

# Groeimisvormingen bij Douglas en Fijnspar en Sporenelementen <sup>1)</sup>

DEFORMATIONS WITH DOUGLAS FIR (*PSEUDOTSUGA DOUGLASII*) AND NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES*) AND TRACE ELEMENTS.

[416.14 : 424.7 : 114.268]

C. P. VAN GOOR en CH. H. HENKENS <sup>2)</sup>

## SUMMARY

*Copper deficiency in douglas fir and Norway spruce is quite often met in second generation heath afforestations. The symptoms are a crooked growth, especially in douglas fir, and discolouration of the needles at the top of the shoots at the end of the growing season. During the winter the needles are falling and sometimes the end bud is dying. It is demonstrated that N and P have a negative influence on the Cu and Zn content of the needles and are increasing the deficiency of Cu. The influence of potassium is positive or neutral.*

*The improvement of the nitrogen conditions in the soil by a first generation afforestation is considered to be the reason why copper deficiency is developing in the second generation.*

## Inleiding en probleemstelling

Bij het bemestingsonderzoek in de bosbouw in Nederland zijn duidelijke aanwijzingen verkregen dat de voorziening met sporenelementen op bepaalde groeiplaatsen niet normaal is. In zulke gevallen is er geen of slechts een geringe reactie op een NPK-bemesting, ook als deze reactie op basis van de voedingstoestand van de grond is te verwachten. Tevens treden er bij de douglas misvormingen op. De eindscheut is in plaats van recht meer of minder krom. In minder ernstige gevallen is hij slingervormig verbogen; bij ernstige misvorming kan de top geheel krom naar beneden gegroeid zijn (afbeelding 1). De zijscheuten laten soortgelijke veranderingen zien. Vooral de douglas vertoont het verschijnsel erg, fijnspar in mindere mate. Gedurende het groeiseizoen zijn de naalden normaal van afmeting, glanzend donkergroen en zij bezetten de zij- en topscheuten volledig. In de herfst en winter treedt echter een verandering in de naalden op. Aan de uiteinden worden de naalden geel en vallen af en bij de eerste vorst sterft de scheut dikwijls in. Blijkbaar heeft er onvoldoende verhouting plaats. Dit laatste verschijnsel wordt bij fijnspar veel meer aangetroffen dan bij douglas. Door het insterven

---

<sup>1)</sup> Tevens verschenen in het Ned. Bosbouw Tijdschr. 38 (3), 1966 (108-120).

<sup>2)</sup> Respectievelijk werkzaam bij het Bosbouwproefstation te Wageningen en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen.



Afb. 1. Kopergebrekssymptomen in douglas.  
(*Copper deficiency symptoms in douglas fir*).

van de scheuteinden ontwikkelen zich in het voorjaar uit de zijknoppen scheuten en ontstaat een bossige vorm. Het geheel doet denken aan nachtvorstschade in het voorjaar.

Bij het hierboven beschreven verschijnsel sterft het scheuteinde in het begin van de winter; bij voorjaarsnachtvorst sterft daarentegen het pas uitgelopen lot of de zwellende knop.

Het bovengenoemde verschijnsel wordt vooral op matig vochtige en vochtige humuspodsolen aangetroffen, wanneer een tweede generatie bos na heide is aangeplant.

Om een inzicht te krijgen in de factoren die het symptoom van de „slingerende eindscheuten” beïnvloeden is op een nieuw ontgonnen gedeelte van de Rijkskwekerij „Drakenburg” te Baarn een proefveld aangelegd. Het bodemtype is een vochtige humuspodsol. In de jaren 1960 t/m 1962 is er met douglas, fijnspar, eik en esdoorn geëxperimenteerd. In beide naaldhoutsoorten ontwikkelde zich het besproken symptoom.

### Literatuur

In de literatuur wordt slechts weinig melding gemaakt van tekorten aan sporenelementen. Benjian en Warren (1956) beschreven het zogenaamde „needle tip-burn” bij sitkaspar zaailingen. Hierbij verschrompelen de toppen van de naalden en worden geel. Er is een duidelijke scheiding tussen het groene en het verwelkte gedeelte van de naalden. Het symptoom gaat dikwijls gepaard met spiraalvorming van de bovenste naalden. Later worden de toppen bruin of zwart. Zij toonden aan dat de zaailingen met dit verschijnsel een laag kopergehalte hebben en dat bespuiting met 0,05% koperoplossing genezend werkt.

Koperbestedingsproeven bij heideontginningen tot bos in de provincie Drente gaven geen effect. Van der Meiden (1962 en 1964) constateerde kopertekort bij populier en wilg in Nederland na zware fosfaatbemesting.

Will e.a. (1963) vermeldden dat „die-back” (afsterven van de toppen) bij *Pinus radiata* en *Pinus pinaster* optreedt bij een boriumgehalte van de naalden van „15 dpm B” en lager.\*)

Skoog (1940) is van mening dat zink nodig is voor het in stand houden van de groeistoffen. Zinkgebrek heeft een sterke destructie van auxine tot gevolg.

