

De kopervoorziening van tweede- generatiebossen op voormalige heidegronden in Noordoost-Nederland*)

*Copper nutrition of second rotation forests on former heathlands in the
northeastern Netherlands*

J. van den Burg

Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De
Dorschkamp", Wageningen

1 Inleiding

De kopervoorziening van eerste generatie naaldhoutbebossingen op voormalige heidegronden heeft eigenlijk nooit tot problemen aanleiding gegeven (Van den Burg 1979). Alleen hier en daar treden in de oudste opstanden van Japanse lariks, douglas en fijnspar in het noordoostelijke bosgebied soms kromgroeiende en instervende toppen op, hetgeen aan een beginfase van kopergebrek doet denken. Oldenkamp (1971) stelde vast dat het verschijnsel van kromme topscheuten in een 45-jarige fijnsparopstand werd veroorzaakt door een onvoldoende kopervoorziening. Omdat deze opstanden het grootste deel van hun omloop hebben voltooid en onderzoek in deze opstanden moeilijk uitvoerbaar is, is aan dit aspect van de kopervoorziening bijna geen aandacht besteed.

De eerste duidelijke aanwijzingen van een onvoldoende kopervoorziening van tweede-generatiebossen werden verkregen in het begin van de zestiger jaren in jonge naaldhoutbeplantingen en in kwekerijen. Onderzoek in jonge naaldhoutbeplantingen en met potproeven wees uit dat aandacht moest worden besteed aan de kopervoorziening van voormalige heidegronden. Voor douglas leek het probleem van de kopervoorziening toen opgelost. Met behulp van naaldonderzoek kon de kopervoorziening van deze boomsoort worden beoordeeld en het bleek mogelijk om het optreden van kopergebreksverschijnselen in kwekerijen tegen te gaan door een eenmalige bemesting met 50 kg kopersulfaat/ha.

Verder onderzoek werd om de volgende redenen van belang geacht:

– In de eerste plaats moest wegens de stormrampen van november 1972 en april 1973 de tweede generatie bos in het noordoostelijke bosgebied in veel grotere oppervlakten worden aangelegd dan bij een ongestoorde ontwikkeling het geval zou zijn geweest. In een aantal douglas- en Japanse lariksculturen traden daarna op vrij grote schaal groeistoornissen op, die aan een onvoldoende kopervoorziening te wijten waren.

Summary

During the early sixties it was found that copper deficiency of Douglas fir in forest tree nurseries on former heathlands could be cured by fertilizing 50 kg copper sulphate/ha. Subsequent research in some trials in second rotation conifer stands on former heathlands (humus podzols) with a raw humus layer showed that this measure was not successful in these young stands. Because many second rotation stands (a.o. Douglas fir and Japanese larch, beech, oak and birch) had to be established after the damage caused by the November 1972 and April 1973 gales, research about the problem of copper deficiency was resumed since 1975. Preliminary results are:

- *In second generation stands on former heathlands, copper deficiency can be cured by rather high dressings of copper sulphate, viz. 250-500 kg/ha; copper slag is useless.*
- *Douglas fir and Japanese larch are sensitive to copper deficiency on these soils, but Cu status seems to improve slowly as the stand becomes older (although symptoms may reappear at a certain age).*
- *Sitka spruce, Abies grandis and Tsuga heterophylla are less sensitive, and Norway spruce and Scots pine do not show symptoms at all.*
- *Surveys of mineral nutrient status of some hardwoods, often planted as second rotation on former heathlands showed that their foliar Cu levels (in August) were adequate (silver birch 5.5-9.9 mg/kg; European beech 4.2-9.9 mg/kg; pedunculate oak 4.3-11.6 mg/kg).*
- *Compost fertilization during the first rotation has definitely improved soil copper status.*

– In de tweede plaats werden nogal wat beuken- en zomereikencultures aangelegd. De kennis van de kopervoorziening van deze boomsoorten was gering.

– In de derde plaats was het duidelijk geworden dat het bestaande koperbemestingsadvies (50 kg kopersulfaat/ha) wel bruikbaar was voor kwekerijen van bosplantsoen, maar in cultures met een ruwe humuslaag niet voldeed. Ook bleek de samenstelling van de

*) Verschijnt tevens als Mededeling 200 van De Dorschkamp. Foto's De Dorschkamp.

kopermeststof van belang te zijn.

Het gevolg van dit alles is geweest dat vanaf 1975 opnieuw aandacht is besteed aan de kopervoorziening van boomsoorten op voormalige heidegronden. Er zijn thans voldoende gegevens voorhanden om een voorlopig overzicht te kunnen geven van resultaten die voor de praktijk van belang zijn.

2 Overzicht van tot 1975 uitgevoerde bemestingsproeven en de daarop gebaseerde conclusies

Het onderzoek naar de kopervoorziening van naaldboomcultures, uitgevoerd in de eerste helft van de zestiger jaren, is gepubliceerd door Van Goor en Henkens (1966), Oldenkamp en Smilde (1966a, b; 1967) en Van Goor (1968). Dit onderzoek had grotendeels betrekking op douglas, een soort die gevoelig is voor kopergebrek. Verdere bemestingsproeven werden uitgevoerd met Japanse lariks, sitkaspar en fijnspar. Een overzicht van de proeven verscheen in 1975 (Van den Burg en Van Goor). De meeste van deze bemestingsproeven duurden slechts enkele jaren. Uit deze proeven waren de volgende conclusies te trekken:

- Kopergebreksverschijnselen bij douglas in kwekerijen op voormalige heidegronden konden worden bestreden door eenmalige bemesting met 50 kg kopersulfaat/ha. Hogere kopersulfaatgiften (tot 150 kg/ha) waren niet effectiever.
- Kopergebreksverschijnselen in hetzelfde gebied in tweede generatie naaldboomcultures (douglas en Japanse lariks) – waarin steeds een laag ruwe humus aanwezig was – verdwenen meestal niet na bemesting met de gebruikelijke kopermeststofdoseringen. Illustratief hiervoor is een koperbemestingsproef in de boswachterij Schoonlo vak 55b, aangelegd in een cultuur van Japanse lariks, die was aangeplant als tweede generatie na groveden en vermoedelijk aan kopergebrek leed. In deze proef werd het effect van toenemende giften kopersulfaat (0-200 kg/ha) vergeleken met dat van toenemende giften koperlakkenbloem (0-800 kg/ha)*). In figuur 1 is voor drie tijdstippen (najaar 1962, 1963 en 1966) het kopergehalte van de naalden van de langloten vergeleken met de hoogte van de kopergift, die in januari 1962 werd uitgevoerd. Twee effecten zijn uit figuur 1 af te lezen: bemesting met koperlakkenbloem had in het geheel geen effect en bemesting met kopersulfaat alleen voor zover de kopergift minstens 50 kg Cu/ha bedroeg (overeenkomend met minstens 200 kg kopersulfaat/ha). Dezelfde conclusies konden worden getrokken uit koperbemestingsproeven met douglas.

