilijk na te gaan, aangezien kromgroeïende en rechtgroeïende planten nauwelijks kunnen worden vergeleken. Wel is de scheutlengte van het groeiseizoen 1965 gemeten (tabel 3).

Tabel 3. Gemiddelde lengte van de scheut 1965 (in cm) van vijfjarige douglas in Gees (vak 44)
Table 3. (Average shoot length in cm of five-year-old Douglas firs at Gees nursery)

	blanco	Cu ₁	Cu ₂	B ₁	B ₂	Cu ₁ B ₁	Cu ₂ B ₂
gemiddelde scheutlengte (cm)	26	37	47	38	30	39	42

Op de veldjes waar een koperbemesting was gegeven, was in het algemeen de lengtegroei beter. Ook de wortelontwikkeling van de rechtgroeïende planten was beter.

Het verschijnsel van instervende topscheuten werd na het groeiseizoen

1964 niet waargenomen, terwijl het zich in de winter van 1965/1966 opnieuw manifesteerde, hoofdzakelijk echter bij planten die een kromme of slingerende groei vertoonden.

De resultaten van het onderzoek van de naalden zijn vermeld in tabel 4. De bemonstering van 29 april 1965 heeft betrekking op in 1964, de andere bemonsteringen op in 1965 gevormde naalden.

Tabel 4. Koper- en boriumgehalten (in dpm) van douglasnaalden op verschillende data in een bemestingsproefveld te Gees (kwekerij, vak 44)

Table 4. (Copper and boron content (ppm) of Douglas fir needles, sampled at different dates, at Gees nursery (compartment 44))

behandeling (mei 1964)	29.4.65		28.6.65		6.8.65		30.9.65	
	Cu	B	Cu	B	Cu	B	Cu	B
0	1,9	40,0	2,1	12,9	2,3	18,4	2,6	36,0
Cu ₁	2,1		2,1	15,3	3,8	16,9	4,5	27,2
Cu ₂	3,1		4,5	13,4	4,8	17,1	5,9	27,6
B ₁		61,2	3,1	20,1	3,0	22,9	3,9	37,6
B ₂		72,0	1,7	15,7	2,6	23,1	2,4	41,8
Cu ₁ B ₁			4,8	10,9	3,6	17,2	5,2	31,5
Cu ₂ B ₂			3,3	17,5	3,0	23,4	4,2	37,5

Het kopergehalte van de naalden steeg bij toenemende giften kopersulfaat. Toediening van borax verhoogde het boriumgehalte van de naalden, maar het effect was minder duidelijk dan bij koper. In de loop van het groeiseizoen namen het koper- en het boriumgehalte toe, zowel bij behandelde als onbehandelde bomen. De in het groeiseizoen van 1965 gevormde naalden bevatten meer koper en minder borium dan de in 1964 aangelegde (bemonsterd 29.4.65).

Tenslotte werd op 30 september 1965 buiten het proefveld nog een monster van eenjarige naalden genomen van rechtopgroeiende douglas, in leeftijd overeenkomend met de bomen van het proefveld. De koper- en boriumgehalten bedroegen resp. 6,0 en 23,8 dpm. Hoewel deze bomen geen koperbemesting hadden ontvangen, kwam het kopergehalte van de naalden overeen met dat van de douglas bij de hoogste kopergift (zonder borax) op het proefveld. Zoals reeds eerder is opgemerkt varieerde de mate van misvorming binnen de kwekerij; parallel hiermee wisselde het kopergehalte van de naalden.

Op het proefveld in de kwekerij van vak 29 in Gees werden geen misvormingen waargenomen, ook niet op de onbehandelde veldjes. Bemesting met koper en borium beïnvloedde de groei niet. Op de veldjes met de hoogste boriumgiften (40 en 80 kg/ha borax) traden in het jaar van toediening symptomen van boriumvergiftiging op: een roodbruine verkleuring van de toppen van de jonge naalden, welke afsteekt tegen de groene basis. Gedurende de winter vielen de naalden af; nieuw gevormde naalden vertoonden de verkleuring niet. Begin januari 1966 werden nog enige naaldmonsters genomen (tabel 5). Op dit proefveld is het kopergehalte van de naalden van onbehandelde douglas ongeveer gelijk aan dat van de iets eerder bemonsterde op de Cu₁ veldjes van het proefveld in vak 44 (tabel 4, 30.9.65).