Rademacker (1940) deelt mede dat in een aantal houtgewassen in heideontginningen in N.W. Duitsland kopertekorten de oorzaak zijn van een slechte ontwikkeling van de bomen.

Vail e.a. (1961) berichten het optreden van boriumgebrek in *Pinus* soorten, in de vorm van „die-back”. Door bemestingen met „15 pounds borax per acre” wordt het tekort opgeheven en verdwijnen de symptomen.

### Proefopzet

Het proefveld werd in 1952 aangelegd aanvankelijk om de invloed van NPK-bemestingen op het optreden van *Dothichiza populea* bij populieren na te gaan.

\*) dpm = delen per miljoen of mg/kg.

In de populier ontwikkelden zich echter gebrekssymptomen, die een verdere voortzetting van de proef voor ons doel onmogelijk maakte. In 1959 is het veld opnieuw beplant en wel met wilgen, waarin door Van der Meiden (1964) de kopergebrekssymptomen voor wilg werden vastgesteld en beschreven. Dit proefveld blijft thans in gebruik voor het vaststellen van de kopergebrekssymptomen in de verschillende houtsoorten. In 1960 is er douglas en fijnspar op geplant.

De volgende hoeveelheden stikstof, fosfaat en kali en combinaties hiervan zijn toegediend.

- $N_0$  — geen stikstofbemesting
- $N_1$  — 250 kg kalkammonsalpeter per ha
- $N_2$  — 500 kg kalkammonsalpeter per ha.
- $P_0$  — geen fosfaatbemesting
- $P_1$  — 500 kg superfosfaat per ha
- $P_2$  — 1000 kg superfosfaat per ha.
- $K_0$  — geen kalibemesting
- $K_1$  — 500 kg patentkali per ha
- $K_2$  — 1000 kg patentkali per ha.

In totaal zijn er dus  $3 \times 3 \times 3 = 27$  objecten. De grootte van de veldjes is  $4 \times 6$  m<sup>2</sup>, alle behandelingen zijn in vier blokken herhaald. De bemestingen zijn vanaf 1952 jaarlijks uitgevoerd. Bovendien is over het gehele proefveld in 1953 en 1954 4.000 kg dolomietmergel per ha gestrooid. In 1960 zijn 14.000 eenjarige planten geplant. Hieraan zijn in 1961 en 1962 waarnemingen verricht.

## Resultaten

### a. Lengtegroei

In 1961/1962 is de totale lengte van de douglas en de fijnspar gemeten en het gemiddelde per behandeling berekend. In figuur 1 is de invloed van de bemesting op de lengte in cm van de douglas weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat de bemesting met stikstof de lengte sterk doet toenemen. Bij een bemesting met 250 kg kalkammonsalpeter ( $N_1$ ) zijn de douglassparren gemiddeld 11,2 cm of ruim 31% langer dan bij geen bemesting met stikstof ( $N_0$ ). Bij bemesting met 500 kg kalkammonsalpeter ( $N_2$ ) is het verschil 13,0 cm of bijna 37%. De invloed van de stikstofbemesting is zeer betrouwbaar ( $P < 0,01$ ).

Bemesting met fosfaat is nauwelijks van invloed op de groei van de douglaspar op dit perceel. Gemiddeld is de lengte bij bemesting met 500 en 1000 kg superfosfaat respectievelijk 2,4 (5,6%) en 2,1 (4,7%) cm meer dan zonder fosfaatbemesting. Beide invloeden zijn echter niet betrouwbaar. Figuur 1 laat zien dat er een interactie is tussen de fosfaatbemesting en de beide andere bemestingen. De interacties tussen  $N \times P$ ,  $P \times K$ ,  $N \times P \times K$  zijn echter niet betrouwbaar.

De bemesting met kali heeft de groei betrouwbaar verbeterd ( $P < 0,05$ ). De gemiddelde invloed van de kalibemesting is slechts gering. De lengte is