*) Kopersulfaat is een gemakkelijk oplosbare kopermeststof en bevat ca. 25% koper. Koperlakkenbloem is een slecht oplosbare kopermeststof en bevat veel minder koper, nl. slechts ca. 2%.

– Men kon hieruit afleiden dat koper blijkbaar sterk in de bovengrond van voormalige heidegronden wordt vastgelegd.

– Ruwe humus bleek de kopervoorziening van naaldbomen te beïnvloeden. De afbraak van ruwe humus is in de eerste jaren na de aanleg van de nieuwe cultuur zeer hoog en daarbij komt veel gemineraliseerde stikstof ter beschikking. In bemestingsproeven in de boswachterij Gees (vak 44) bleek dat vooral stikstofbemesting de kopervoorziening van sitkaspar en fijnspar verslechterde en bij sitkaspar zelfs kopergebreksverschijnselen induceerde.

– Hoge kopermeststofgiften (tot 800 kg kopersulfaat/ha) hadden nooit een nadelige werking (Gees vak 29; Schoonlo vak 45).

Omdat kopergebreksverschijnselen vooral optreden in tweede generatie naaldhoutbossen en deze bossen vanaf hun aanleg een ruwe humuslaag bezitten rees de vraag of de eigenschappen van de organische stof waaruit de ruwe humus is opgebouwd een rol speelden bij het optreden van kopergebrek. Potproeven van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Van Luit 1979) met ruwe humus uit opstanden van verschillende boomsoorten in heidebebouwingen gaven echter geen duidelijk resultaat.

3 Overzicht van sinds 1975 uitgevoerd onderzoek

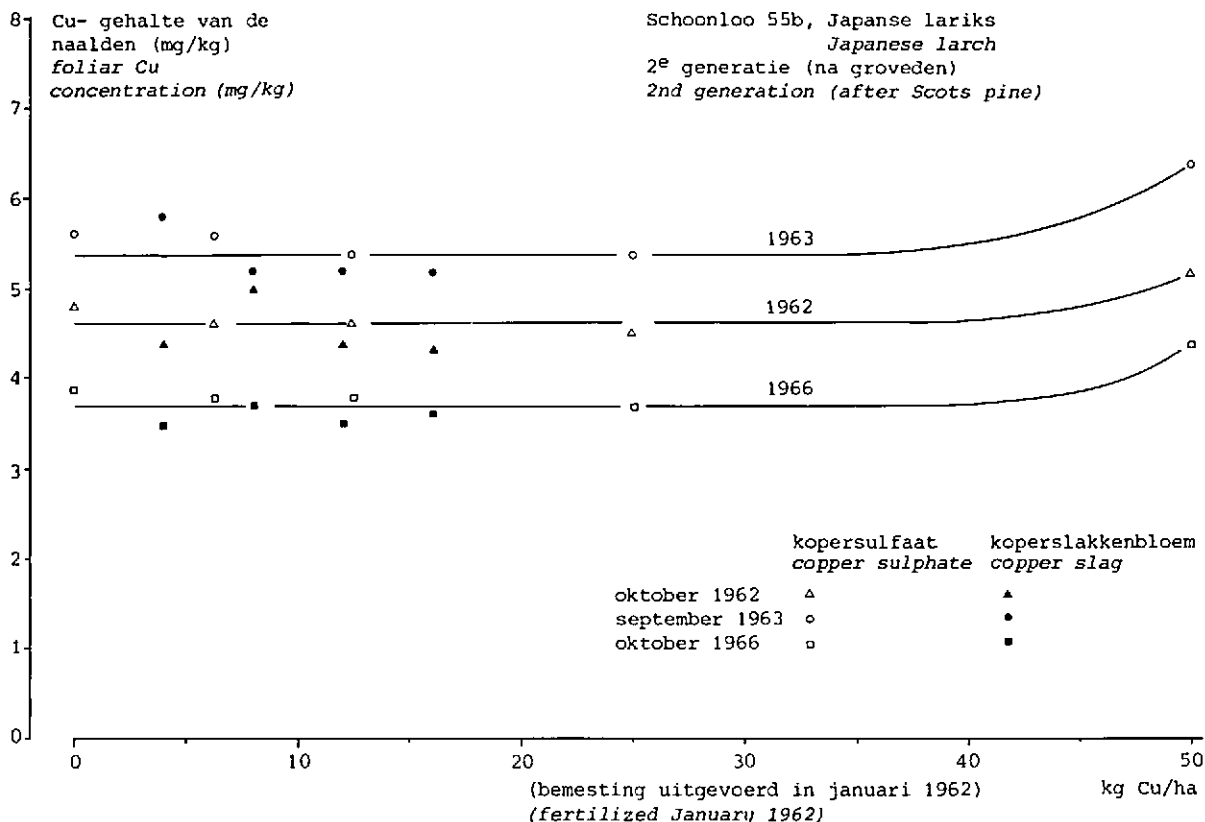
Sinds 1975 zijn de volgende onderzoeken naar de kopervoorziening van bomen op voormalige heidegronden uitgevoerd:

– Voor een aantal boomsoorten is door inventarisatie het traject van kopergehalten vastgesteld en is nagegaan bij welk kopergehalte van blad of naalden zichtbare kopergebreksverschijnselen optreden en hoe kopergebrek te herkennen is. Op vrij grote schaal zijn cultures van ruwe berk, beuk, zomereik (zomer 1980) en Japanse lariks (najaar 1978 en 1980) beoordeeld en bemonsterd. Op zeer beperkte schaal is geïnventariseerd in cultures van sitkaspar, fijnspar en Abies grandis.

