

Toepassing van de bladanalyse bij jonge loofhoutopstanden in Nederland*

Application of foliar analysis for young hardwood stands in the Netherlands

J. van den Burg
Bosbouwproefstation, Wageningen

Samenvatting

Door het Bosbouwproefstation is gedurende twintig jaar bemestings- en bosaanlegonderzoek uitgevoerd met diverse loofhoutsoorten. Daaruit zijn bladanalysegegevens ter beschikking gekomen, die zijn gebruikt voor het opstellen van criteria voor de beoordeling van de minerale voedingstoestand en de aard van gebreksverschijnselen. Deze gegevens zijn in tabellen samengevat. Tevens is een overzicht gegeven van het optreden van gebreksverschijnselen op diverse gronden en heeft vergelijking met literatuurgegevens plaatsgevonden.

1 Inleiding

De bruikbaarheid van de methoden van het naald- en bladanalytisch onderzoek berust op het feit dat relaties bestaan tussen de blad- of naaldsamenstelling, het optreden van zichtbare gebreksverschijnselen en de groei van houtsoorten. (Armson 1973; Bould 1968, 1972a, 1972b; Cain 1959; Delver en Pouwer 1964; Everard 1973; Fiedler und Höhne 1965; Fiedler, Nebe und Hoffmann 1973; Fowells 1959; Gussone 1964; Jung und Riehle 1969; Mitchell and Chandler 1939; Wehrmann 1963; Zöttl 1973). De methode dient niet als vervanging van het chemisch grondonderzoek te worden beschouwd, aangezien beide methoden elkaar aanvullen.

Het onderzoek richt zich erop grenswaarden vast te stellen die als standaard kunnen worden gebruikt bij het beoordelen van de minerale voedingstoestand van naald- en loofhoutopstanden. Deze grenswaarden leveren belangrijke informatie waaruit conclusies getrokken kunnen worden omtrent eventueel te nemen maatregelen, zoals het uitvoeren van een bemesting. Ook kan dit leiden tot het besluit een houtsoort op een bepaalde groeiplaats niet aan te planten aangezien dan storingen in de minerale voeding te verwachten zijn die slechts met grote moeite en kosten zijn op te heffen.

Voor naaldhout zijn de resultaten van diverse

Summary

The Forest Research Station has carried out research on fertilization and stand establishment with various hardwoods during twenty years. The results of foliar analyses of several field trials have been used to develop criteria for the diagnosis of the mineral nutrient status and the nature of deficiency symptoms. Also a review of the occurrence of nutrient deficiencies on various soils is given and comparison with data from literature has been carried out.

onderzoekingen op dit terrein gepubliceerd. De beoordeling van de minerale voedingstoestand van de belangrijkste naaldhoutsoorten in West-Europa (*Pinus* spp., *Picea* spp., *Larix* spp., *Pseudotsuga*) is mogelijk op grond van een aantal publikaties (Benzian and Smith 1973; Everard 1973; Van Goor 1967; Fiedler, Nebe und Hoffmann 1973; Gussone 1964; Jung und Riehle 1969; Lanz 1969). Ook Leaf (1968) en Stone (1968) bevatten veel gegevens betreffende naaldhoutsoorten.

Voor loofhout is de situatie anders. De publikaties van Chapman (1966), Hackskaylo, Finn and Vimmerstedt (1969), McCoy (1954), Mitchell and Chandler (1939), Walker (1956) en White and Carter (1970) hebben betrekking op loof- en fruitbomen in de Verenigde Staten. Wegens soort-, klimaat en bodemverschillen mogen de gegevens uit deze publikaties niet zonder meer onder Nederlandse omstandigheden worden toegepast (Armson 1973).

Enkele gegevens omtrent loofhoutsoorten in West-Europa zijn gepubliceerd door Ahrens (1964), Altherr und Evers (1974), Bonneau (1973), Burschel (1966), Czerney und Fiedler (1969a, 1969b), Fiedler und Czerney (1970), Fiedler, Nebe und Hoffmann (1973), Fritzsche (1964), Gussone (1964), Jung und Riehle (1969), Heinsdorf und Krauss (1970), Holstener-Jørgensen og Klubiën (1957), Ingestad (1958), Járó (1968), Lanz (1969), Tamm (1954, 1956a-en 1956b) en Trillmilch und Uebel (1970). Voor fruitgewassen staan gegevens ter beschikking in Mulder (1953) en Delver en Pouwer (1964). Gegevens omtrent de minerale voedingsstoffenhuishouding van populier en

* Verschijnt tevens als Mededeling nr. 141 van het Bosbouwproefstation.

wilg, verkregen uit bemestingsonderzoek in Nederland zijn gepubliceerd door Van der Meiden (1958, 1959a, 1959b, 1960, 1961a, 1961b, 1962a, 1962b, 1964a, 1964b). Sinds het verschijnen van deze publikaties van Van der Meiden is het aantal gegevens betreffende populier en enige andere loofhoutsoorten (wilg, iep, es, esdoorn*) zodanig toegenomen dat een samenvatting wenselijk was, te meer daar omtrent de in de Westeuropese bosbouw toegepaste loofhoutsoorten in dit opzicht nog weinig bekend is (Baule und Fricker 1967).

In dit artikel zal daarom een overzicht worden gegeven van de op de bladanalyse gebaseerde criteria op grond waarvan de minerale voedingstoestand van loofbomen te beoordelen is. Criteria voor het beoordelen van de bodemgeschiktheid, bodemvruchtbaarheid, waterhuishouding en het vaststellen van de bemestingsbehoefte van loofbomen zijn buiten beschouwing gelaten. Hierbij spelen namelijk ook vraagstukken betreffende klimaat, bodemgesteldheid en aanlegmethodiek een rol (Grosscurth 1972; Van der Meiden 1960, 1962b, 1965).

2 Achtergrond en toepassing van de bladanalyse

Voor een uitvoerige bespreking van de problemen en mogelijkheden van de bladanalyse wordt verwezen naar de literatuur (Armson 1973; Bould 1968, 1972a, 1972b; Cain 1959; Chapman 1966; Everard 1973; Fiedler, Nebe und Hoffmann 1973; Mitchell and Chandler 1939; Tamm 1964; Wehrmann 1963). Hier wordt volstaan met vast te stellen dat de methodiek van de bladmonstername en -analyse zodanig dient te zijn dat de volgende relaties kunnen worden onderzocht (Armson 1973):

- a groei van de plant en voedingsstoffen in de plant;
- b groei van de plant en voedingsstoffen in de bodem;
- c voedingsstoffen in de plant en in de bodem.

Het doel van het blad- (en grond) onderzoek is, op grond van deze relaties het volgende vast te stellen (Armson 1973)

- de oorzaken van slechte groei van een opstand, bladverkleuringen en -misvormingen;
- de aard van gebreksverschijnselen;
- de maatregelen die moeten leiden tot opheffing van groei stoornissen veroorzaakt door een onvoldoende of overmatige voorziening met een of meer voedingsstoffen waarbij niet alleen aan bemesting, maar ook aan maatregelen als grondverbetering, ontwatering en aanpassing van de houtsoortenkeuze valt te denken.

De verder te bespreken onderzoekresultaten hebben hoofdzakelijk betrekking op de relatie genoemd

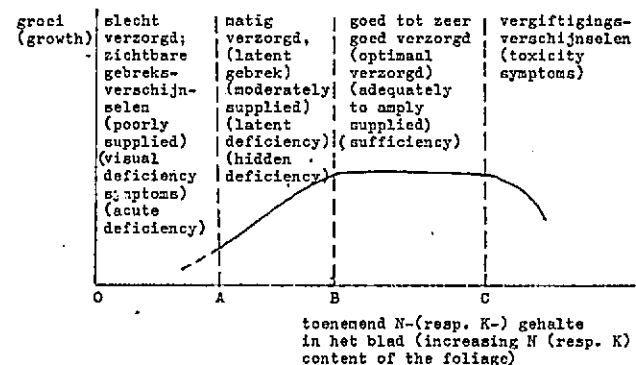
*) Deze gegevens zijn samengevat in de Interne Rapporten nrs. 1, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 34 en 45 van het Bosbouwproefstation.

onder (a). Vastgesteld worden in de eerste plaats de gehalten aan voedingsstoffen in blad van gezonde bomen en in blad van bomen met zichtbare gebreksverschijnselen om na te gaan of zich hiermee samenhangende verschillen in gehalten voordoen. Op deze wijze is het mogelijk om aan de hand van de geconstateerde gebreksverschijnselen vast te stellen welke minerale voedingsstof in onvoldoende mate ter beschikking staat. In de tweede plaats is het mogelijk het gehalte van een element in het blad te vergelijken met de groei van de bomen, waarbij de vraag naar de toe te passen groeimaatstaf buiten beschouwing blijft (zie 3).

Voor het element N (en in veel gevallen ook K) laat zich het verband tussen het gehalte in het blad, het optreden van zichtbare gebreksverschijnselen en de groei als volgt weergeven (Armson 1973; Fowells 1959, Zöttl 1973) (figuur 1).