Tabel 5. Koper- en boriumgehalten (in dpm) van douglasnaalden, bemonsterd begin januari 1966, te Gees (kwekerij vak 29)
 Table 5. (Copper and boron content (ppm) of Douglas fir needles, sampled January 1966 at Gees nursery (compartment 29))

	0	Cu ₁	Cu ₂	B ₁	B ₂
Cu (dpm)	4,7	5,9	5,4		
B (dpm)	19,9			21,0	23,9

De resultaten van grond- en naaldenonderzoek in Oranjewoud vóór de behandeling van de bomen zijn vermeld in de tabellen 6 en 7.

Tabel 6. Resultaten van grondonderzoek (laag 0—5 cm) te Oranjewoud
 Table 6. (Results of soil analysis (layer 0—5 cm) at Oranjewoud)

	pH (KCl)	% org. stof	P ₂ O ₅ (mg/100 g grond)		K ₂ O (mg/100 g grond)		Cu-HNO ₃ (dpm)
			P-water	P-totaal	K-HCl		
plek met normale douglas	2,6	17,0	0,45	19	5,4	0,7	
plek met kromgroeïende douglas	2,5	38,4	1,01	61	13,3	1,7	

Zowel op de plek met normale als op die met misvormde douglas bleek het kopergehalte van de grond zeer laag te zijn. De gehalten aan in water oplosbaar fosfaat, totaal fosfaat en organische stof zijn daarentegen op de plek met kromgroeïende douglas veel hoger.

Tabel 7. Chemische samenstelling van eenjarige naalden van „normale” en kromgroeïende douglas, bemonsterd in december 1963 te Oranjewoud
 Table 7. (Contents of elements in one year old needles of normal and deformed Douglas fir, sampled December, 1963, at Oranjewoud)

	N (%)	P (%)	K (%)	Cu (dpm)	Zn (dpm)	Mn (dpm)	B (dpm)	Fe (dpm)	Mo (dpm)
„normale” douglas	1,64	0,27	0,85	5,2	45	170	32	102	0,07
kromgroeïende douglas	1,30	0,23	0,66	1,7	23	147	36	88	0,06

De naalden van kromgroeïende douglas bevatten zeer weinig koper, terwijl het zinkgehalte in vergelijking tot dat van „normale” douglas ook tamelijk laag is. De gehalten aan de overige elementen liggen, zowel bij „normale” als kromgroeïende douglas, binnen de door Van Goor (7) en Ahrens (1) gepubliceerde normen.

Na behandeling van deze bomen in het voorjaar van 1964 met koper-, zink- en boriummeststoffen werd in de nazomer een lichte positieve reactie waargenomen in de met kopersulfaat bespoten douglas. In de loop van 1965 werden de verschillen tussen de onbehandelde en de met kopersulfaat bespoten bomen groter. Bemesting met kopersulfaat (in opgeloste toestand) had daarentegen weinig effect; mogelijk is de toegediende hoeveelheid koper (2,5 g per boom) te laag geweest. De kopergehalten van in september 1964

bemonsterde eenjarige naalden bedroegen 1,9, 2,7 en 3,4 dpm voor resp. de onbehandelde, de met kopersulfaat bemeste en de met kopersulfaat bespoten bomen. De douglas reageerde niet op bespuiting en bemesting met resp. zinksulfaat en borax.

Bespreking van de resultaten

Verschijselen van kopergebrek bij douglas zijn voor zover bekend buiten Nederland nog niet beschreven. Rademacher (14) vermeldt symptomen van kopergebrek die bij andere naaldhoutsoorten (*Pinus silvestris*, *Picea Abies* en *Larix decidua*), in potproeven werden waargenomen. Volgens deze auteur en Penningsfeld (13), die in potproeven een turfsubstraat gebruikte, bestaan de symptomen van kopergebrek bij lariks uit naar beneden groeiende, slingerende scheuten, waardoor treurvormen ontstaan. Dit komt geheel overeen met het hierboven voor douglas beschreven beeld. Helaas worden geen kopergehalten van naalden opgegeven. Uit gegevens van nog niet gepubliceerd onderzoek van het Bosbouwproefstation blijkt, dat in ons land kopergebrek bij lariks zich kan uiten in instervende topscheuten, zoals die ook bij de misvormde douglasplanten in Gees werden waargenomen. De insterving wordt waarschijnlijk mede veroorzaakt door bevroering van niet voldoende afgerijpte scheuten.