– Het verband tussen de voorgeschiedenis in ruime zin en het optreden van kopergebreksverschijnselen bij douglas, Japanse lariks en sitkaspar is onderzocht door Boersma (1979).

– Potproeven zijn uitgevoerd met douglas en Japanse lariks in de periode 1976-1978 (Van den Burg 1980) en met ruwe berk, beuk en zomereik (1980-1981) om het verband tussen bemesting en kopervoorziening en de aard van gebreksverschijnselen beter te kunnen bestuderen. In 1982 is een potproef begonnen waarin een aantal kopermeststoffen wordt vergeleken.

– In bemestingsproefvelden is onderzocht welke manier van kopermeststoftoediening (breedwerpig, op de plantspiegel of in het plantgat) de beste resultaten



Figuur 1. De invloed van koperslakkenbloem (0-800 kg/ha) en kopersulfaat (0-200 kg/ha) op het kopergehalte van de naalden van langloten van Japanse lariks (Schoonloo, 55b).

Figure 1. The effect of copper slag (0-800 kg/ha) and copper sulphate (0-200 kg/ha) on foliar Cu concentration of long shoots of Japanese larch (Schoonloo, 55b).

geeft en hoe groot de kopermeststofgift moet zijn.

De uitkomsten van het onderzoek worden in het volgende hoofdstuk besproken. Men moet wel voor ogen houden dat vooral de resultaten van de bemestingsproefvelden betrekking hebben op een periode van slechts een paar jaar. Omdat juist de resultaten van koperbemestingsonderzoek nogal wisselvallig zijn en koperbemesting een langzame werking heeft laat deze korte waarnemingsperiode nog geen definitieve conclusies toe.

4 Resultaten en bespreking van inventarisaties en bemestingsonderzoek

4.1 Inventarisatie

4.1.1 Loofbomen

De resultaten van de inventarisaties in loofboomcultures wijzen er op dat de kopervoorziening van ruwe berk, beuk en zomereik (tweede generatie bos na

naaldhout) in het noordoostelijk bosgebied van Nederland voldoende is. De volgende trajecten van kopergehalten in het blad (augustus 1980) zijn aangetroffen:

ruwe berk	5,5- 9,9 mg/kg
beuk	4,2- 9,9 mg/kg
zomereik	4,3-11,6 mg/kg

Deze gehalten komen overeen met waarden die door Stone (1968) als voldoende voor loof- en naaldbomen worden vermeld. De voor beuk kenmerkende kopergebreksverschijnselen (vuilgroen blad met helderbruine randnecrose en chlorose tussen de zijnerven; afsterven van de eindknop en vorming van nieuwe scheuten (Kolari 1979; Penningsfeld 1964; Penningsfeld und Forchthammer 1968) zijn niet gevonden. De verschijnselen van onregelmatige bladnecrose en ingestorven scheuten, die nogal eens bij beuk voorkwamen, zijn het gevolg van nachtvorstschade. Nachtvorstschade kan worden verergerd door een slechte kopervoorziening (Van Goor en Henkens 1966) maar dat was bij beuk niet het geval.

Uit deze gegevens en uit de resultaten van een pot-



Tweede generatie douglas, met ernstig kopergebrek.
Second rotation of Douglas fir, with copper deficiency.



Tweede generatie douglas, gezond.
Second rotation of Douglas fir, healthy.

proef kan met vrij grote zekerheid worden afgeleid dat kopergebrek bij ruwe berk, zomereik en beuk op voormalige heidegronden tot de uitzonderingen behoort.

4.1.2 Japanse lariks

De Japanse lariks is een boomsoort, die na de aanleg van de tweede generatie bos op voormalige heidegronden nogal eens groeistoornissen vertoont. In tegenstelling tot douglas – waarvan de kopergebrekverschijnselen goed bekend zijn en duidelijk te onderscheiden zijn van andere groeistoornissen – vertoont de Japanse lariks een veelheid van groeistoornissen die de interpretatie bemoeilijken. Op grond van de resultaten van een onderzoek naar de relatie tussen naaldsamenstelling en habitus in 1977 (Van den Burg 1978), in 1978 (Van den Burg 1982) en in 1980 is het volgende als redelijk zeker te beschouwen:

- Zeer jonge Japanse lariks vertoont in geval van kopergebrek insterven van de topscheut en slappe zij-scheuten. Zaailingen kunnen in geval van kopergebrek zelfs geheel afsterven; deze conclusie is gebaseerd op waarnemingen in potproeven (Van den Burg 1980; Rademacher 1940).

- In jonge cultures doet zich nogal eens hetzelfde verschijnsel voor. Als de topscheut niet insterft kan deze soms min of meer over de grond gaan kruipen, maar kan ook zeer kronkelend omhoog gaan groeien. Door de vorming van veel zijtakken (die vaak ook kron-

kelig zijn) is de vorm van de Japanse lariks zeer bossig. Veel bomen zien eruit alsof ze scheef gewaaid zijn.

- Na dit stadium zijn er twee mogelijkheden: de Japanse lariks sterft pleksgewijs grotendeels af, of de bossige en kromme vormen verdwijnen langzamerhand doordat de topscheut steeds rechter gaat groeien en bij zuivering en dunning van de cultuur de slechtstgevormde exemplaren verdwijnen. In sommige beplantingen met een overmatige stikstofvoorziening kan op middelbare leeftijd weer kopergebrek gaan optreden: de toppen sterven in of gaan kronkelen, en veel bomen gaan scheef hangen.

Opvallend is bij Japanse lariks het verschijnsel dat pleksgewijs de jonge planten binnen een paar jaar kunnen insterven of zelfs afsterven. De indruk bestaat dat dit verschijnsel vooral optreedt op de wat vochtiger terreingedeelten (Boersma 1979; Van Goor en Hekens 1966). In een aantal gevallen zijn tussen de plekken met rechte en die met ingestorven bomen echter geen duidelijke bodemkundige verschillen te ontdekken. Een voorbeeld van een dergelijk verschijnsel is gevonden in de boswachterij Schoonlo, vak 59a. Analyse van de naalden van langloten van nog overgebleven, kromme en ingestorven exemplaren van Japanse lariks in een sterfteplek en van min of meer rechte Japanse lariks rondom deze plek gaf het volgende resultaat:



Tweede generatie Japanse lariks, met kopergebrek. Let op de slingerende stammen en de ingestorven en bossige exemplaren op de voorgrond.