In figuur 1 zijn in navolging van Fowells (1959) voor N (en K) twee kritische gehalten te onderscheiden, nl. A en B (C heeft alleen in bepaalde gevallen betekenis, nl. bij het onderzoek naar vergiftigingsverschijnselen). Het gehalte A is juist voldoende om het optreden van zichtbare gebreksverschijnselen te voorkomen. Toename van het gehalte in het traject BC heeft weinig of in het geheel geen groei toename meer tot gevolg (vooropgesteld dat andere factoren niet in het minimum geraken).

Enigszins afwijkend is de situatie bij P, Ca, Mg en sporenelementen: bij P vallen de gehalten A en B vaak min of meer samen d.w.z. beneden een bepaald P-gehalte in het blad treden zichtbare P-gebreksverschijnselen op en is de groei geremd, bij verhoging van het P-gehalte van het blad door bemesting tot juist boven het zichtbaar gebreksniveau verdwijnen de gebreksverschijnselen en neemt de groei toe, bij verdere verhoging van het P-gehalte van het blad neemt de groei meestal niet meer toe. Omtrent



Figuur 1. Het verband tussen groei, N- resp. K-gehalte van het blad en het optreden van N- resp. K-gebreksverschijnselen.

Figure 1. Relationship between growth, N and K foliar content respectively, and the occurrence of visual deficiency symptoms of N and K.

Ca is bijna niets bekend, terwijl de groei bij optreden van zichtbare Mg-gebreksverschijnselen meestal niet beperkt wordt, overeenkomstig hetgeen ook bij naaldhout is geconstateerd (Van Goor 1967). Bij loofhout vermelden alleen Altherr en Evers (1974) een positief effect van Mg-bemesting op de groei van beuk als gevolg van een toename van het Mg-gehalte van het blad. Bij de sporenelementen is het zo dat gebrek er aan eerder gepaard gaat met groei-misvormingen dan met groeiremmingen. Het is echter van belang in het oog te houden dat tussen het gehalte waarbij zichtbare gebreksverschijnselen optreden en het optimale gehalte een traject kan liggen dat als latent gebreksgehalte is te karakteriseren en waar in verhoging ervan de groei doet toenemen (Bould 1968). Het criterium voor de beoordeling van de voorziening met een minerale voedingsstof is dan niet het al dan niet optreden van zichtbare gebreksverschijnselen, maar het gehalte ervan.

3 Monstername en groeimaatstaf

Het onderzoek naar bovengenoemde relaties kan eerst worden uitgevoerd als de methodiek van monstername en de groeimaatstaf vaststaan. Bij het onderzoek op het Bosbouwproefstation wordt het loofhout bemonsterd in augustus (meestal de eerste helft) op grond van het feit dat in deze periode de gehalten van de meeste elementen het minst aan veranderingen onderhevig zijn (Van der Boon en Pouwer 1960; Cain 1959; Delver en Pouwer 1964; Everard 1973; Van der Meiden en Kolster 1964; Le Tacon et Toutain 1973; Touzet et Heinrich 1973; Touzet, Heinrich et Nohn 1970; Trillmilch und Uebel 1970). Le Tacon et Toutain baseren hun tijdstip van monstername van beuk op het gegeven dat in augustus evenwicht bestaat tussen de fotosynthese en de afvoer van fotosynthaten naar de stam. Sommige auteurs (Baule und Fricker, 1967; Gussone 1964) bevelen een tijdstip aan dat enige weken voor het vergelen van het blad ligt doch gezien de onzekerheid hieromtrent is aan een vast tijdstip de voorkeur te geven.

Bij het onderzoek van populier is steeds volgroeid zomerblad van het midden van de takken uit het middelste gedeelte van de kroon verzameld, bij de overige loofhoutsoorten is volgroeid zomerblad uit het bovenste gedeelte van de kroon bemonsterd.

Als groeimaatstaf is de jaarlijkse lengtegroei gebruikt. Het is echter niet ondenkbaar dat ook andere maatstaven (diktegroei, volume, grondvlak) bruikbaar zijn (Armson 1973) Mitchell and Chandler (1939) wijzen erop dat het grondvlak (als maat voor de beworteling per boom) een belangrijke maatstaf kan zijn: in opstanden die wat samenstelling en leeftijd betreft vergelijkbaar zijn, gaat een groter grondvlak samen met een lager N-gehalte van het blad. Bonneau (1973) vermeldt dat de N-gehalten van het

blad waarbij diktegroei en lengtegroei maximaal zijn, kunnen verschillen. Op het probleem of na het in sluiting komen van de opstand alleen de diktegroei dan wel diktegroei en hoogtegroei als maatstaf kunnen dienen, wordt hier echter niet ingegaan.

De in het blad bepaalde N- en K-gehalten zijn vergeleken met de lengtegroei aan het einde van het groeiseizoen waarin de bladsamenstelling is bepaald, de overige gehalten (P, Ca, Mg, Cu, B, Zn, Fe, Mn en Mo) meestal met het al dan niet optreden van zichtbare gebreksverschijnselen.

4 De beoordeling van de minerale voedingstoestand

4.1 Zichtbare gebreksverschijnselen

In tabel 1 is aan de hand van literatuurgegevens een beknopte beschrijving gegeven van de voornaamste gebreksverschijnselen die zich bij loofbomen voordoen. Dit overzicht is beslist niet volledig, aangezien het gebrek aan een element zich soms kan uiten op verschillende wijzen, afhankelijk van soort, jaargetijde en gehalten van de overige elementen. Zo zijn K- en Mg-gebrek soms niet zeer duidelijk te onderscheiden (Mulder 1953) en kan overmaat aan Zn verschijnselen opwekken die aan Fe-gebrek doen denken (Stone 1968).

Verder kunnen sterk op gebreksverschijnselen gelijkende afwijkingen in bladgrootte, -vorm en -kleur zich voordoen als gevolg van droogte, wateroverlast, bespuitingen, luchtverontreiniging, aantasting door schimmels, insecten en virussen etc. die een juiste determinatie moeilijk maken (vooral virusaantastingen zijn evenals gebreksverschijnselen vaak systematisch in de boom verspreid). Controle door bladanalyse is steeds aan te bevelen, ook bij het optreden van N-, K-, (Mg-) en Cu-gebreksverschijnselen, die overigens vrij specifiek zijn. Alleen bij Fe-gebreksverschijnselen behoeft bladanalyse niet steeds uitsluitend te geven, aangezien gezond blad een lager Fe-gehalte kan hebben dan blad met Fe-gebreksverschijnselen (Stone 1968). Het is mogelijk dat het tijdstip van monstername in dit opzicht van belang is (Zöttl 1973).

4.2 Bladanalyse

In tabel 2 en 3 zijn per loofhoutsoort de criteria vermeld, op grond waarvan de minerale voedingstoestand kan worden beoordeeld. Deze criteria zijn opgesteld door vergelijking van bladanalyseresultaten, groeigegevens en zichtbare gebrekssymptomen. Terwille van de overzichtelijkheid zijn de gegevens gesplitst voor populier (tabel 2) en overig loofhout (tabel 3). Uit de literatuur zijn die gegevens overgenomen welke voor Nederlandse omstandigheden bruikbaar zijn.

In deze tabellen komen de trajecten "slecht verzorgd", "matig verzorgd" en "goed tot zeer goed verzorgd" overeen met de in figuur 1 aangeduide trajecten OA (optreden van zichtbare gebreksverschijnselen), AB (geen zichtbare gebreksverschijnselen, positieve relatie tussen elementgehalte en groei) en BC (goede tot zeer goede verzorging. Dit traject wordt ook wel als "optimaal verzorgd" aangeduid; indien een gehalte zeer veel hoger is dan B spreekt men van "luxe consumptie".)

De kolom "voldoende verzorgd" is ingevoerd om aan te duiden dat het gevonden gehalte samengaat met gezond blad en een min of meer redelijke groei. De positie van het gehalte in het traject AC is echter niet met zekerheid vast te stellen. Dit is vooral van toepassing voor P, Ca, Mg en sporenelementen.

Door het vergelijken van de bladanalyseresultaten van een opstand met de standaardwaarden van tabel 2 en 3 kan worden vastgesteld hoe de verzorging met een aantal voedingsstoffen is. Bij het hanteren van deze standaardwaarden valt te bedenken dat in de eerste plaats enige zekerheid moet bestaan dat de voedingsstoffenvoorziening van de boom door de bodem direct van invloed is op de groei en het ontstaan van gebrekssymptomen. De voedingsstoffenhuishouding kan sterk door andere factoren worden beïnvloed: zo is op vochtige en natte gronden de N- en K-voorziening vaak matig hetgeen niet aan een absoluut gebrek aan deze voedingsstoffen is te wijten maar aan de ongunstige bodemfysische omstandigheden. Onkruidgroei kan eveneens N-gebrek veroorzaken (Van der Meiden, 1960, 1965). Omgekeerd kan onder zeer droge omstandigheden het N-gehalte van populiereblad hoger dan normaal zijn, hetgeen o.a. voor populier op de kwekerij van het Bosbouwproefstation is vastgesteld en ook uit de literatuur bekend is (Broadfoot and Farmer 1969). In de tweede plaats is het schema van tabel 2 en tabel 3 gebaseerd op de relaties tussen N-, resp. K-gehalte van het blad, groei en het optreden van zichtbare gebreksverschijnselen, aangezien voor N en K de samenhang tussen deze parameters het grootst is. Voor de macro-elementen P, Mg en Ca en de sporenelementen speelt vaak alleen het verschil tussen de gehalten bij zichtbaar gebrek en voldoende verzorging een rol. Tenslotte valt op te merken dat niet alleen de gehalten van elementen maar ook hun onderlinge verhouding een rol speelt bij hun invloed op de groei (Bonneau 1973). Hierover is echter nog vrij weinig bekend.