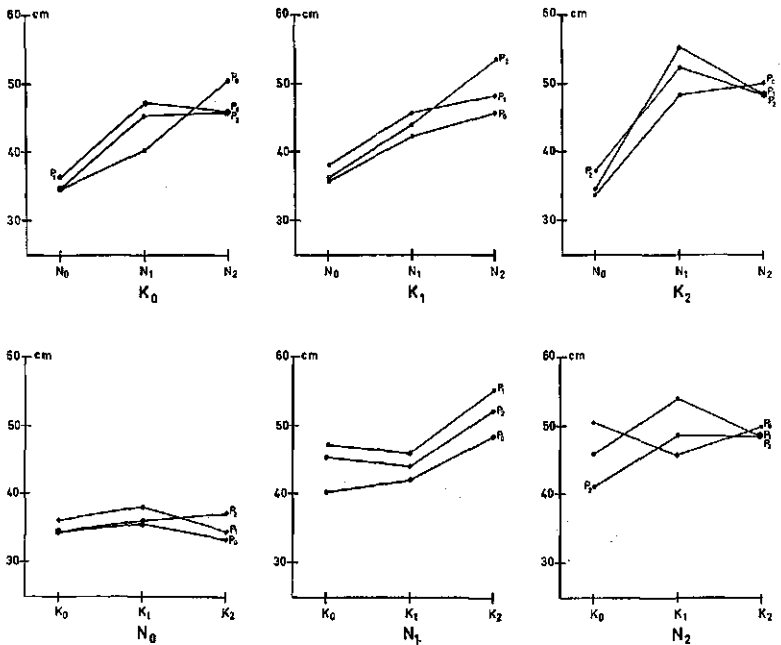


Fig. 1. Verband tussen hoogtegroeï van douglas en N, P en K dosering.  
(Relation between height growth of douglas fir and quantity of N and P supplied)

gemiddeld bij een bemesting met 500 en 1000 kg patentkali respectievelijk 1,1 cm (2,5%) en 3,1 cm (7,3%) meer dan bij weglating van de kalibemesting. Er is echter een duidelijke interactie tussen stikstof en kali. Zonder bemesting met stikstof heeft een bemesting met kali geen invloed op de groei. Bij bemesting met 250 kg kalkammonsalpeter doet bemesting met 500 kg patentkali de lengte daarentegen duidelijk toenemen. Bij de hoogste stikstofbemesting is de kalireactie slechts gering. De interactie tussen de kali- en stikstofbemesting op de lengtegroei van de douglasspar is, evenals de invloed van de stikstof en kali afzonderlijk, betrouwbaar ( $P < 0,01$ ).

In figuur 2 is de invloed van de bemesting op de groei van fijnspar weergegeven. Ook hier heeft bemesting met stikstof en kali de lengte van de planten betrouwbaar ( $P < 0,01$  respectievelijk  $P < 0,05$ ) vergroot. Bemesting met 300 kg kalkammonsalpeter versterkt de groei met 2,4 cm of 15%. Verdere verhoging van de stikstofbemesting doet de groei niet meer toenemen.

Door bemesting met 500 en 1000 kg patentkali neemt de lengte met 0,6 cm (2,5%) en 1,0 cm (4%) toe. In tegenstelling met het vastgestelde bij douglasspar is de interactie  $N \times K$  bij de fijnspar niet betrouwbaar.

Bemesting met fosfaat had geen invloed op de lengtegroei van de fijnspar.

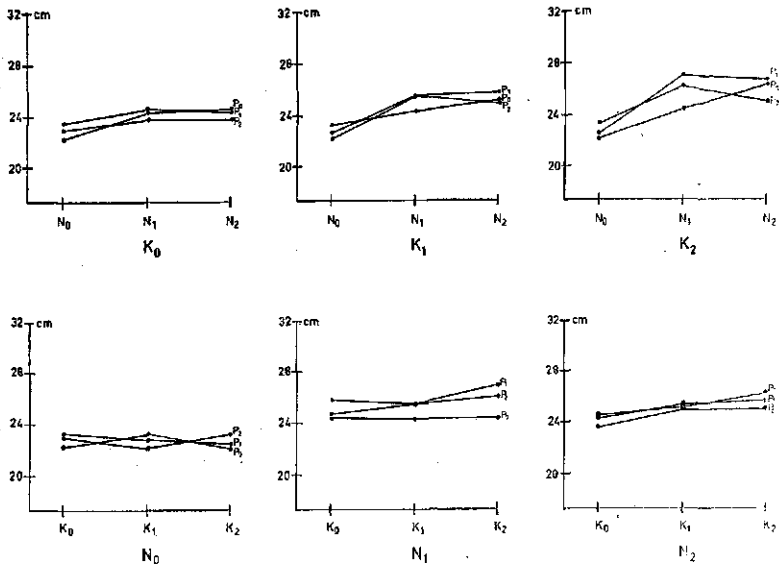


Fig. 2. Verband tussen hoogtegroei van fijnspar en N, P en K dosering.  
(Relation between height growth of Norway spruce and quantity of N, P and K supplied).

## b. Waarnemingen

Op een aantal veldjes zonder kalibemesting traden de verschijnselen van kaligebrek op. Bovendien traden in de douglassparren misvormingen op. De krommingen van de jaarscheuten waren onregelmatig en deden denken aan beschadiging door groeistoffen. In sommige gevallen was de kromming zo sterk dat de jaarscheut naar beneden was gericht. Hoewel dit verschijnsel zowel bij douglas- als bij fijnspar wordt gevonden kwam het op dit proefveld alleen bij de douglas voor. Een andere afwijking werd niet geconstateerd. De naalden waren groot, glanzend donkergroen en zij bezetten de zij- en topscheuten volledig.