Second generation of Japanese larch, with copper deficiency. Notice the crooked stems, and the plants with dead tops and bushy appearance in the foreground.



Tweede generatie Japanse lariks, gezond. De stammen zijn recht en de bomen zijn veel minder bossig.

Second rotation Japanese larch, healthy. Stems are straight and trees are much less bushy.

	naaldsamenstelling september 1978		
	N(%)	P(%)	Cu(mg/kg)
rechte exemplaren rond sterfteplek	1,57	0,27	3,5
kromme en ingestorven exemplaren in sterfteplek	2,26	0,28	1,1

De kopervoorziening van de Japanse lariks blijkt uit de voorgeschiedenis van het terrein over het algemeen niet voorspelbaar te zijn. Boersma (1979) vond geen verband tussen de voorgeschiedenis en mate van groeiomvorming.

4.1.3 Overige naaldboomsoorten

Aan de andere in het noordoostelijk bosgebied van Nederland aangeplante naaldboomsoorten is weinig aandacht besteed, deels omdat er al veel van bekend is (douglas) deels omdat er nooit duidelijke aanwijzingen zijn gevonden voor kopergebrek (fijnspar).

De voorgeschiedenis van douglas- en sitkacultures bleek bepalend te zijn voor het optreden van kopergebrek. Boersma (1979) vond dat in die cultures waarin tijdens de vorige generatie naaldbos was bemest met VAM-compost (meestal 40 ton/ha, hetgeen een ko-

perbemesting van 16 kg Cu/ha betekende (Jansen 1953a, 1953b) zowel sitkaspar als douglas significant minder kopergebrekverschijnselen vertoonden dan zonder compostbemesting het geval was. Ook de aanlegmethode speelde een rol. Douglas aangelegd tussen coulissen leed gemiddeld minder aan kopergebrek dan douglas aangelegd onder een scherm en deze laatste weer minder dan douglas aangelegd op de open vlakte. Toch worden ook in douglascultures tussen coulissen en onder scherm zo vaak kopergebrekverschijnselen aangetroffen dat men de betekenis van deze aanlegmethoden in dit opzicht niet moet overschatten.

Uit incidentele waarnemingen aan beplantingen van *Abies grandis* en *Tsuga heterophylla* is gebleken dat deze boomsoorten in het noordoostelijk bosgebied aan kopergebrekverschijnselen kunnen lijden. Deze verschijnselen lijken op die bij douglas.

4.1.4 Gevoeligheid voor kopergebrek en diagnose

In dit artikel wordt niet uitvoerig op de aard van de kopergebreksverschijnselen van de onderzochte boomsoorten ingegaan, omdat dit nogal wat kennis van de Cu-voorziening vereist en de verzamelde naald- en bladmonsters deels nog in bewerking zijn. Wel kan de volgorde van gevoeligheid van een aantal boomsoorten voor kopergebrek in jonge cultures op voormalige heidegronden worden aangegeven:

zeer gevoelig: douglas, Japanse lariks

tamelijk gevoelig: sitkaspar, *Abies grandis*, *Tsuga heterophylla*

weinig gevoelig: fijnspar

ongevoelig: ruwe berk, beuk, zomereik, groveden (en vermoedelijk ook Corsicaanse en Oostenrijkse den, *Pinus strobus* en *Pinus contorta*).

Deze verschillen in gevoeligheid (voor zover het naaldboomsoorten betreft) komen overeen met waarnemingen van Strullu (1973) in cultures in Frankrijk en van Binns et al (1980) in Engeland. In kwekerijen kan de gevoeligheidsvolgorde iets anders zijn (Benzian 1965).

Kopergebrek bij *Pinus*-soorten in het noordoostelijk bosgebied van Nederland is nooit waargenomen. Literatuurvermeldingen van kopergebreksverschijnselen bij *Pinus*-soorten zijn schaars. Stone (1968) vermeldt geen waarnemingen in cultures. Binns et al (1980) vonden dat kopergebrek bij *Pinus*-soorten leidde tot lichte slingergroei van de topscheut. Rademacher (1940) vermoedde kopergebrek bij groveden op pleistocene zandgronden in Noord-Duitsland, maar zijn aanwijzingen waren zwak. De naalden van groveden hebben in cultures op humuspodzolgronden altijd hogere Cu-gehalten dan die van fijnspar (Materna 1965, Van Tol 1978). De grenswaarde voor zichtbaar kopergebrek (Cu-gehalte van de naalden) bij fijnspar en groveden is ongeveer dezelfde (Haveraaen 1964; Materna 1962; Stone 1968; Zöttl 1973). Als men deze overwegingen combineert met de waarneming dat kopergebrek bij fijnspar op humuspodzolgronden meestal niet voorkomt dan is aannemelijk dat kopergebrek bij groveden op humuspodzolgronden ontbreekt.

De tot nu toe beschikbare gegevens over de betekenis van het kopergehalte van de naalden zijn verwerkt in recent verschenen handleidingen voor het bosbeheer in Nederland (Aanleg en beheer van bos en beplantingen 1981; Van den Burg 1982).

4.2 Koperbemestingsonderzoek: uitgangspunten en resultaten

De uitgangssituatie van bossen op voormalige heidegronden is voor wat betreft de kopervoorziening vrij on-