5 Het optreden van gebreksverschijnselen en de bodemgesteldheid

Algemene informatie omtrent het optreden van ge-

breksverschijnselen (zowel acuut als latent) is te vinden in Chapman (1966), Leaf (1968), Van der Meiden (1960) en Stone (1968). Voor Nederlandse omstandigheden kan het optreden van gebreksverschijnselen bij loofhoutsoorten als volgt worden samengevat:

N-gebrek Op alle voor Aigeiros populier geschikte gronden kan in de jeugdfase bij deze bomen enig N-gebrek worden verwacht als gevolg van een nog niet voldoende ontwikkeld wortelstelsel en concurrentie door onkruiden. (N-gehalten van 1.6-1.9% zijn niet ongewoon). Waarschijnlijk geldt dit ook voor de es. Correctie van deze groei stoornis in de jeugdfase van populier door N-bemesting ter wille van een snelle sluiting en overgroeiing van het onkruid wordt dan aanbevolen (Van Goor 1967; Van der Meiden 1960, 1962b, 1965; Oldenkamp 1966). Het N-gehalte van het blad is in zeer jonge opstanden dus niet zonder meer als maatstaf voor de N-voorziening te gebruiken.

P-gebrek Op voor populier geschikte gronden (Van der Meiden 1958, 1959a, 1960, 1961b, 1962b) treedt geen P-gebrek op. Alleen op zandgronden (met een overigens goede waterhuishouding en voldoende hoge pH) kan de P-voorziening wel eens matig zijn (gehalten van 0.10-0.15% P zijn geconstateerd). Bij de overige loofhoutsoorten zijn geen duidelijke gevallen van uitgesproken P-gebrek geconstateerd.

K-gebrek Uit onderzoeken van Van der Meiden (1959b, 1960, 1962b, 1964a) is gebleken dat zichtbaar en latent K-gebrek bij Aigeiros populier voorkomt op lage zandgronden (beekbezinkingsgronden), rivierkleigronden en (natte) veengronden. Op veen- en rivierkleigronden vertoont de es hetzelfde verschijnsel, op rivierkleigronden soms ook de wilg. In oudere beplantingen op komgronden is bij populier geen K-gebrek geconstateerd (Van der Meiden 1964a). Ook op opgespoten, natte gronden, kan enig K-gebrek optreden hoewel hier tijdens de rijping de K-voorziening van populier, es en esdoorn verbeterd (Van den Burg, Guldemond en Peeters 1973). Omdat een matige K-voorziening de groei kan beperken zonder dat dit tot uiting komt in het optreden van zichtbare K-gebreksverschijnselen (hetgeen het geval kan zijn op K-fixerende rivierkleigronden of als een N-bemesting is uitgevoerd die het K-gehalte van het blad heeft verlaagd: verdunningseffect) is het van belang niet alleen te letten op zichtbare K-gebreksverschijnselen maar ook het K-gehalte van het blad zelf te bepalen (Van der Meiden 1959b, 1964a).

Ca-gebrek Dit komt hoogstwaarschijnlijk bij loofbomen in Nederland niet voor (Mulder 1953). Van meer belang is de pH van de grond; bij een hogere

pH is over het algemeen het Ca-gehalte van de grond hoger en dit geeft aanleiding tot hogere Ca-gehalten in het blad. Aangezien voor een soort als populier de groei beter is naarmate de pH van de grond hoger is, wordt een positieve relatie gevonden tussen de groei en het Ca-gehalte van het blad, die echter in verreweg de meeste gevallen als indirect is te beschouwen. Het element Ca is daarom bij de meeste houtsoorten, vermeld in tabel 2 t.e.m. 5, buiten beschouwing gelaten. Alleen bij de beuk is misschien van een meer directe relatie sprake (op grond van de gegevens in Burschel (1966)).

Mg-gebrek Dit treedt bij populier soms op in kwekerijen (Van der Meiden 1960) en in enkele gevallen op lage zandgronden met een tamelijk hoge pH.

Cu-gebrek Gebreksverschijnselen treden bij populier en wilg op in kwekerijen (als gevolg van zware N- en NP-bemesting (Van der Meiden 1962a, 1964b) en op zandgronden met lage pH (die overigens voor de teelt van Aigeiropopulier ongeschikt zijn: Van der Meiden, 1960, 1961b, 1962a, 1962b).

B-gebrek In Nederland zijn gebreksverschijnselen bij loofhoutsoorten niet geconstateerd (Mulder 1953).

Zn-gebrek Bij populier zijn gebreksverschijnselen eveneens niet geconstateerd. Eerder is het zo dat soorten als populier, wilg en berk een groot opnamevermogen voor dit metaal hebben (Stone 1968). Smilde (1973) vond in potproeven dat populier tot 713 mg/kg Zn opnam en wilg tot 2638 mg/kg. In een populierebeplanting op een vullstortterrein is in het blad een Zn-gehalte van 1022 mg/kg aangetroffen, zonder dat dit zichtbare schade veroorzaakte (Van den Burg, Guldemond en Peeters 1973).

Fe-gebrek Duidelijke gegevens omtrent het optreden van Fe-gebrek staan voor Nederland niet ter beschikking. Bij populier zijn ze niet geconstateerd. Op kalkrijke gronden kan het verschijnsel o.a. optreden bij eik (Hackskaylo, Finn and Vimmerstedt 1969) ("lime-induced chlorosis").

Mn-gebrek Evenals Fe-gebreksverschijnselen kunnen Mn-gebreksverschijnselen optreden op kalkhoudende en kalkrijke gronden (o.a. opgespoten gronden) bij bepaalde houtsoorten die voor een goede en gezonde groei geen al te hoge pH prefereren (esdoorn, eik, berk). De invloed op de groei is meestal gering. Bij Aigeiropopulier, wilg en es zijn geen aanwijzingen gevonden voor het optreden van Mn-gebrek op gronden met een hoge pH ($\text{pH-H}_2\text{O} > 6 \text{ à } 7$), hoewel dit bij

populier afhankelijk kan zijn van de soort: Wall, Kalra and Prasad (1971) maken het waarschijnlijk dat chloroseverschijnselen die bij *Populus tremuloides* optreden op kalkhoudende en kalkrijke gronden ($\text{pH-H}_2\text{O}$ 6.7-8.4), veroorzaakt worden door een slechte Mn-voorziening.

Mo-gebrek Gebreksverschijnselen zijn niet waargenomen.

6 Discussie

Hoewel zich tussen de houtsoorten aanmerkelijke verschillen voordoen ten aanzien van de eisen die aan de bodem worden gesteld voor een voldoende tot goede voorziening met voedingsstoffen (Baule und Fricker 1967; Fiedler, Nebe und Hoffmann 1973), blijken de verschillen voor wat betreft de kritische elementgehalten in het blad vaak kleiner te zijn (Zie tabel 2 en 3): voor Aigeiropopulier, es, esdoorn, iep, zomereik en Amerikaanse eik is een N-gehalte van 2.6 à 2.8 % als optimaal te beschouwen. Grotere verschillen treden op met betrekking tot de tolerantie voor een slechtere N-voorziening: voor Aigeiropopulier, wilg, es, iep en esdoorn is voor een redelijke groei een N-gehalte van het blad van 2.5 à 2.6 % voldoende, voor soorten als zomereik, Amerikaanse eik en beuk ligt dit gehalte bij 2.0 à 2.2 %. Ten aanzien van de K-voorziening geldt hetzelfde: een voldoende tot goede groei van Aigeiropopulier, es, iep en esdoorn wordt bereikt als het K-gehalte boven 1.0% ligt (1.3% kan als maatstaf voor een voldoende voorziening gelden) terwijl bij eik en beuk de K-voorziening voldoende is als het K-gehalte in het blad 0.7 à 1.0 % bedraagt. Een voldoende P-voorziening treedt bij alle soorten op als het gehalte in het blad meer dan ca. 0.15% bedraagt. Mg-gehalten hoger dan 0.12% duiden op een goede voorziening. Balsempopulieren, balsemhybriden en Leucepopulieren zijn buiten beschouwing gelaten, aangezien hiervan te weinig bekend is.

De bovenstaande criteria voor een voldoende N-, P-, K- en Mg-voorziening van loofhoutsoorten komen overeen met gegevens van andere loofhoutsoorten, ontleend aan Delver en Pouwer (1964), Mitchell and Chandler (1939) en Hughes, Gessel and Walker (1968) (tabel 4 en 5). Bedacht moet worden dat de gegevens van tabel 4 zijn gebaseerd op de maatstaf "fruitproductie", en dat die van tabel 5 betrekking hebben op houtsoorten uit gebieden met van West-Europa afwijkende bodemkundige en klimatologische omstandigheden.