Bij de douglasspar is per object het percentage bomen met slingerende eindscheuten bepaald. In figuur 3 is de invloed van de bemesting op het percentage bomen met slingerende eindscheuten weergegeven. Hieruit blijkt dat bemesting met stikstof het aantal slingerende eindscheuten sterk vergroot. Gemiddeld is het aantal slingerende eindscheuten per 100 zonder stikstofbemesting 7,8; bij bemesting met 250 en 500 kg kalkammonsalpeter is het daarentegen respectievelijk 9,0 en 14. De invloed van stikstof op het aantal slingerende eindscheuten is zeer betrouwbaar ( $P < 0,01$ ). De bemesting met fosfaat verhoogt het aantal slingerende eindscheuten eveneens betrouwbaar ( $P < 0,05$ ); bemesting met kali heeft geen betrouwbare invloed op de afwijking. Zonder fosfaatbemesting is het aantal slingerende eindscheuten gemiddeld 7,3; bij bemesting met 500 en 1000 kg superfosfaat is dit aantal

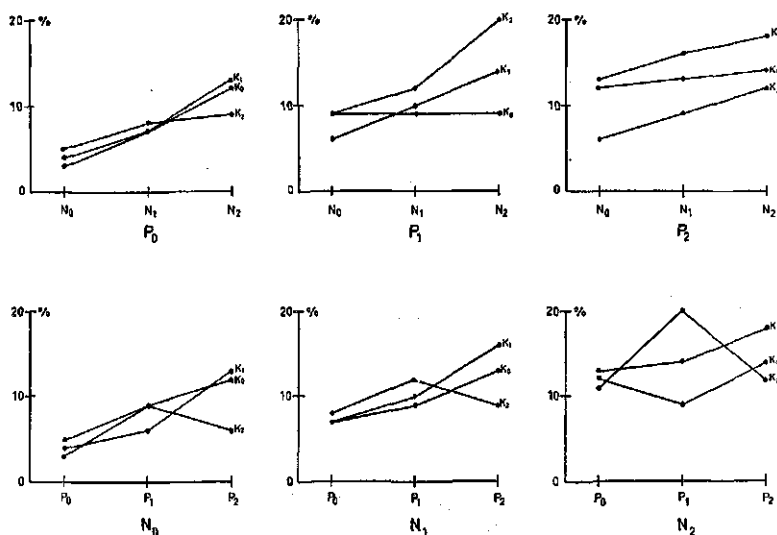


Fig. 3. Verband tussen percentage kromme scheuten van douglas en N, P en K dosering. (Relation between the percentage of crooked shoots of douglas fir and quantity of N, P and K supplied).

respectievelijk 11,0 en 12,3. Het grootste aantal slingerende eindscheuten komt voor bij de combinatie van de hoogste stikstof- en fosfaatgift.

#### Chemische samenstelling

Uit figuur 3 blijkt dat de oorzaak van het verschijnsel in de voeding gezocht moet worden. Daarom zijn in de herfst van de douglas naaldmonsters genomen voor chemisch onderzoek. De resultaten van dit onderzoek zijn vermeld in tabel 1.

Bemesting met patentkali heeft het kaligehalte van de naalden verhoogd. Bemesting met stikstof heeft daarentegen het kaligehalte verlaagd, bemesting met fosfaat doet het kaligehalte van de naalden weer toenemen. Deze invloeden op het kaligehalte blijken bij een variantie analyse betrouwbaar.

Het fosforgehalte van de naalden stijgt betrouwbaar onder invloed van de fosfaatbemesting ( $P < 0,01$ ) en daalt betrouwbaar onder invloed van de kalien- en stikstofbemesting (respectievelijk  $P < 0,05$  en  $P < 0,01$ ). Dit zou te verklaren zijn uit de opbrengstreactie, daar zowel onder invloed van kali als onder invloed van stikstof de groei toeneemt. Door bemesting met stikstof daalt het gehalte aan fosfor sterker dan door bemesting met kali. Het fosforgehalte daalt echter nergens beneden het voor gebreksverschijnselen karakteristieke niveau. Dit is wel het geval met het kaligehalte. Uit ander onderzoek (Van Goor 1963) is gebleken dat het kaliumgehalte in douglasnaalden bij gebreksverschijnselen 0,45% K is. Zoals uit tabel 1 blijkt komen gehalten van dit niveau voor bij de objecten die geen kali- en de hoogste stikstofbemesting ontvingen.