Behalve uit Duitsland komen ook uit Engeland berichten over kopergebrek bij naaldbomen. Benzian en Warren (5) troffen kopergebrek („needle tip-burn”) aan bij *Picea sitchensis* in een kwekerij op een zeer zure, zandige grond waarop tevoren heide met groveden stond. Bespuiting met kopersulfaat gaf een volledig herstel en verhoogde het kopergehalte van de naalden van 2,3 tot 4,2 dpm. „Needle tip-burn” werd niet waargenomen bij douglas (4). De Canadese auteurs Warren e.a. (16) vermelden een gemiddeld gehalte van 6 dpm Cu in 48 naaldmonsters van douglas afkomstig uit Brits Columbia. Beaton e.a. (3) vonden in dit gebied gehalten van 2,4 tot 5,6 dpm Cu in naalden uit de kronen van 13 tot 49 jaar oude douglas. Ahrens (1) vermeldt voor opstanden van verschillende naaldhoutsoorten, waaronder douglas, kopergehalten in eenjarige naalden, die in de herfst werden bemonsterd, van 3,16—12,01 dpm. Gehalten lager dan 2 dpm Cu, zoals voorkwamen in Oranjewoud en Gees, werden in de literatuur niet aangetroffen.

In het hierboven beschreven onderzoek werd kopergebrek bij douglas gevonden op tamelijk zure humuspodsolgronden. Rademacher gebruikte in zijn potproeven podsolgronden van heideontginningen. Dergelijke gronden, waarop bij granen ontginningsziekte voorkomt wanneer geen koperbemesting wordt gegeven, zijn kenmerkend voor grote delen van het oosten van Nederland, noordwestelijk Duitsland en Denemarken (Jutland). Volgens Simonart e.a. (15) zijn heide- en dennebosgronden arm aan koper, ook in relatieve zin, bijv. in vergelijking tot eikebosgronden. Vooral de grijze uitspoelingslaag (A_2) bevat weinig koper, terwijl de humuslaag ($A_0 + A_1$) en de inspoelingslaag (B) rijker zijn aan dit element. Bemesting met koper in de bosbouw zou op deze gronden interessant zijn, aldus deze auteurs. Wehrmann (17) acht evenwel onder praktijkomstandigheden de kans op kopergebrek bij

Pinus silvestris en *Picea Abies* klein, omdat de wortels spoedig doordringen tot de dieper gelegen B-laag, die voldoende koper bevat. In het algemeen bevinden de voedingswortels van de bomen zich op dergelijke humuspodsolen echter in de bovenste centimeters van het profiel.

Dat *Pinus* en *Picea*-soorten zelden verschijnselen van kopergebrek vertonen, komt wellicht door een mindere gevoeligheid van deze houtsoorten voor kopergebrek, zoals ook de berk is aangepast aan een laag koperniveau.

Materna (9) berekende dat meer dan 50 % van het in een opstand van fijnspar aanwezige koper in het hout en de bast aanwezig is, zodat aanzienlijke koperverliezen optreden bij de houtoogst. Vooral op koperarme gronden zou op deze wijze het gebreksniveau kunnen worden bereikt.

De resultaten in de tabellen 1 en 6 doen vermoeden dat er een samenhang bestaat tussen het gehalte in water oplosbaar of totaal fosfaat van de grond en het voorkomen van kopergebrek. Zo was in de kwekerij in vak 29 te Gees, waar geen kopergebrek optrad, het fosfaatgehalte (vooral de in water oplosbare fractie) veel lager dan in vak 44 op de plek met sterk misvormde douglas. Eenzelfde tendens bestaat in Oranjewoud, waar kromgroeiende bomen worden aangetroffen in een voormalige reigerkolonie; het hoge fosfaatgehalte van de grond is hier te verklaren door de voortdurende toevoer van vogelmest. Uit onderzoek van Van der Meiden (10, 11, 12) blijkt verder dat hoge fosfaatgiften, vooral in combinatie met een zware stikstofbemesting, het kopergehalte van het blad bij wilg en populier verlagen en het optreden van kopergebrek bevorderen. Om deze reden waarschuwt Van Goor (6) tegen een te ruime stikstof- en fosfaatbemesting bij fijnspar en douglas op humuspodsol- en arme veengronden.

In de loop van het groeiseizoen namen zowel het koper- als het boriumgehalte van eenjarige douglasnaalden toe. Over het verloop van de koper- en boriumgehalten bij douglas in een groeiseizoen zijn geen gegevens uit de literatuur bekend. Bij *Picea Abies* en *Pinus silvestris* daalde het kopergehalte van de naalden tijdens de groeiperiode, maar bleef van oktober tot februari ongeveer constant (1 en 17); een bepaalde tendens voor het boriumgehalte werd niet gevonden.