Hoewel bovenstaande gegevens met voorzichtigheid moeten worden gehanteerd geven ze toch steun aan de opvatting dat voor de meeste loofhoutsoorten de optimale macro-elementgehalten (N, P, K, Mg) weinig uiteenlopen. Ten aanzien van de tolerantie

voor een minder goede minerale voedingsstoffen-voorziening (vooral ten aanzien van N) zijn er echter verschillen: soorten die een hoog niveau van bodemvruchtbaarheid vereisen voor een goede groei (populier, wilg, es, iep) vereisen een hoger N-gehalte in het blad waarbij de groei nog als voldoende te beschouwen is dan soorten als eik en beuk, die nog redelijke resultaten geven op minder vruchtbare gronden. Esdoornsoorten nemen een tussenpositie in.

Slotopmerking

Als een van de methoden ter beoordeling van de minerale voedingsstoffenvoorziening en de bemestingsbehoefte van bomen is de bladanalyse een waardevol hulpmiddel. Niet vergeten mag worden dat de bladanalyse, om tot voor de praktijk bruikbare gevolgtrekkingen te komen, moet worden toegepast in combinatie met grondonderzoek, groeiplaatsonderzoek, groeionderzoek, groeiplaatseisen van de verschillende soorten en bemestingsonderzoek (Baule und Fricker 1967). Steeds moet bij het gebruikmaken van de bladanalyse de vraag worden gesteld wat het verband is tussen de bladsamenstelling, de groeiplaatseisen, de groeiplaatskenmerken en de groei. Indien deze beperkingen in het oog worden gehouden en de resultaten van bladanalytisch onderzoek zorgvuldig worden geïnterpreteerd, kan de methode in de bosbouw met succes worden toegepast.

Literatuur (References)

- Ahrens, E. 1964. Untersuchungen über den Gehalt von Blättern und Nadeln verschiedener Baumarten an Kupfer, Zink, Bor, Molybdän und Mangan. *Allg. Forst- und Jagdztg.* 135 (1): 8-16.
- Altherr, E., and F. H. Evers. 1974. Unerwarteter Düngungserfolg bei Magnesiummangel in einem jungen Buchenbestand auf Mittlerem Buntsandstein des Odenwaldes. *Allg. Forst- und Jagdztg.* 145 (7): 121-125.
- Armson, K. A. 1973. Soil and plant analysis techniques as diagnostic criteria for evaluating fertilizer needs and treatment response. *Forest Fertilization Symp. Proc., U.S. Forest Serv. Gen. Techn. Rep. NE-3*: 155-166.
- Baule, H., and C. Fricker. 1967. *Die Düngung von Waldbäumen.* BLV. München.
- Becking, J. H. 1961. A requirement of molybdenum for the symbiotic nitrogen fixation in alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.). *Plant and Soil* 15 (3): 217-227.
- Benzian, B., and H. A. Smith. 1973. Nutrient concentrations of healthy seedlings and transplants of *Picea sitchensis* and other conifers grown in English forest nurseries. *Forestry* 46 (1): 55-69.
- Bonneau, M. 1973. The status of research on forest nutrition; *FAO/IUFRO International symposium on forest fertilization.* Parijs 3-7 December 1973.
- Boon, J. van der, and A. Pouwer. 1960. The effect of nitrogen fertilization and certain other factors on the chemical composition of apple leaf. *Neth. J. Agric. Sci.* 8 (4): 317-327.
- Bould, C. 1968. Leaf analysis as a diagnostic method and advisory aid in crop nutrition. *Exp. Agric.* 4: 17-27.
- Bould, C. 1972a. The mineral nutrition of plants. Part I: Function, requirements and interactions of essential elements. *J. Royal Hortic. Soc.* 97 (5): 218-224.
- Bould, C. 1972b. The mineral nutrition of plants. Part II: Diagnostic methods, soil-plant nutrient relationships and control measures. *J. Royal Hortic. Soc.* 97 (6): 252-261.
- Broadfoot, W. M., and R. E. Farmer. 1969. Genotype and moisture supply influence nutrient content of eastern cottonwood foliage. *Forest Sci.* 15 (1): 46-48.
- Burg, J. van den, J. L. Guldmond en J. P. Peeters. 1973. De minerale voedingstoestand van loofbomen op depot- en andere voor de bosbouw onbekende gronden. *Ned. Bosb. Tijdschr.* 45 (7/8): 221-230; *Meded. Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp"*, nr. 133.
- Burschel, P. 1966. Untersuchungen über die Düngung von Buchen- und Eichenverjüngungen. Teil 2. *Allg. Forst- und Jagdztg.* 137 (10): 221-236.
- Cain, J. C. 1959. Some factors in sampling and analysis for the diagnosis of nutritional status of trees. *Mineral nutrition of trees, a symposium.* Bull. Duke University, School of Forestry, nr. 15; 55-62.
- Chapman, H. D. 1966. *Diagnostic criteria for plants and soils.* University of California. Div. Agric. Sciences.
- Czerney, P., and H. J. Fiedler. 1969a. Gefassversuch mit Wemsdorfer Staublehm zum Einfluss der Düngung auf einige Nadel- und Laubhölzer. *Arch. Forstw.* 18 (2): 133-153.
- Czerney, P., and H. J. Fiedler. 1969b. Ernährungszustand der Eiche im Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb Oschatz. *Arch. Forstw.* 18 (1): 37-40.
- Delver, P., en A. Pouwer. 1964. Bladanalyse in de fruitteelt. *De Fruitteelt* 28, 29 en 30.
- Everard, J. 1973. Foliar analysis; sampling methods, interpretation and application of the results. *Quarterly J. Forestry* 62 (1): 51-66.

- 21 Fiedler, H. J., und P. Czerney. 1970. Vergleichende Untersuchungen zum Ernährungszustand junger Eichen (*Quercus robur*) im Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb Oschatz. Arch. Forstw. 19 (9/10): 963-979.
- 22 Fiedler, H. J., und H. Höhne. 1965. Vorkommen und Gehalt der Makronährstoffe in Waldbäumen. Wiss. Ztschr. Techn. Univ. Dresden 14 (3): 989-999.
- 23 Fiedler, H. J., W. Nebe und F. Hoffmann. 1973. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Fischer, Stuttgart.
- 24 Fowells, H. A. 1959. The determination of macro-element requirements of forest trees. Mineral nutrition of trees, a symposium. Bull. Duke University, School of Forestry nr. 15: 9-17.
- 25 Fritzsche, K. 1964. Beziehungen zwischen den Blattspiegelwerten, dem Bodennährstoffgehalt und dem Wachstum einiger Schwarz- und Balsampappeln. Düngung und Melioration in der Forstwirtschaft, Tagungsber. Deutschen Akad. Landw. Wiss. nr. 66: 169-192.
- 26 Garbaye, J., Ph. Leroy et H. Oswald. 1973. Fertilisation des jeunes peuplements de chêne de tranchage. FAO/IUFRO international symposium on forest fertilization. Parijs 3-7 December 1973.
- 27 Goor, C. P. van 1967. Bemestingsvoorschrift voor naaldhoutculturen, 2e herz. dr. Korte Meded. Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", nr. 56.
- 28 Grosscurth, W. 1972. Standortsansprüche und Sortenwahl von Pappeln der Sektionen Aigeiros, Leuce und Tacamahaca. Holzzucht 26 (3/4): 21-30.
- 29 Gussone, H. A. 1964. Faustzahlen für Düngung im Walde. BLV, München.
- 30 Hackskaylo, J., R. F. Finn and J. P. Vimmerstedt. 1969. Deficiency symptoms of some forest trees. Ohio Agric. and Dev. Center, Res. bull. nr. 1015.
- 31 Heinsdorf, D., und H. H. Krauss. 1970. Ergebnisse von Düngungsversuchen zu Androscogginpappeln auf einem ziemlich nährstoffarmen Sandboden im Bezirk Potsdam. Arch. Forstw. 19 (9/10): 555-581.
- 32 Holstener-Jørgensen, H., og E. Klubien. 1957. Diagnosticering af Kvaelstofmangel i bøgekulturer. Dansk Skovfor. Tidskr. 42 (11): 593-596.
- 33 Hughes, D. R., S. P. Gessel and R. B. Walker. 1968. Red alder deficiency symptoms and fertilization trials. Biology of Alder, Proc. symp. Northwest Scientific Association 40th Ann. Mtg., Pullman (Wash.) 1967 (publ. Pac. NW For. Range Exp. Station, Forest Serv. USDA, Portland (Ore.)).
- 34 Ingestad, T. 1958. Studies on manganese deficiency in a forest stand. Medd. Statens Skogsforskningsinstitut 48 (4): 1-20.
- 35 Járó, Z. 1968. Die Beziehungen der Mangelkrankheiten zum Standort. Papers XIVth IUFRO Congress München, Vol. II (Section 21): 241-245.
- 36 Jung, J., und H. Riehle. 1969. Beurteilung und Behebung von Ernährungsstörungen bei Forstpflanzen. BLV, München.
- 37 Lanz, W. 1969. Forstdüngung (Sammelreferat). Forstarchiv 40 (11): 1-36.
- 38 Leaf, A. L. 1968. K, Mg and S deficiencies in forest trees. Forest Fertilization, Theory and Practice: Papers Symposium on Forest Fertilization April 1967 at Gainesville Florida, published by Tennessee Valley Authority: 88-112.
- 39 McCoy, E. E. 1954. A study of nutritional problems of the American elm. Dept. Plant Industry, State of New Jersey, Circular nr. 394.
- 40 Meiden, H. A. van der. 1958. Fosfaatbemesting en het aanslaan van populierebeplantingen. Thomasmeel 15: 51-60.
- 41 Meiden, H. A. van der. 1959a. Grond- en bladanalyse bij het populierenonderzoek. De Boor 7 (2): 12-14.
- 42 Meiden, H. A. van der. 1959b. Het onderzoek naar de betekenis van kalium voor de populier. Kali (40): 371-376.
- 43 Meiden, H. A. van der. 1960. Handboek voor de populierenteelt. Kon. Ned. Heidemij. Arnhem.
- 44 Meiden, H. A. van der. 1961a. De elen in populierenbeplantingen. Ned. Bosb. Tijdschr. 33: 168-171.
- 45 Meiden, H. A. van der. 1961b. Die Wirkung der Phosphatdüngung auf Pappelpflanzungen. Phosphorsäure 21 (1/2): 39-50.
- 46 Meiden H. A. van der. 1962a. Kopergebrek bij populier. Ned. Bosb. Tijdschr. 34: 29-33.
- 47 Meiden, H. A. van der. 1962b. Die Düngung der Pappel. Forstarchiv 33 (4): 69-72.
- 48 Meiden, H. A. van der. 1964a. Kalibemesting bij populier. Kali (59): 295-301.
- 49 Meiden, H. A. van der. 1964b. Kopergebrek bij wilg. Ned. Bosb. Tijdschr. 36: 24-29.
- 50 Meiden, H. A. van der. 1965. Populier vraagt stikstof. Populier 2 (3): 4-6.
- 51 Meiden, H. A. van der, en H. W. Kolster. 1964. Variaties in de samenstelling van populierenblad gedurende de vegetatieperiode en in verschillende