Tabel 1. Gehalten aan voedingsstoffen in de drogestof van naalder

P-bemesting	K-bemesting \ N-bemesting	N <sub>0</sub>						N <sub>1</sub>			
		N%	P%	K%	Cu mg/kg	B mg/kg	Zn mg/kg	N%	P%	K%	Cu mg/kg
P	K <sub>0</sub>	1,82	0,17	0,67	6,3	15,3	41,5	1,80	0,15	0,56	5,0
	K <sub>1</sub>	1,92	0,19	0,91	5,7	10,3	53,3	1,75	0,16	0,81	5,0
	K <sub>2</sub>	1,81	0,18	1,01	5,3	10,3	37,8	1,74	0,15	0,82	4,7
Gem.		1,85	0,18	0,86	5,8	11,8	44,2	1,75	0,15	0,73	4,9
P <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	1,85	0,27	0,88	5,5	14,7	54,8	1,78	0,23	0,53	3,8
	K <sub>1</sub>	1,88	0,21	0,94	5,5	14,7	47,8	1,72	0,18	0,84	4,1
	K <sub>2</sub>	1,86	0,25	1,13	5,2	11,6	44,8	1,63	0,18	0,79	4,6
Gem.		1,86	0,24	0,98	5,4	13,7	49,1	1,71	0,20	0,72	4,2
P <sub>2</sub>	K <sub>0</sub>	1,92	0,26	0,82	5,5	16,3	49,0	1,77	0,25	0,55	3,5
	K <sub>1</sub>	1,76	0,27	1,03	5,0	14,0	40,0	1,61	0,21	0,96	4,6
	K <sub>2</sub>	1,79	0,25	1,09	5,1	12,1	46,5	1,72	0,23	0,86	4,4
Gem.		1,82	0,26	0,98	5,2	14,1	45,2	1,70	0,23	0,79	4,2
Tot. gem.		1,84	0,23	0,94	5,5	13,2	46,2	1,72	0,19	0,75	4,4

Het gehalte aan stikstof daalt aanvankelijk onder invloed van de stikstofbemesting. Dit zou een gevolg kunnen zijn van de hierboven vermelde opbrengstreactie. Bemesting met kali schijnt het stikstofgehalte iets te verlagen. Ook bemesting met fosfaat verlaagt het stikstofgehalte slechts weinig, doch wel betrouwbaar ( $P < 0,05$ ). De negatieve invloed van de fosfaatbemesting op het stikstofgehalte is het grootst bij de hoge stikstofbemesting.

Het kopergehalte van de naalden neemt af onder invloed van de stikstof- en de fosfaatbemesting. Het ligt voor de hand aan te nemen dat de daling van het kopergehalte onder invloed van stikstof een gevolg is van de hogere opbrengst en niet van een koper-stikstof antagonisme. Uit ander onderzoek (nog niet gepubliceerd) blijkt namelijk dat het kopergehalte (bij gras) onder invloed van een bemesting met stikstof stijgt. De daling van het kopergehalte onder invloed van fosfaatbemesting is waarschijnlijk een gevolg van het minder beschikbaar worden van koper in de grond, daar koperfosfaatverbindingen weinig oplosbaar zijn. Bemesting met kali heeft het kopergehalte nauwelijks beïnvloed. De invloed van stikstof en fosfaat op het kopergehalte van de naalden is betrouwbaar ( $P < 0,01$ ).

Bemesting met stikstof heeft het boriumgehalte van de naalden verlaagd. Evenals bij koper lijkt ons dit een gevolg van de sterkere groei die onder invloed van stikstof is opgetreden. Bemesting met kali heeft het boriumgehalte eveneens verlaagd. Hoewel uit ander onderzoek (Reeve and Shive 1944, Henkens 1961) niets gebleken is van een kalium-borium antagonisme, is de daling van het boriumgehalte onder invloed van kalibemesting moeilijk te verklaren via een invloed op de groei. Immers uit figuur 1 blijkt dat kali de groei alleen duidelijk heeft beïnvloed bij een bemesting met 250 kg kas/ha \*)



van douglasspar bij verschillende stikstof- fosfaat- en kalibemesting.

		N <sub>2</sub>						gemiddeld					
B	Zn				Cu	B	Zn				Cu	B	Zn
mg/kg	mg/kg	N%	P%	K%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	N%	P%	K%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
11,8	38,0	2,04	0,14	0,40	4,6	10,7	37,8	1,88	0,15	0,54	5,3	12,6	39,1
8,2	50,5	1,96	0,15	0,67	4,5	9,9	38,8	1,88	0,17	0,80	5,1	9,5	47,5
7,0	38,3	2,07	0,13	0,72	4,7	4,3	42,5	1,87	0,15	0,85	4,9	7,0	39,5
9,0	42,3	2,02	0,14	0,60	4,6	8,3	39,7	1,88	0,16	0,73	5,1	9,7	42,0
13,8	40,3	1,83	0,17	0,48	3,4	11,8	35,0	1,82	0,22	0,63	4,2	13,4	43,6
10,8	37,3	1,79	0,18	0,80	4,1	8,3	36,0	1,80	0,19	0,86	4,6	11,3	40,4
11,8	42,0	1,76	0,18	0,85	3,4	13,5	34,0	1,75	0,20	0,92	4,4	12,3	40,2
12,1	39,9	1,79	0,18	0,71	3,6	11,2	35,0	1,79	0,20	0,80	4,4	12,3	41,4
16,3	36,8	1,88	0,25	0,46	3,1	14,3	29,8	1,86	0,25	0,60	4,0	15,6	38,5
12,2	43,3	1,85	0,18	0,76	3,1	11,3	25,5	1,74	0,22	0,92	4,2	12,5	36,8
9,3	40,3	1,86	0,20	0,83	3,0	11,9	33,3	1,79	0,23	0,93	4,2	11,1	40,0
12,6	40,1	1,86	0,21	0,70	3,1	12,5	29,5	1,80	0,23	0,82	4,1	13,1	38,4
11,2	40,7	1,89	0,18	0,66	3,8	10,7	34,8						