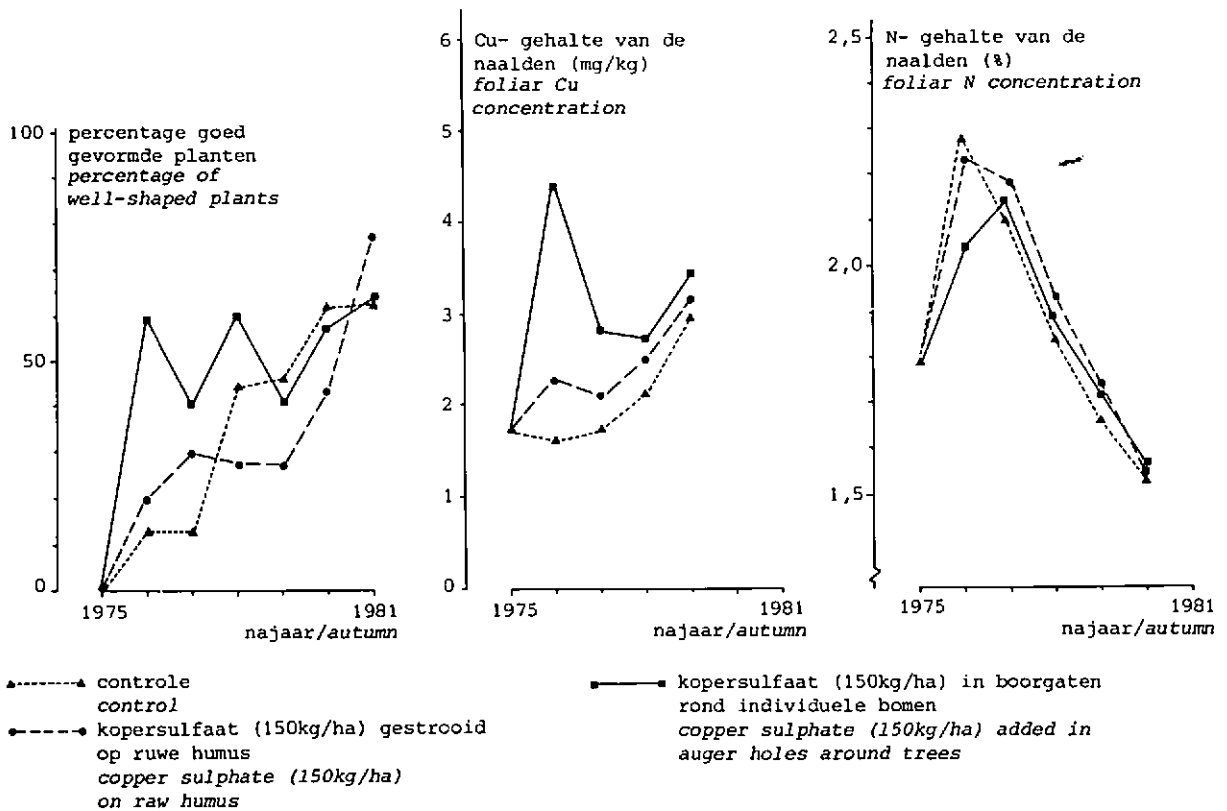
gunstig. Het totale kopergehalte van de bovengrond bedraagt meestal slechts 1 mg/kg grond. Voor landbouwgewassen wordt een minimaal totaal gehalte van ca. 3-4 mg/kg nodig geacht. Verder bedraagt de pH-KCl van deze voormalige heidegronden 3-4, in welk pH-traject het koper zeer sterk door bepaalde organische stoffen wordt geadsorbeerd en dus niet voor de bomen beschikbaar is (Kiekens en Cottenie 1981; Lexmond 1981; Verloo 1974). Met deze bodemeigenschappen als uitgangspunt en met inachtnaam van het reeds vermelde feit dat de gebruikelijke kopersulfaatgiften – die in kwekerijen wel voldeden – in cultures onvoldoende effect hadden, is een aantal proefvelden aangelegd om te trachten een voor de praktijk bruikbare methode van koperbemesting te vinden.

Het onderzoek in de meeste van de sinds 1975 aangelegde proefvelden is nog niet afgesloten zodat de resultaten die hieronder worden vermeld een voorlopig karakter hebben. Ze worden echter voldoende geacht om tot een bruikbare richtlijn voor het verbeteren van de kopervoorziening te komen.

De resultaten van de koperbemestingsproefvelden laten zich als volgt samenvatten:

– In de tweede generatie naaldbomen vindt tot aan het tijdstip van sluiting een proces van snelle ruwe humusmineralisatie plaats, hetgeen zich weerspiegelt in de zeer goede stikstofvoorziening van jonge cultures. In de eerste jaren na de aanleg van de nieuwe cultuur is het N-gehalte van de naalden zeer hoog, maar dit neemt in de loop der jaren langzamerhand af. Het kopergehalte van de naalden neemt daarentegen (onafhankelijk van koperbemesting) langzamerhand toe, vermoedelijk als gevolg van de afnemende stikstofleverantie door de ruwe humus (stikstof en koper zijn in beplantingen op voormalige heidegronden elkaars antagonist) en door de afbraak van de ruwe humus zelf waardoor geadsorbeerd koper ter beschikking van de bomen komt. Als gevolg van beide processen treedt op den duur een afname van het aantal door kopergebrek misvormde bomen op en verdwijnen kopergebreksverschijnselen als de beplantingen in sluiting zijn gekomen. Er is echter waargenomen dat ze op latere leeftijd weer kunnen verschijnen o.a. na dunning. Het bovenstaande is weergegeven in figuur 2, ontleend aan een sinds 1975 lopend onderzoek in de boswachterij Schoonlo, vak 117.

– Proefnemingen met plantgatbemesting hebben aangetoond dat deze methode van koperbemestingsstoftoediening tegenvallende resultaten oplevert. De werkingsduur van plantgatbemesting is beperkt (de wortels groeien uit het plantgat in de koperarme bodem; om dan de kopervoorziening te verbeteren is breedwerpige bemesting nodig) en de hoeveelheid meststof die per plantgat moet worden gegeven om enige verhoging van het kopergehalte van de planten te bewerk-



Figuur 2. Veranderingen in de Cu- en N-voorziening en de mate van kopergebrek in een jonge tweede generatie douglascultuur op een humuspodzolgrond (aanplant 1974).
Figure 2. Changes in Cu and N status and intensity of Cu deficiency symptoms in a young second rotation Douglas fir stand on a humus podsol (established 1974).

stellen is zo groot dat groeivermindering en zelfs aanzienlijke sterfte kan optreden.