delen van de kroon. Ned. Bosb. Tijdschr. 36: 1-11.

52 Mitchell, H., and R. F. Chandler. 1939. The nitrogen nutrition and growth of certain deciduous trees of Northeastern United States. Black Rock Forest Bull. nr. 11.

53 Mulder, D. 1953. Voedingsziekten bij fruitgewassen. Tuinbouwvoorlichting nr. 1.

54 Oldenkamp, L. 1966. Enkele aspecten van bemesting in beplantingen van naaldhout. De Boor (14): 11-14.

55 Ovington, J. D. 1956. The composition of tree leaves. Forestry 29 (1): 22-28.

56 Penningsfeld, F., and L. Forchthammer. 1968. Bedeutung von Kern- und Spurennährstoffmangel für Aufgang und Weiterentwicklung von Forstpflanzensaat. Jahresber. 1966/67 Staatl. Lehr. u. Forschungsanst. für Gartenbau Weihenstephan, 50-70.

57 Seibt, G. 1971. Empfehlungen zur Walddüngung in Nordwestdeutschland und Erkennungsmerkmale von Nährstoffmangel und Herbizideinwirkung. Forst- und Holzw. 26 (9): 1-7.

58 Smilde, K. W. 1973. Phosphorus and micronutrient metal uptake by some tree species as affected by phosphate and lime applied to an acid sandy soil. Plant and Soil 39 (1): 131-148.

59 Stone, E. L. 1968. Microelement nutrition of forest trees, a review. Forest Fertilization, Theory and Practice; Papers Symposium on Forest Fertilization April 1967 at Gainesville, Florida, published by Tennessee Valley Authority: 133-175.

60 Tacon F. le, et F. Toutain. 1973. Variations saisonnières et stationnelles de la teneur en éléments minéraux des feuilles de hêtre (*Fagus sylvatica*) dans l'Est de la France. Ann. Sciences For. 30 (1): 1-29.

61 Tamm, C. O. 1954. A study of forest nutrition by means of foliar analysis. Extrait d'Analyse des Plantes et Problèmes des Engrais minéraux: VIII. Congrès Internationale de Botanique (Ed. L'Institut de Recherches pour les huils et oleagineux, Parijs).

62 Tamm, C. O. 1956a. Studier över skogens näringsförhållanden III. Försök med tillförsel av växtnäringsämnen till ett skogsbestånd på mager sandmark. Medd. Statens Skogsforskningsinstitut. 46 (3): 1-84.

63 Tamm, C. O. 1956b. Studier över skogens näringsförhållanden IV. Effekten av kalium- och fosfortillförsel till ett oväxligt bestånd på dykad myr. Medd. Statens Skogsforskningsinstitut 46 (7): 1-27.

64 Tamm, C. O. 1964. Die Blattanalyse als Methode

zur Ermittlung der Nährstoffversorgung des Waldes - eine kritische Betrachtung: Düngung und Melioration in der Forstwirtschaft. Tagungsber. Deutschen Akad. Landw. Wiss. nr. 66: 7-17.

65 Touzet, G., et J. C. Heinrich. 1973. L'analyse foliaire du peuplier 'I-214' et son interpretation. Association Forêt-Cellulose, Rapport Annual 1972, 423-477.

66 Touzet, G., J. C. Heinrich et I. Nohn. 1970. Diagnostic foliaire et vitesse de croissance. Association Forêt-Cellulose, Rapport Annual 1969, 18-51.

67 Tuinbouwgids. 1967. nr. 24. Ministerie van Landbouw en Visserij, 's-Gravenhage.

68 Trillmilch, H. D. und E. Uebel. 1970. Ein Düngungstest zu Birke. Arch. Forstw. 19 (8): 797-810.

69 Walker, L. C. 1956. Foliage symptoms as indicators of potassium deficient soils. Forest Science 2: 113-120.

70 Wall, R. E., Y. P. Kalra and R. Prasad. 1971. Concentration of micronutrients in foliage of aspen (*Populus tremuloides* Michx.) in Manitoba. Forest Research Laboratory, Edmonton, Alberta, Information Report A-X-47.

71 Wehrmann, J. 1963. Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft. Landw. Forschung 16 (2): 130-145.

72 White, E. H., and M. C. Carter. 1970. Relationships between foliage nutrient levels and growth of young natural stands of *Populus deltoides* Bartr. Tree growth and forest soils, Proc. Third American Forest Soils Conference at North Carolina State University at Raleigh in August 1968: 283-294.

73 Zöttl, H. W. 1973. Diagnosis of nutritional disturbances in forest stands. FAO/IUFRO international symposium on forest fertilization. Parijs 3-7 December 1973.

Tabel 1. Beschrijving van gebreksverschijnselen bij loofbomen ontleend aan:

Bould (1972b), Hackskaylo et al (1969), Ingestad (1958), Jung und Riehle (1969), Leaf (1968), Van der Meiden (1959b, 1962b, 1964a, 1964b) Mulder (1953), Seibt (1971), Stone (1968), Tuinbouwgiids (1967).

Table 1. Description of visual deficiency symptoms of hardwoods.

element nutrient	beschrijving van de belangrijkste symptomen description of the most important symptoms
N	Alle bladeren lichtgroen tot geelgroen, geen necrose; bladeren meestal kleiner dan normaal; veelal vroegtijdige val; roodpaarse verkleuringen (door verhoging van anthocyaangehalte) van scheuten, bladsteel en bladnerven.
P	Vuilgroene tot blauwgroene en paarse verkleuringen en vlekken, het eerst optredend bij oudere bladeren; de bladstand is minder dicht dan normaal, het blad is kleiner.
K	Necrose begint bij de bladpunt en zet zich langs de randen voort, soms heeft ook de blad-schijf necrotische vlekken; het symptoom begint het eerst bij de oudere bladeren; soms is de bladrand licht verkleurd (rood, lichtgroen/geelgroen, licht-bruin) of treedt chlorose op; bij sommige soorten (Acer spp., Aigeiros populier) lichtere kleur tussen de zijnerfven, overgaand in geelverkleuring van het blad.
Ca	Geen symptomen bekend.
Mg	Vorming van heldergele, daarna necrotisch wordende vlekken tussen de zijnerfven van de eerste orde, welke vlekking zich naar de rand toe verbreidt; het symptoom ontwikkelt zich het eerst in oudere bladeren; het blad valt gemakkelijk af (NB: Mg-gebreksverschijnselen zijn soms moeilijk van K-gebreksverschijnselen te onderscheiden).
S	Het jongste blad wordt chlorotisch; het symptoom is moeilijk van N-gebrek te onderscheiden.
Cu	Het blad vertoont soms donkere, weinig ty-pische verkleuringen, soms doen zich lichtgroene verkleuringen voor en is de rest van het blad donkergroen; het jongste blad is lepelvormig en vertoont beginnend bij de bladpunten necrose, die zich langs de bladrand voortzet; de scheuteinden sterven af waarna zich de okselknoppen gaan ontwikkelen; de hieruit gevormde scheuten sterven eveneens af; de plant krijgt een bossige vorm.
Zn	Knoppen groeien onvoldoende uit tot scheuten: rozetvormig; het blad is alleen groen langs hoofd-en zijnerfven, de rest van het blad is lichter ge- kleurd.
B	De eindscheut sterft af; het blad vertoont moza- iekvormige chlorotische en bruine vlekken en is vervormd; dit verschijnsel treedt het eerst op bij de oudere bladeren; soms zijn takken vervormd zonder dat andere verschijnselen optreden; het binnenste gedeelte van de bast vertoont bruine verkleuringen en necrose.
Fe	Het jongste blad is geel tot geelwit, alleen de nerfven (ook de allerfijnste) zijn groen; later treedt ook randnecrose op.
Mn	Het oudere blad vertoont lichtgroene verkleuringen, langs de nerfven blijft een brede strook groen (het patroon is minder fijn dan bij ijzergebrek).
Mo	Geen symptomen bekend.