(N<sub>1</sub>). De daling van het boriumgehalte onder invloed van kali heeft echter bij alle stikstofhoeveelheden plaats. Bemesting met superfosfaat heeft het boriumgehalte in de naalden verhoogd. Zowel de invloed van stikstof, kali en fosfor op het boriumgehalte van de naalden is betrouwbaar ( $P < 0,05$  respectievelijk  $P < 0,01$  en  $P < 0,01$ ).

Evenals het koper- en boriumgehalte is ook het zinkgehalte van de naalden door de stikstofbemesting verlaagd. Bemesting met fosfaat heeft eenzelfde effect, doch in mindere mate. De kalibemesting is gemiddeld niet van invloed op het gehalte aan zink. Alleen de invloed van de stikstofbemesting is betrouwbaar.

#### *Verband tussen de chemische samenstelling en het optreden van slingerende eindscheuten.*

Uit het bovenstaande is gebleken dat het aantal slingerende eindscheuten toeneemt bij bemesting met stikstof en fosfaat. Hieruit kan worden afgeleid dat de werking van het element waarop stikstof en fosfaat dezelfde invloed hebben, de mogelijke oorzaak van de afwijking is. De invloeden van stikstof en fosfaat op het kalium, fosfor, borium en stikstof zijn niet gelijk gericht. Het is dus te verwachten dat er geen verband bestaat tussen het optreden van slingerende eindscheuten en het gehalte aan kalium, fosfor, borium en stikstof. Zoals uit figuur 4 blijkt is dit inderdaad niet het geval.

De invloeden van de fosfaat- en de stikstofbemesting op het koper- en het zinkgehalte van de naalden zijn echter niet tegengesteld.

\*) kas = kalkammonsalpeter

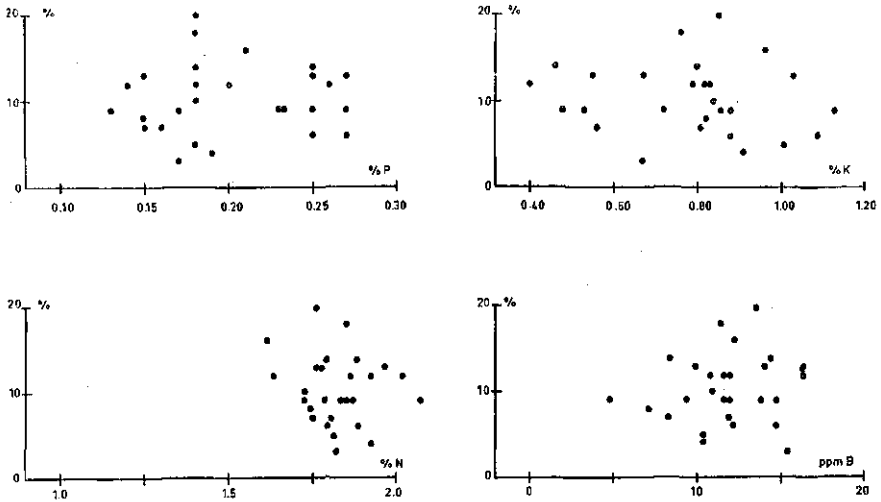


Fig. 4. Verband tussen het percentage kromme scheuten van douglas en het gehalte aan N, P, K en B in de naalden.  
*(Relation between the percentage of crooked shoots of douglas fir and the N, P, K and B content in the needles).*

Uit de figuren 5a en b blijkt dat er verband bestaat tussen het percentage slingerende eindscheuten en het zink- resp. kopergehalte van de naalden. Naarmate het zink of het kopergehalte hoger is, komt de afwijking minder vaak voor. Tussen zink- en kopergehalte bestaat echter een nauwe positieve samenhang (fig. 6,  $r = 0,78$ ). Het is om deze reden nog niet duidelijk of zowel het koper- als het zinkgehalte van invloed zijn geweest, of dat slechts één van beide factoren de afwijking verklaart. Om dit na te gaan werd een multiële regressie-analyse uitgevoerd. Hierbij werd alleen met het koper-