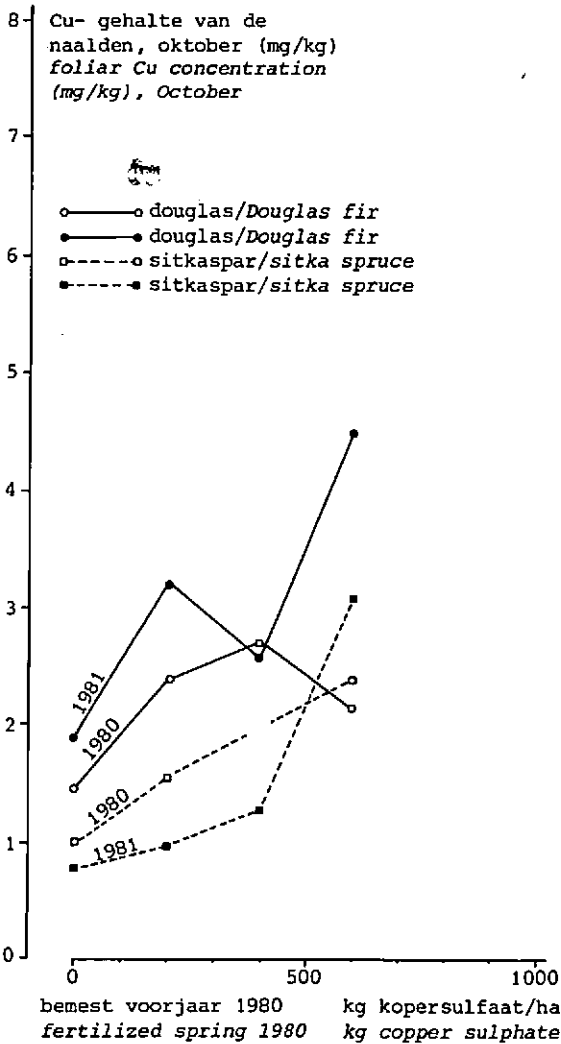
– Proefnemingen waarin de plantenwortels werden gedompeld in een oplossing van kopersulfaat hebben een negatief resultaat gehad. In een proef met douglas stierf in het jaar van aanleg 12% van de planten van de controlebehandeling, tegen 85-90% van de planten waarvan de wortels in een oplossing van 1, resp. 2 en 4% kopersulfaat (gemengd met kalk) waren gedompeld.

– De beste resultaten zijn tot nu toe verkregen met proeven waarin de grootte van de kopersulfaatgift uiteenliep van 200 tot 600 kg kopersulfaat/ha. In figuur 3 is dit geïllustreerd aan de hand van resultaten van twee proefvelden in de boswachterij Tjongervallei, complex Oranjewoud. Het kopergehalte van de naalden van aan zeer ernstig kopergebrek lijdende sitkaspar- en douglasopstanden nam na kopersulfaatbemesting (uitgevoerd in het voorjaar van 1980) merkbaar toe, zowel in oktober 1980 als in oktober 1981.

– Weinig onderzoek is gedaan naar de samenstelling

van de meststof waarmee koper het beste kan worden toegediend. Wel is duidelijk dat koperslakkenbloem alleen in kwekerijen enig effect heeft, niet in cultuurs en opstanden met een ruwe humuslaag. Kopersulfaat is overigens niet de meest geschikte vorm. Resultaten van Fins onderzoek (Pietiläinen and Veijalainen 1979; Veijalainen 1980) maken het waarschijnlijk dat koperoxide een meststof is die (evenals houtas!) een betere werking heeft dan kopersulfaat. In een potproef wordt op "De Dorschkamp" het effect van verschillende koper meststoffen onderzocht.

– De vraag met hoeveel moet worden gemest kan voorlopig als volgt worden beantwoord. Uit de resultaten van koperbemestingsproeven blijkt dat in cultures pas van enig effect op de kopervoorziening kan worden gesproken als de kopersulfaatgift minstens 200 kg/ha bedraagt. In opstanden met ernstig kopergebrek is tot nu toe met 600 kg/ha een veel beter resultaat bereikt dan met lagere hoeveelheden. Men kan er daarom van uit gaan dat in geval van matig kopergebrek moet worden bemest met 250 kg kopersulfaat/ha en bij



Figuur 3. De invloed van hoge kopersulfaatgiften op de Cu-gehalten van de naalden, oktober (mg/kg) foliar Cu concentration (mg/kg), October

opstand met ernstige kopergebreksverschijnselen. Figure 3. Effect of high copper sulphate dressings on foliar Cu concentration of a Douglas fir and a sitka spruce stand, with serious Cu deficiency symptoms.

ernstiger kopergebrek tot 500 kg/ha, afhankelijk van de ernst van de gebreksverschijnselen. Dergelijke giften lijken groot, maar komen overeen met bemestingsadviezen in Florida ter bestrijding van kopergebrek (Dickey 1977). In proefvelden in het noordoostelijk bosgebied is ondanks kopersulfaatgiften tot 800 kg/ha nooit schade aan de bomen opgetreden.

— De soorten die de meeste aandacht verdienen zijn douglas en Japanse lariks. Op die gronden die vroeger met compost zijn bemest is de kans op kopergebrek klein. Voor cultures van deze boomsoorten op andere groeiplaatsen is niet te voorspellen of en zo ja wanneer op voormalige heidegronden kopergebrek zal optre-

den. Zodra bij douglas de bekende slingeringen van de topscheut en bij Japanse lariks pleksgewijs afsterven, insterven van de topscheut of zeer bossige groei en scheef hangen gaan optreden is het raadzaam tot koperbemesting over te gaan. Zichtbare resultaten ervan mag men niet in het jaar van uitvoering verwachten. Omdat koperbemesting slechts langzaam tot werking komt heeft het zin om in die opstanden, die over niet te lange tijd zullen worden geveld en waarvan bekend is dat de volgende generatie uit douglas of Japanse lariks zal bestaan, koperbemesting voorafgaand aan de velling uit te voeren. Alleen als men zeker weet dat in een dergelijke opstand met compost is gemest, kan koperbemesting achterwege blijven.

— Tot nu toe is aangenomen dat alleen in het noordoostelijk bosgebied van Nederland (Drente, Zuidoost-Friesland, Zuidoost-Groningen en Overijssel benoorden de Vecht) kopergebrek bij naaldboomsoorten voorkomt. Uit waarnemingen van de laatste jaren is gebleken dat in tweede generaties douglas op de Veluwe en Overijssel bezuiden de Vecht hier en daar ook kopergebrek kan optreden.