Tabel 2. Criteria ter beoordeling van de minerale voedingstoestand van populier (bladsamenstelling) (tijdstip: augustus)

soort, cultivar	element (gehalte van de droge stof)	slecht verzorgd (zichtbare gebreksverschijnselen)		matig verzorgd		goed tot zeer goed verzorgd	auteur(s) ^{a)}
		grenswaarde	geen grenswaarde		voldoende verzorgd		
sectie/section a. Aigeiros 1. P.x euramericana	N(%)	2.2	—	2.2-2.7/2.9	—	2.7/2.9-3.5 ^{b)}	x, 47
		1.4+	—	1.4-1.8+	—	1.8-3.8+	23
		—	—	—	> 2.2	—	29
		—	—	—	—	2.8+	17
		—	—	—	—	2.8-3.0+	25
	P(%)	—	—	0.09-0.16 ^{c)}	—	0.16-0.40/0.80 ^{d)}	x
		—	—	—	0.17+	0.20-0.50+	25
		0.20+	—	0.20-0.40+	—	0.40-1.00+	23
	K(%)	0.50-0.75 ^{e)}	—	0.50/0.75-1.5	—	1.5-2.5 ^{f)}	x
		—	—	—	—	1.5-2.0+	25
		1.0+	—	1.0-2.2+	—	2.2-3.0+	23
		—	—	—	> 1.2	—	29
	Ca(%)	—	—	—	0.7-3.4	—	x
		0.9+	—	0.9-1.3+	—	1.3-2.0+	23
	Mg(%)	0.12	—	0.12-0.17	—	0.17-0.70	x, 47
		0.12+	—	0.12-0.35+	—	0.35-0.60+	23
		—	—	—	> 0.12	—	29
	Na(%)	—	—	—	0.04-0.15	—	x
	Cl(%)	—	—	—	0.18-0.31	—	x
	S(%)	—	—	—	0.30-0.74	—	x
Cu(mg/kg)	3.0/4.5	—	3.0-6.0	—	6.0-14.0	x, 13, 46, 47	
B(mg/kg)	—	—	—	29-236	—	13	
Zn(mg/kg)	—	—	—	136-1022	—	13	
Fe(mg/kg)	—	—	—	56-275	—	x	
Mn(mg/kg)	—	—	—	21-531	—	x	
Mo(mg/kg)	—	—	—	0.13-0.50	—	x	
2. P. nigra	Mg(%)	—	0.05	—	0.11	—	x
3. P. deltoides	N(%)	—	—	—	> 2.0	—	7
		—	—	—	2.0	—	72
	P(%)	—	—	—	0.17	—	72
		—	—	—	0.24	—	7
	K(%)	—	—	1.0-1.6	1.3	—	72
	Ca(%)	—	—	1.4-2.6	2.3	—	72
	Mg(%)	—	—	—	0.18	—	72
b. Balsempopulieren en hybriden: Balsam poplars and balsam hybrids	N(%)	—	—	—	1.9-2.2	—	x
	P(%)	—	—	—	0.17	—	x
	K(%)	—	0.18	—	0.39	1.3	x
	Mg(%)	—	0.14	—	0.19	—	x
	1. P. 'Oxford'	Cu(mg/kg)	—	—	—	4.4-10.1	—
P. 'Geneva'							

2. <i>P. trichocarpa</i>	N(%)	1.2+	—	1.2-1.6+	—	1.6-2.8+	23
		—	—	—	—	2.8-3.0+	25
	P(%)	0.14+	—	0.14-0.27+	—	0.27-0.50+	23
		—	—	—	—	0.20+	25
	K(%)	0.85+	—	0.85-2.0+	—	2.0-2.5+	23
		—	—	—	—	1.5+	25
	Ca(%)	0.9+	—	0.9-1.3+	—	1.3-2.0+	23
	Mg(%)	0.12+	—	0.12-0.35+	—	0.35-0.60+	23
3. <i>P. 'Androscoogin'</i>	N(%)	—	2.3	—	—	2.6/2.7	31
	P(%)	—	—	—	0.20	—	31
	K(%)	0.75	—	0.75-1.5	—	1.5-2.0	31
	Mg(%)	—	—	—	0.18	—	31
c. <i>Leuce</i>	N(%)	—	—	2.6-3.0+	—	3.1-3.6+	17
<i>P. tremula</i>	P(%)	—	0.10-0.11+	—	0.20-0.23+	—	17
	K(%)	—	0.35	—	0.66	—	x
		—	0.35+	—	0.80-1.00+	—	17
	Mg(%)	—	0.09-0.12+	—	0.16+	—	17
	Cu(mg/kg)	—	—	—	10.9-16.5	—	1
	B(mg/kg)	—	—	—	82-204	—	1
	Zn(mg/kg)	—	—	—	451-1501	—	1
	Fe(mg/kg)	—	—	—	1090-1520	—	17
	Mn(mg/kg)	—	—	—	610-1780	—	17
		—	—	—	530-1153	—	1
	Mo(mg/kg)	—	—	—	0.10-0.18	—	1

species, cultivar	nutrient (content of dry matter)	poorly supplied (visual deficiency symptoms) (acute deficiency)		moderately supplied (latent deficiency) (mild deficiency)	adequately to amply supplied ("sufficiency")	author(s) ^{a)}
		critical content	no critical content	(hidden deficiency)		
				more or less adequately supplied		

a) Gegevens aangeduid met x (= niet eerder gepubliceerd) en met 13 zijn afkomstig van het Bosbouwproefstation „De Dorschkamp”

b) In kwekerijen kan het N-gehalte van het blad oplopen tot ca. 4.8%, zonder dat zichtbare schade optreedt

c) Vermoedelijk ligt in dit traject het P-gehalte waarbij zichtbare P-gebreksverschijnselen optreden

d) Bij P-gehalten tussen 0.40 en 0.80% kan zichtbaar Cu-gebrek optreden

e) De grenswaarde is enigszins afhankelijk van de cultivar: '1-214':0.50%; 'Robusta', 'Zeeland', 'Dorskamp' en 'Gelrica': 0.60%; 'Marilandica': 0.65%; 'Heidemij', 'Serotina': 0.75%

f) In kwekerijen kan het K-gehalte van het blad oplopen tot ca. 3.6%

De met + aangeduide waarden hebben betrekking op potproeven, zand- en watercultures.

a) Data indicated with x (= unpublished data) and with 13 come from the Forest Research Station "De Dorschkamp"

b) In nurseries foliar N content may rise to ca. 4.8%, without visual damage symptoms

c) Probably the foliar P content where at visual deficiency symptoms appear is situated in this range

d) At foliar P contents between 0.40 and 0.80% visual Cu deficiency symptoms may appear

e) The critical content depends slightly on the cultivar

f) In nurseries foliar K content may rise to ca. 3.6%

Data indicated with + refer to pot trials, sand and nutrient solution culture studies.

Table 2. Criteria for the diagnosis of the mineral nutrient status of poplars (foliar contents) sampling date: August

Tabel 3. Criteria ter beoordeling van de minerale voedingstoestand van andere loofhoutsoorten (bladsamenstelling) (tijdstip: augustus) a)

soort	element (gehalte van de droge stof)	slecht verzorgd (zichtbare gebreksverschijnselen)		matig verzorgd		goed tot zeer goed verzorgd	auteur(s) b)
		grenswaarde	geen grenswaarde		voldoende verzorgd		
Salix alba	N(%)	—	—	—	2.6-2.8	—	x
	P(%)	—	—	—	0.20-0.28	—	x
	K(%)	—	—	0.6-1.3	—	—	x
	Mg(%)	—	—	—	0.17	—	x
	Cu(mg/kg)	2.5	—	2.5-4.0	—	4.0-10.2	x, 49
Fraxinus excelsior	N(%)	2.2	—	2.2-2.8	—	2.8-3.0	x
	P(%)	—	—	0.15-0.19	—	0.19-0.55 c)	x
	K(%)	0.6	—	0.09-0.13+	—	—	56
				0.6-1.5	—	1.5-2.2	x
	Mg(%)	—	—	0.14-0.42+	—	—	56
				—	0.19-0.71	—	x
	Cu(mg/kg)	—	—	—	2.5-16.7	—	x
				—	12.4-13.2	—	1
	B(mg/kg)	—	—	—	2.7-16.1	—	13
				—	28-34	—	1
	Zn(mg/kg)	—	—	—	20-41	—	13
				—	26-31	—	1
	Mn(mg/kg)	—	—	—	28-83	—	13
—				80-132	—	1	
Mo(mg/kg)	—	—	—	18-30	—	13	
			—	0.19-0.25	—	1	
Acer pseudopla- tanus	N(%)	2.2	—	2.2-2.8	—	2.8-3.3	x
	P(%)	—	—	0.15-0.17	—	0.17-0.54	x
	K(%)	0.7	—	0.7-1.5	—	1.5-1.9	x
	Mg(%)	—	0.14	—	0.22	—	x
	Cu(mg/kg)	—	—	—	2.6-12.9	—	x
				—	6.5-8.1	—	1
	B(mg/kg)	—	—	—	9.2-12.7	—	13
				—	24-82	—	1
	Zn(mg/kg)	—	—	—	60-139	—	13
				—	91-125	—	1
	Mn(mg/kg)	—	—	—	21-23	—	59
				—	11	—	x
	Mo(mg/kg)	—	—	—	310-1887	—	1
—				12-15	—	13	
Mo(mg/kg)	—	—	—	49-63	—	59	
			—	0.19-0.31	—	1	
Acer platanoides	N(%)	—	1.1+	—	2.5+	—	56
			—	—	0.06-0.08+	—	36
K(%)	—	—	0.10+	—	0.39+	—	56
			—	—	0.36+	—	36
Mo(mg/kg)	—	—	0.22+	—	1.6+	—	56
			—	—	—	—	—