Er mag worden geconcludeerd dat een kopergehalte in eenjarige douglasnaalden lager dan 2,6 dpm op kopergebrek, een gehalte hoger dan 4,5 dpm op een voldoende kopervoorziening wijst. In het traject van 2,6 tot 4,5 dpm Cu is kopergebrek niet uitgesloten. Deze grenswaarden komen goed overeen met de door Benzian hiervoor vermelde kopergehalten in naalden van *Picea sitchensis*.

Op humuspodsolen (vooral in de oostelijke en noordoostelijke delen van Nederland) is het kopergehalte van de grond over het algemeen laag. Wanneer naast een natuurlijk verlies (houtoogst, uitspoeling), ook nog door fosfaat- en wellicht stikstofbemesting een verminderde beschikbaarheid van koper optreedt, bestaat er kans op kopergebreksverschijnselen bij douglas.

In hoeverre bij een laag koperniveau behalve de vorm van de planten ook de lengtegroei wordt beïnvloed, zal nader moeten worden onderzocht. Bij

het optreden van kopergebrek zal een bemesting met 400 kg koperslakken-bloem of 50 kg kopersulfaat per ha waarschijnlijk voldoende zijn om het niveau tenminste gedurende de omlooptijd van de beplanting op peil te houden.

Samenvatting

Het op verschillende plaatsen in Nederland voorkomende kromgroeien van douglas (*Pseudotsuga menziesii*), waardoor treurvormen kunnen ontstaan en waarbij soms de eindscheut insterft door wintervorst, wordt veroorzaakt door kopergebrek.

Door misvormde bomen in het voorjaar met kopersulfaat te bemesten met 75 kg per ha of te bespuiten met een 1 % oplossing werd reeds in hetzelfde jaar een normale groei van de jonge scheuten verkregen. Dit werd ook bereikt door de meststof in opgeloste toestand via de stam te laten opzuigen door de plant.

Bij een goede kopervoorziening bevatten eenjarige douglasnaalden, meer dan 4,5 dpm koper. Gehalten lager dan 2,6 dpm wijzen op kopergebrek.

Er zijn aanwijzingen dat kopergebrek vooral voorkomt op humuspodsolgronden. Een hoog gehalte aan in water oplosbaar of totaal fosfaat vergroot de kans op groeifwijkingen.

Literatuur:

1. Ahrens, E. Untersuchungen über den Gehalt von Blättern und Nadeln verschiedener Baumarten an Kupfer, Zink, Bor, Molybdän und Mangan. Allg. Forst- und Jagdztg. 135, 1964 (8—16).
2. Anonymus. Overzicht van de werkzaamheden in 1961. Korte Meded. Bosbouwproefstation, Wageningen (52) 1962.
3. Beaton, J. D., and G. Brown. Concentration of micronutrients in foliage of three coniferous tree species in British Columbia. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29, 1965 (299—302).
4. Benjian, B. Experiments on nutrition problems in forest nurseries. Forestry Comm. Bull. (37) 1965, Vol. I.
5. Benjian, B., and R. G. Warren. Copper deficiency in Sitka spruce seedlings. Nature 178, 1956 (864—865).
6. Goor, C. P. van. Bemestingsvoorschrift voor naaldhoutculturen. Ned. Bosb. Tijdschr. 35, 1963 (129—142); Korte Meded. Bosbouwproefstation, Wageningen (56) 1963.
7. Goor C. P. van, en Ch. H. Henkens. Groeimisvormingen bij douglas en fijnspar en sporenelementen. Ned. Bosb. Tijdschr. 38, 1966 (108—124); Korte Meded. Bosbouwproefstation, Wageningen (76), 1966.
8. Henkens, Ch. H. Koperbepalingen op bouwland. De waarde van chemische bepalingmethoden in vergelijking met de Aspergillus niger methode. Versl Landb. Onderz. (67.10) 1961.
9. Materna, J. Kupfer-, Zink- und Mangangehalte in Fichtenbeständen. In: Ernährung der Waldbäume und Forstdüngung. Tagungsberichte Deutsche Akad. Landwirtsch. Berlin (50), 1962 (45—52).
10. Meiden, H. A. van der. Kopergebrek bij populier. Ned. Bosb. Tijdschr. 34, 1962 (29—33); Ber. Bosbouwproefstation, Wageningen (20) 1962.
11. ——— Kopergebrek bij wilg. Ned. Bosb. Tijdschr. 36, 1964 (24—29); Ber. Bosbouwproefstation, Wageningen (43) 1964.
12. ——— Die Wirkung der Phosphatdüngung auf Pappelpflanzungen. Phosphorsäure 21, 1961 (39—50).
13. Penningsfeld, F. Nährstoffmangelerscheinungen bei Baumschulzgehölzen. Phosphorsäure 24, 1964 (199—212).