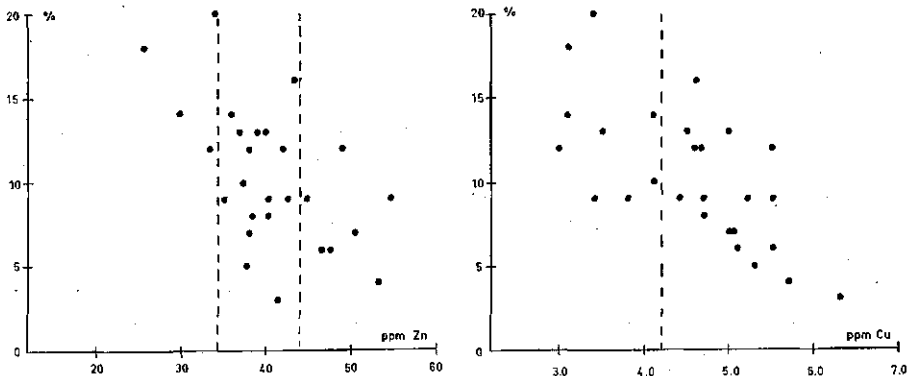


Fig. 5. Verband tussen het percentage kromme scheuten van douglas fir and the Zn (links) en Cu (rechts) in de naalden.  
*(Relation between the percentage of crooked shoots of douglas fir and the Zn (left) and Cu content (right) in the needles).*

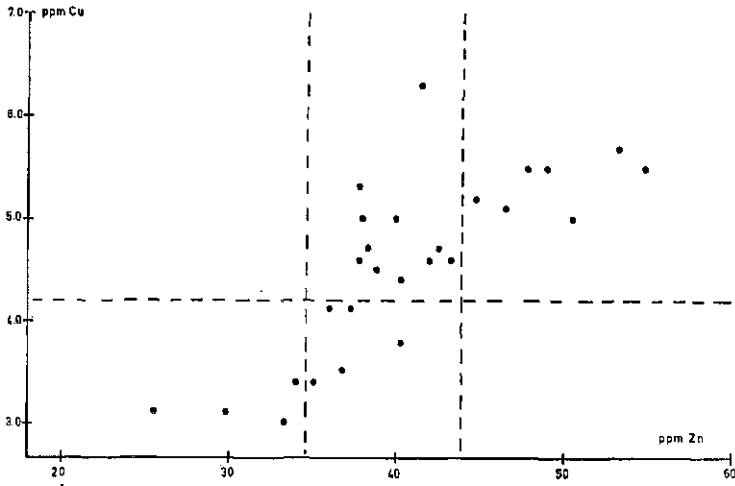


Fig. 6. Verband tussen het Zn en Cu gehalte in naalden van douglas.  
(Relation between the Zn and Cu content in douglas fir needles).

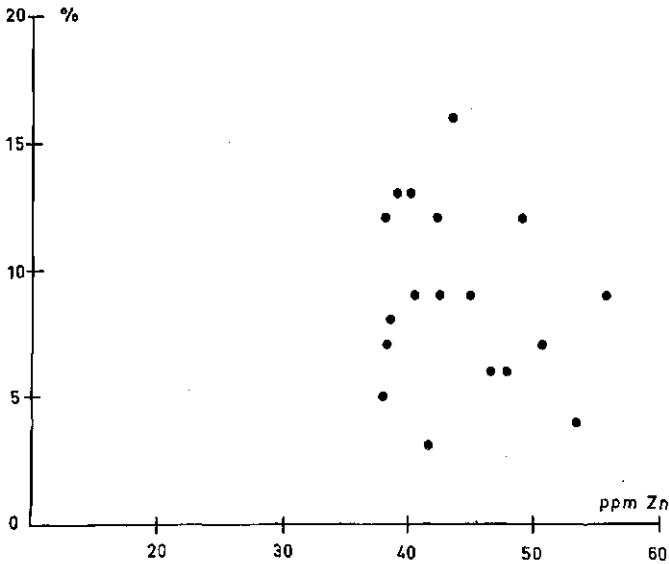


Fig. 7. Verband tussen het percentage kromme scheuten en het Zn gehalte in de naalden van douglas, waarvan het Cu gehalte boven 4,2 dpm ligt.  
(Relation between the percentage of crooked shoots and the Zn content in douglas fir needles having a Cu content of over 4.2 ppm).