	Mg(%)	—	—	—	0.25-0.27+	—	56
	Mo(mg/kg)	—	—	—	0.05-0.18+	—	56
Ulmus x hollandica	N(%)	2.2	—	2.2-2.8	—	2.8-3.1	x
	P(%)	—	—	—	0.21-0.28	—	x
	K(%)	1.0	—	—	—	—	x
Ulmus carpinifolia	K(%)	—	—	1.3-1.7	—	—	x
	Cu(mg/kg)	—	—	—	4.6-9.2	—	x
		—	—	—	7.9	—	59
	Zn(mg/kg)	—	—	—	36	—	x
	Mn(mg/kg)	—	—	—	53	—	59
Quercus robur	N(%)	—	—	2.1-2.7	—	2.7-3.0	x
		—	—	> 2.0	—	—	7
		—	—	—	1.9-2.6	—	14
		—	—	—	2.9-3.1+	—	17
		—	—	—	2.2-2.6	—	21
		—	—	—	2.9	—	55
	P(%)	—	—	—	0.16-0.20	—	x
		—	—	—	0.13-0.17	—	14
		—	—	0.10	0.17-0.18	—	17
		—	—	0.13	0.17	—	18
		—	—	—	0.15-0.19	—	21
		—	—	—	0.25	—	55
	K(%)	—	—	—	0.7-1.2	—	x
		—	—	—	0.9-1.0	—	14
		—	—	—	0.4-0.7+	—	17
		—	—	—	1.0-1.3	—	21
		—	—	—	1.2	—	55
	Mg(%)	—	—	—	0.14-0.15+	—	17
		—	—	—	0.19-0.22	—	21
		—	—	—	0.22	—	55
	Na(%)	—	—	—	0.02	—	55
	Cu(mg/kg)	—	—	—	8.7-18.7	—	13
		—	—	—	7.8	—	59
	B(mg/kg)	—	—	—	26-104	—	13
	Zn(mg/kg)	—	—	—	64-75	—	x
		—	—	—	57	—	13
		—	—	—	29-34	—	21
	Fe(mg/kg)	—	—	—	440-560+	—	17
		—	—	—	265-305	—	21
		—	—	—	220	—	55
	Mn(mg/kg)	—	—	—	354	—	59
		—	—	—	1000-1900+	—	17
		—	—	—	1200-2100	—	21
		—	—	—	1900	—	55

species	nutrient (content of dry matter)	poorly supplied (visual deficiency symptoms) (acute deficiency)		moderately supplied (latent deficiency) (mild deficiency)	more or less adequately supplied	adequately to amply supplied ("sufficiency")	author(s) b)
		critical content	no critical content	(hidden deficiency)			

soort	element (gehalte van de droge stof)	slecht verzorgd (zichtbare gebreksverschijnselen)		matig verzorgd	voldoende verzorgd	goed tot zeer goed verzorgd	auteur(s) b)
		grenswaarde	geen grenswaarde				
Quercus petraea	N(%)	—	—	1.8-2.2	2.2-2.6	—	26
	P(%)	—	—	—	0.09-0.17	—	26
	K(%)	—	—	—	0.5-1.0	—	26
	Mg(%)	—	—	—	0.07-0.20	—	26
Quercus rubra	N(%)	—	—	2.0	2.6	—	x
		—	—	—	—	1.5-2.0	7
		—	—	—	> 1.8	—	29
	P(%)	—	—	—	0.24	—	x
		—	—	—	0.12-0.22	—	7
		—	—	—	> 0.13	—	29
	K(%)	—	—	—	1.0	—	x
		—	—	—	0.45-0.90	—	7
		—	—	—	> 0.66	—	29
	Cu(mg/kg)	—	—	—	6.9-9.7	—	1
		—	—	—	3.1-5.1	—	59
	B(mg/kg)	—	—	—	55-74	—	1
		—	—	—	38	—	59
	Zn(mg/kg)	—	—	—	42-53	—	1
	—	—	—	25-34	—	59	
Mn(mg/kg)	—	—	—	890-4368	—	1	
	—	—	—	763-1736	—	59	
Mo(mg/kg)	—	—	—	0.06-0.21	—	1	
Betula pubescens, Betula verrucosa	N(%)	—	—	—	> 2.0	—	7
		—	1.6+	—	2.5+	—	56
	—	1.8/2.2	—	—	—	> 3.3	61, 62
	—	—	—	—	2.2-2.4	—	68
P(%)	—	—	—	—	> 0.24	—	7
	—	—	0.10+	—	0.39+	—	56
	—	0.10	—	—	—	—	61, 62
K(%)	—	—	0.3+	—	1.3+	—	56
	—	0.3/0.4	—	—	—	—	61, 62, 63
	—	—	0.13	—	0.8-1.2	—	68
Mg(%)	—	—	—	—	0.19	—	x
	—	—	—	—	0.29	—	55
	—	—	—	—	0.21-0.22	—	56
	—	—	0.10+	—	0.16-0.25	—	68
Na(%)	—	—	—	—	0.04	—	55
Cu(mg/kg)	—	—	—	—	8.6-9.2	—	1
B(mg/kg)	—	—	—	—	29-32	—	1
Zn(mg/kg)	—	—	—	—	468-717	—	1
Fe(mg/kg)	—	—	—	—	140	—	55
Mn(mg/kg)	—	—	—	—	670-1436	—	1
	—	—	7-17	—	> 20	—	34
	—	—	—	—	1000	—	55
Mo(mg/kg)	—	—	—	—	0.06-0.17	—	1
	—	—	—	—	0.05-0.10+	—	56

Fagus sylvatica	N(%)	—	—	—	1.5-2.0	—	7		
		1.8	—	—	1.9-2.2	—	32		
		—	—	—	2.1	—	14		
		—	—	—	—	2.6	2		
		—	2.2+	—	3.1+	—	56		
		—	—	—	—	2.2	60		
		P(%)	—	—	—	2.6	—	55	
			—	—	—	0.10	—	14	
			—	—	—	0.12-0.22	—	7	
			—	—	—	0.15	—	2	
			—	0.09+	—	—	—	56	
			—	—	—	—	0.28	60	
		K(%)	—	—	—	0.18	—	55	
			—	—	—	0.7	—	14	
			—	—	—	0.8	—	2	
			—	—	—	0.45-0.90	—	7	
			—	—	—	—	1.2	60	
			—	0.4+	—	1.3+	—	56	
		Ca(%)	—	—	0.6-0.8	1.0	0.8-0.9	14	
			—	—	—	0.8	—	2	
			—	—	—	0.6-1.8	—	60	
			—	—	—	1.0	—	55	
			—	0.8+	—	1.4+	—	56	
			—	0.09	—	0.11	—	2	
		Mg(%)	—	—	—	0.13-0.14+	—	56	
			—	—	—	0.07-0.25	—	59	
			—	—	—	0.19	—	55	
			Na(%)	—	—	0.03	—	55	
			Cu(mg/kg)	—	—	—	5.2-12.2	—	1
				—	—	—	3.3-10.5	—	59
		B(mg/kg)	—	—	—	20-47	—	1	
			—	—	—	38-59	—	59	
Zn(mg/kg)	—	—	—	44-80	—	1			
Fe(mg/kg)	—	—	—	84	—	59			
	—	—	—	40-390	—	60			
	—	—	—	220	—	55			
Mn(mg/kg)	—	—	—	610-5302	—	1			
	—	—	—	212-5296	—	59			
	—	—	—	220-4710	—	60			
	—	—	—	3500	—	55			
Mo(mg/kg)	—	—	—	0.05-0.31	—	1			
	—	—	—	0.08	—	59			
	—	—	—	0.04-0.14+	—	56			

species	nutrient (content of dry matter)	poorly supplied (visual deficiency symptoms) (acute deficiency)		moderately supplied (latent deficiency) (mild deficiency) (hidden deficiency)		adequately to amply supplied ("sufficiency")	author(s) b)
		critical content	no critical content		more or less adequately supplied		