Conclusies

a Kopergebreksverschijnselen bij naaldboomsoorten aangelegd op pleistocene zandgronden waarop een ruwe humuslaag aanwezig is, kunnen het beste worden bestreden door een vrij hoge kopersulfaatgift, nl. 250-500 kg/ha.

b Een in het verleden uitgevoerde compostbemesting heeft de kopervoorziening ook voor kopergebreksgevoelige soorten meestal op een voldoende hoog niveau gebracht.

c Wegens de langzame werking van kopermeststoffen kan men overwegen deze bemesting reeds uit te voeren vóór het vellen van de bestaande opstand, als de volgende generatie uit kopergebreksgevoelige soorten zal bestaan.

d Douglas en Japanse lariks zijn van de naaldboomsoorten het gevoeligste voor kopergebrek.

e Tot nu toe zijn er geen aanwijzingen dat loofboomsoorten, die op deze zandgronden zouden kunnen worden aangeplant (berk, beuk, zomereik), aan kopergebrek lijden.

Literatuur

- Aanleg en beheer van bos en beplantingen (Eindredactie P. R. Schütz en G. van Tol) 1981. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp"/Pudoc, Wageningen. 504 p.
- Benzian, B. 1965. Experiments on nutrition problems in forest nurseries Volume I, 251 p. Bulletin Forestry Commission London nr. 37.

- Binns, W. O., G. J. Mayhead and J. M. MacKenzie. 1980. Nutrient deficiencies of conifers in British forests. Leaflet Forestry Commission London nr. 76.
- Boersma, F. 1979. Een inventariserend onderzoek naar het optreden van groeimisvormingen door kopergebrek bij douglas, sitkaspar en lariks in Drentse boswachterijen. Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 183.
- Burg, J. van den. 1978. Resultaten van in 1977 uitgevoerd incidenteel grond-, blad- en naaldonderzoek in een aantal beplantingen. Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 166.
- Burg, J. van den. 1979. Veranderingen in heidegronden door bebossing. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 51: 69-81; Mededeling Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 174.
- Burg, J. van den. 1980. Een vergelijkend onderzoek van kopergebreksverschijnselen bij douglas en Japanse lariks (Verslag van een in de periode 1976 t/m 1978 uitgevoerde potproef). Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 222.
- Burg, J. van den, en C. P. van Goor. 1975. Problemen bij de minerale voeding van eerste en tweede generatie naaldhout in heidebebossingen. Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 68.
- Dickey, R. D. 1977. Nutritional deficiencies of woody ornamental plants used in Florida landscapes. Bulletin Agricultural Experiment Stations, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, nr. 791. 63 p.
- Goor, C. P. van. 1967. Bemestingsvoorschrift voor naaldhoutculturen; 2e dr. Mededeling Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 56. 16 p.
- Goor, C. P. van. 1968. Spurenelemente bei der Ernährung von Koniferen. Ernährung und Düngung der Fichte; Vorträge der Tagung der Arbeitsgemeinschaft Forstdüngung und -melioration der Sektion Forstwesen der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, von 4. bis 6. Oktober in Tharandt. Tagungsberichte Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Nr. 84: 147-155.
- Goor, C. P. van, en Ch. H. Henkens. 1966. Groeimisvormingen bij douglas en fijnspar en sporenelementen. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 38: 108-120; Mededeling Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 76.
- Haveraan, O. 1964. Koppermangel hos gran. Tidsskrift for Skogbruk 72 (3): 3-14.
- Jansen, J. J. M. 1953a. Het gebruik van VAM-Compost bij de Drentse Staatsbebossingen. Mededelingenblad Vuilafvoer Maatschappij "VAM" 8 (1): 1-4.
- Jansen, J. J. M. 1953b. VAM-Compost en heidebebossingen. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 25: 16-19.
- Kiekens, L., en A. Cottenie. 1981. Behaviour of copper in soils: adsorption and complexation reactions. In: Copper in animal wastes and sewage sludges, Proceedings of the EEC Workshop organised by the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Station d'Agronomie, Bordeaux, October 8-10, 1980 (P.l'Hermite and J. Dehandschutter eds.), p. 85-101. Commission of the European Communities; published by D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Kolari, K. K. 1979. Micro-nutrient deficiency in forest trees and die-back of Scots pine in Finland. Folia Forestalia nr. 389. 37 p.
- Lexmond, Th. M. 1981. A contribution to the establishment of safe copper levels in soil. In: Copper in animal wastes and sewage sludges. Proceedings of the EEC Workshop organised by the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Station d'Agronomie, Bordeaux, October 8-10, 1980 (P.l'Hermite and J. Dehandschutter eds.), p. 162-183. Commission of the European Communities; published by D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Luit, B. van. 1979. Onderzoek naar het optreden van kopergebrek op Drentse bosgronden. Rapport Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, nr. 9-79. 18 p.
- Materna, J. 1965. Ernährungsprobleme in Kiefernbestände. Aktuelle Probleme der Kiefernwirtschaft; Internationales Symposium des Instituts für Forstwissenschaften Eberswalde der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin von 28. September bis 3. Oktober 1964 in Eberswalde. Tagungsberichte Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, nr. 75: 633-638.
- Oldenkamp, L. 1971. De invloed van het bos op de bodem: aspecten van bodemvruchtbaarheid. Programma voor de excursie "Bodem en bosbouw" van de Nederlandse Bodemkundige Vereniging op 18 mei 1971. Stichting voor Bodemkartering Wageningen, Stencil nr. 5022.
- Oldenkamp, L., and K. W. Smilde. 1966a. Copper deficiency in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Plant and Soil 25 (1): 150-152.
- Oldenkamp, L., en K. W. Smilde. 1966b. Kopergebrek bij douglas. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 38: 203-214; Mededeling Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 77.
- Oldenkamp, L., en K. W. Smilde, 1967. Kopergebrek bij douglas. Landbouwkundig Tijdschrift 79 (1): 3-6.
- Penningsfeld, F. 1964. Nährstoffmangelerscheinungen bei Baumschulgehölzen. Die Phosphorsäure 24 (3&4): 199-212.
- Penningsfeld, F., und L. Forchthammer. 1968. Bedeutung von Kern- und Spurennährstoffmangel für Aufgang und Weiterentwicklung von Forstpflanzensaat. Jahresbericht 1966/67 Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan, S. 50-70.
- Pietiläinen, P., and H. Veijalainen. 1979. (Effect of some micronutrient fertilizers on the height growth of some pine seedlings in a flark) (Fins met Engelse samenvatting). SUO 30 (4&5): 73-80.
- Rademacher, B. 1940. Kupfermangelerscheinungen bei Forstgewächsen auf Heidenböden. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. 11 (1): 335-344. Preussisches Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten.
- Stone, E. L. 1968. Microelement nutrition of forest trees: a review. In: Forest Fertilization, theory and practice. Papers presented at the Symposium on Forest Fertilization April 1967 at Gainesville, Florida, p. 132-175. Tennessee Valley Authority, National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, Alabama.
- Strullu, D. G. 1973. Étude morphologique et essai d'interprétation de déformations chez *Pseudotsuga menziesii*, *Picea sitchensis* et *Abies grandis*. Revue Forestière Française 25 (1): 29-31.
- Tol, G. van. 1978. Menging van fijnspar en dennen in Drente.

- Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en land-
schapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 151.
Veijalainen, H. 1980. (Usability of some micronutrient ferti-
lizers in peatland forests) (Fins met Engelse samenvatting).
Folia Forestalia nr. 443.
Verloof, M. G. 1974. Komplexvorming van sporenelementen

- met organische bodemcomponenten. Dissertatie Rijksuni-
versiteit Gent, Faculteit van de Landbouwwetenschappen.
Zöttl, H. W. 1973. Diagnosis of nutritional disturbances in
forest stands. FAO-IUFRO International Symposium on
Forest Fertilization, Paris 3 and 7 December 1973, p. 75-
95.

Boekbesprekingen: twee nieuwe boeken voor de regenbosbouwer

M. Jacobs en T. J. J. de Boo. 1982. Conservation literature on Indonesia.

Leiden, Rijksherbarium. 274 p. f 35,-.

Deze geselecteerde bibliografie met samenvattingen en kanttekeningen is daarom van belang, omdat een serie onderwerpen wordt gedekt die in bosbouw-biblio-
grafieën slechts marginaal aan de orde komen, maar
waaraan die deskundigen die bij bosbouwprojecten
met milieuvraagstukken en natuurbeheer in aanraking
komen stellig behoefte hebben. Als zodanig is dit boek
aan te bevelen aan alle bosbouwers die met Indonesië
te maken krijgen. Het geciteerde werk omvat rond 850
titels, in afnemende frequentie in Nederlands, Engels,
Duits en Frans, gepubliceerd in onze eeuw tot onge-
veer 1979. Een compliment verdient het systeem van
ingangen, opmerkelijk intelligent en veelzijdig opgezet,
waardoor de gebruiker na een korte oefenperiode met
maximale efficiency gezochte inlichtingen kan vinden
via registers van onderwerpen, trefwoorden, per-
soonsnamen, plaatsnamen en wetenschappelijke
soortnamen. De vele uit Tectona geciteerde artikelen
wijzen reeds op het directe belang van deze bibliogra-
fie voor de bosbouw. De nadruk op natuurbescherming
komt vanzelfsprekend tot uiting in de inhoud: zo vindt
men ongeveer 10 titels over Orchideeën, 7 over de gi-
gantische wortelparasiet *Rafflesia* sp., tegen ongeveer
45 over boomsoorten. Voor wie als bosbouwer steeds
zijn verantwoordelijkheid in het oog houdt om niet al-
leen geen mensen te kort te doen, maar ook om geen
bosorganismen te laten uitsterven is echter juist deze
extra bron van informatie iets om niet te versmaden.
Daarom wordt dit boek van harte aanbevolen. Duur is
het ook al niet.

R. A. A. Oldeman

F. Kahn. 1982. La réconstitution de la forêt tropi- cale humide: Sud-Ouest de la Côte-d'Ivoire.

Parijs, Mémoires ORSTOM 97. 150 blz. f 57,65.

In de tropische regenboszones neemt de secundarisatie van het bos gigantische proporties aan, en tot nu toe bestaan er slechts enige aanzetten voor teeltsyste-

men en beheer in zulke ver-rabbezakte delen van dat bos. Waar in de gematigde luchtstreken de kennis van processen en verschijnselen in secundair bos, hier meestal pionierbos genoemd, vrij uitgebreid is en als basis kan dienen voor aanleg en beheer van dergelijke bossen, ontbrak deze wetenschap tot voor weinige jaren smartelijk in de vochtige tropen. Zeker waren er allerlei verspreide artikelen en geschriften over deelprocessen of bepaalde soorten, maar een complete studie van groei, ontwikkeling, deelnemende componenten in tropisch secundair bos was niet voorhanden. Nu er een eersteling is verschenen van een serie studies die op dit gebied in voorbereiding zijn, afgezien van het toch nog te versnipperde "Regeneración de Selvas" van Gomez-Pompa en Vazquez-Yanes (1976) in Mexico, is dat zulk goed nieuws dat het de moeite waard is om potentiële lezers onder de Nederlandse tropenbosbouwers te suggereren (zelfs) hun Frans hiervoor eens op te halen.

In Frankrijk bestaan een "klein" en een "groot" proefschrift. Dit is de "kleine" dissertatie van Kahn, berustend op een studie van rond vijf jaar naar de natuurlijke secundaire bossen die zich vestigen op verlaten kostgronden van zwerflandbouwers in de streek van het laatste intacte Westafrikaanse tropenbos: het Forêt de Taï in Ivoorkust. Hier zijn in de afgelopen twaalf jaar geïntegreerde studies verricht door een multi-disciplinaire équipe van het Franse Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), in het kader van het Unesco-programma Man and the Biosphere (MAB); het Forêt de Taï behoort tot het wereldwijde net van de MAB-Biosphere reserves. Niettemin wordt het ernstig bedreigd door illegale kap en het opdringen van een front van geïmmigreerde landbouwers, die mede door de Sahel-catastrofe naar het zuiden kwamen. Eén dik rapport over de effecten van dit opdringende front verscheen enige jaren geleden als resultaat van de samenwerking van sociale en natuurwetenschappelijke onderzoekers. In dit kader is het boek van Kahn een deelstudie. Die samenwerking heeft zijn sporen nagelaten in de vorm van Kahn's analyse. In eerdere jaren waren namelijk de betrokken onderzoekers tot de conclusie gekomen dat interdiscipli-