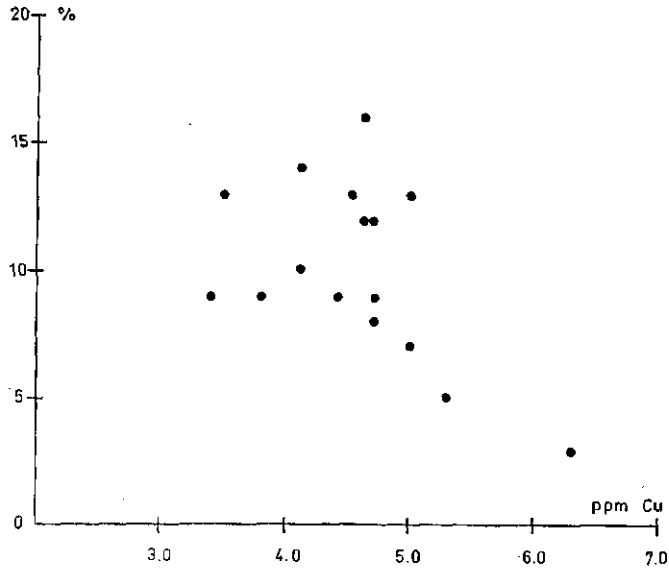


Fig. 8. Verband tussen het percentage kromme scheuten en het Cu gehalte van de naalden van douglas, waarvan het Zn gehalte 35 - 43,3 dpm bedraagt.  
(Relation between the percentage of crooked shoots and the Cu content in douglas fir needles having a Zn content between 35 and 43.3 ppm).

gehalte (bij constant zinkgehalte) een significante regressiecoëfficiënt gevonden ( $b_{y1.2} = -2,85$ ) en bleek het zinkgehalte (bij constant kopergehalte) als een verklaring van het optreden van slingerende eindscheuten zonder betekenis te zijn ( $b_{y1.2} = -0,035$ ). De variatie in het kopergehalte alleen verklaarde 39% van de variatie in het percentage slingerende eindscheuten.

#### Slotbeschouwing

Zoals boven aannemelijk is gemaakt, zijn de krommingen in douglas die in jonge culturen op verschillende plaatsen in Nederland voorkomen een gevolg van kopertekort. Het kopergehalte van de Nederlandse zandgronden, waarop de bossen in hoofdzaak voorkomen, is in het algemeen laag (Henkens 1957). Eigenaardig is echter dat in het bijzonder op heideontginningen de eerste generatie geen groeistoornissen door kopertekort heeft gekend. Uit het vorenbesproken onderzoek ligt het voor de hand aan te nemen dat zowel stikstof- als fosforbemesting kopergebrek kunnen veroorzaken. Het milieu na de heideontginning is stikstofarm. In dit stikstofarme milieu kunnen alleen pionierhoutsoorten, zoals lariks en groveden zich ontwikkelen.

Onder invloed van een dusdanige eerste generatie ontstaat een ruw humusdek met een belangrijke hoeveelheid stikstof. Deze is groter naarmate de grond vochtiger is. Na enkele tientallen jaren kan zelfs een humusdek ontstaan dat  $\pm 1500$  kg stikstof bevat. Deze grote hoeveelheid stikstof komt ter beschikking voor de tweede generatie. Het is dus te verwachten dat dit op gronden met een laag kopergehalte moeilijkheden geeft.

Hoewel de hier genoemde symptomen een gevolg zijn van kopergebrek, wijzen de lage boriumgehalten ook in de richting van boriumtekort. Het is mogelijk dat de symptomen van boriumgebrek gedeeltelijk verdoezeld worden door die van kopergebrek. Ook de vastgestelde zinkgehalten verdienen de aandacht. Nader onderzoek zal moeten leren of na opheffing van kopergebrek andere symptomen zullen optreden, die met tekort aan borium of zink samenhangen.

#### Literatuur

- Benzian, B. and Warren, R. G. Copper deficiency in sitka spruce seedlings. *Nature* 178, 1956 (864-865).
- Goor, C. P. van Bemestingsvoorschrift voor naalddhoutculturen. *Ned. Bosb. Tijdschr.* 35 (5), 1963 (129-142); *Korte Mededeling Bosbouwproefstation*, (56), 1963.
- Henkens, Ch. H. Invloed van borium op aardappelen. *Landbouwk. Tijdschr.* 73, 1961 (838-847).
- Henkens, Ch. H. De kopertoestand van het bouwland in Nederland. *Landbouwvoorl.* 14, 1957 (624-633).
- Meiden, H. A. van der Kopergebrek bij populier. *Ned. Bosb. Tijdschr.* 34 (1), 1962 (29-33); *Berichten Bosbouwproefstation* (20) 1962.
- Kopergebrek bij wilg. *Ned. Bosb. Tijdschr.* 36 (1), 1964 (24-29); *Berichten Bosbouwproefstation* (43) 1964.
- Rademacker, B. Kupfermangelerscheinungen bei Forstgewächse auf Heideboden. *Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft*, 4, 1940 (335-344).
- Reeve, E., and Shive, J. W. Potassium-boron and calcium-boron relationships on plant nutrition. *Soil Science* 57, 1944 (1-14).
- Skoog, F. Relationships between zinc and auxin on the growth of higher plants. *Am. Journ. of Botany* 27, 1940 (939-951).
- Vail, J. W., Parry, M. S. and Calton, W. E. Boron-deficiency die-back in pines. *Plant and Soil* 14 (4) 1961 (393-398).
- Will, G. M. e.a. Boron deficiency, the cause of die-back in pines in the Nelson District. *Research Leaflet Forest Research Institute*, (1) 1963 (New Zealand).