soort,	element (gehalte van de droge stof)	slecht verzorgd (zichtbare gebreksverschijnselen)		matig verzorgd	voldoende verzorgd	goed tot zeer goed verzorgd	auteur(s) b)
		grenswaarde	geen grenswaarde				
Robinia pseudoacacia	N(%)	—	1.3	—	—	3.0-4.0	35
	P(%)	—	0.12	—	—	0.22	35
	K(%)	—	0.39	—	—	0.65-0.83	35
	Cu(mg/kg)	—	—	—	8.9-15.9	—	1
		—	—	—	4.0-7.9	—	59
	B(mg/kg)	—	—	—	32-54	—	1
		—	—	—	32-77	—	59
	Zn(mg/kg)	—	—	—	34-49	—	1
		—	—	—	24-50	—	59
Mn(mg/kg)	—	—	—	70-261	—	1	
	—	—	—	19-58	—	59	
Mo(mg/kg)	—	—	—	0.05-0.28	—	1	
Sorbus aucuparia	Mg(%)	—	0.08	—	0.16	—	x
	Cu(mg/kg)	—	—	—	7.3-8.2	—	1
	B(mg/kg)	—	—	—	36-40	—	1
	Zn(mg/kg)	—	—	—	42-61	—	1
	Mn(mg/kg)	—	—	—	480-4468	—	1
	Mo(mg/kg)	—	—	—	0.16-0.17	—	1
Prunus serotina	K(%)	—	0.61	—	0.92	—	x
		0.8	—	—	—	—	69
	Mg(%)	—	0.08	—	0.18	—	x
	Cu(mg/kg)	—	—	—	2.9-8.1	—	59
	B(mg/kg)	—	—	—	32-34	—	59
	Zn(mg/kg)	—	—	—	26-27	—	59
Mn(mg/kg)	—	—	—	40-230	—	59	
Alnus glutinosa	N(%)	—	2.2-2.6	—	3.0-3.6	—	x
		—	—	2.6-3.0+	—	3.1-3.6+	17
		—	2.2+	—	2.6+	—	56
	P(%)	—	—	—	0.17-0.26	—	x
		—	0.10-0.11+	—	—	0.20-0.23+	17
		—	0.09+	—	0.37+	—	56
	K(%)	—	—	—	0.6-1.0	—	x
		—	0.36-0.66+	—	0.80-1.00+	—	17
		—	0.2+	—	1.9+	—	56
	Mg(%)	—	—	—	0.21-0.51	—	x
		—	0.09-0.12+	—	0.16+	—	17
	Cu(mg/kg)	—	—	—	9.8-24.1	—	13
		—	—	—	14.0	—	1
	B(mg/kg)	—	—	—	20-79	—	x
		—	—	—	21	—	1
	Zn(mg/kg)	—	19	—	55-210	—	13
	—	—	—	74	—	1	
Mn(mg/kg)	—	—	—	422	—	1	
Mo(mg/kg)	—	—	—	0.05	—	1	
	—	<0.01+	—	0.17-0.28+	—	5	
	—	0.08+	—	0.18+	—	56	

Alnus incana	N(%)	—	—	—	2.6	—	55
	P(%)	—	—	—	0.36	—	55
	K(%)	—	—	—	1.7	—	55
	Mg(%)	—	—	—	0.27	—	55
	Na(%)	—	—	—	0.04	—	55
	Fe(mg/kg)	—	—	—	210	—	55
	Mn(mg/kg)	—	—	—	200	—	55
Carpinus betulus	N(%)	—	2.0+	—	3.7+	—	56
	P(%)	—	0.12+	—	0.35+	—	56
	K(%)	—	0.8+	—	2.1+	—	56
	Mg(%)	—	—	—	0.15-0.17+	—	56
	Mo(mg/kg)	—	—	—	0.03-0.10+	—	56
species	nutrient (content of dry matter)	poorly supplied	moderately supplied		adequately to amply supplied	author(s) b)	
		(visual deficiency symptoms) (acute deficiency)	(latent deficiency) (mild deficiency)	more or less	("sufficiency")		
		critical content	no critical content	(hidden deficiency)	adequately supplied		

a) Bemonsteringstijdstippen buiten Nederland variëren van augustus tot het einde van het groeiseizoen.

b) Gegevens aangeduid met x (= niet eerder gepubliceerd) en met 13 zijn afkomstig van het Bosbouwproefstation „De Dorschkamp“.

c) Bij P-gehalten tussen 0.40 en 0.55% kan zichtbaar Cu-gebrek optreden.

De met + aangeduide waarden hebben betrekking op potproeven, zand- en watercultures.

a) Sampling data outside the Netherlands vary between August and the end of the growing season.

b) Data indicated with x (= unpublished data) and with 13 come from the Forest Research Station "De Dorschkamp".

c) At foliar P contents between 0.40 and 0.55% visual Cu deficiency symptoms may appear.

Data indicated with + refer to pot trials, sand and nutrient solution culture studies.

Table 3. Criteria for the diagnosis of the mineral nutrient status of other hardwoods (foliar contents) sampling date: August a)

Tabel 4. Criteria ter beoordeling van de minerale voedingstoestand van enige Noordamerikaanse loofhoutsoorten (bladsamenstelling) ontleend aan: Mitchell and Chandler 1939 (gewijzigd); Hughes, Gessel and Walker 1968; Leaf 1968)

soort	element (gehalte van de droge stof in %)	grenswaarde waarbij zichtbare gebreksverschijn- selen optreden	matige voor- ziening	voldoende voorziening	goede tot zeer goede voor- ziening
Quercus rubra	N	1.8	1.8-2.5	—	2.5-2.8
	P	—	—	0.13-0.22	—
	K	—	—	1.1-1.8	—
Quercus alba	N	2.1	2.1-2.8	—	2.8
	P	—	—	0.18-0.24	—
	K	—	—	1.6	—
Quercus montana	N	2.1	2.1-2.8	—	2.8
	P	—	—	0.15-0.23	—
	K	—	—	2.0	—
Acer rubrum	N	1.5/2.2	1.7-2.6	—	2.6-2.8
	P	—	—	0.20-0.33	—
	K	0.6	—	1.4-1.6	—
Acer saccharum	N	1.8/2.3	1.8-2.8	—	2.8-2.9
	P	—	—	0.18-0.47	—
Fraxinus americana	N	2.0	2.0-2.8	—	2.8-3.0
	P	—	—	0.25-0.34	—
Fagus grandifolia	N	1.9	1.9-2.8	—	2.8-2.9
Tilia americana	N	2.1	2.1-3.1	—	3.1-3.2
	P	—	—	0.19-0.28	—
Populus tremuloides	N	2.1	2.1-2.7	—	2.7-2.9
Liriodendron tulipifera	N	2.0	2.0-3.0	—	3.0-3.1
	P	—	—	0.14-0.28	—
Nyssa sylvatica	N	1.7	1.8-2.8	—	2.8-3.0
	P	—	—	0.19-0.23	—
Carya glabra	N	1.7	1.8-2.4	0.12-0.18	2.4-2.5
	P	—	—	—	—
Alnus rubra	N	2.4+	—	—	—
	P	—	—	0.16+	—
	K	0.4+	—	—	—
	Ca	—	—	0.08+	—
	Mg	0.11+	—	—	—

(De met + aangeduide waarden hebben betrekking op onderzoeken in zandcultures)
(Data indicated with + refer to sand culture studies)

species	nutrient (content of dry matter in %)	critical value; visual deficiency symptoms appear	moderately supply, mild deficiency	more or less adequate supply	adequate to ample supply
---------	--	---	--	---------------------------------	-----------------------------

Table 4. Criteria for the diagnosis of mineral nutrient status of some North American hardwoods (follar contents)

Tabel 5. Criteria ter beoordeling van de minerale voedingstoestand van enige fruitbomen (begin augustus; ontleend aan: Delver en Pouwer 1964) (bladesamenstelling)

soort	voldoende voorziening indien onderstaande gehalten (van de droge stof) worden aangetroffen <i>trees are adequately supplied if nutrient contents (of dry matter) amount to under mentioned values</i>			
	N(%)	P(%)	K(%)	Mg(%)
appel (<i>apple</i>)	2.1-2.5	0.17-0.22	1.25-1.50	0.18-0.30
peer (<i>pear</i>)	1.8-2.2	0.17-0.22	1.25-1.50	0.18-0.30
pruim (<i>plum</i>)	2.0-2.5	0.17-0.22	—	0.18-0.30
kers (<i>cherry</i>)	2.4	0.17-0.22	1.25/1.75-1.50/2.50	0.18/0.36-0.30/0.48
	zichtbare gebreksverschijnselen treden op als de gehalten (van de droge stof) beneden onderstaande waarden dalen <i>visual deficiency symptoms appear if nutrient contents (of dry matter) drop below the under mentioned values</i>			
appel (<i>apple</i>)	1.7/2.1	—	1.0	0.12
peer (<i>pear</i>)	1.4/1.8	—	1.0	0.12
pruim (<i>plum</i>)	1.6/2.1	—	1.0	0.12
kers (<i>cherry</i>)	2.0	—	1.0	0.12

Table 5. Criteria for the diagnosis of the mineral nutrient status of some fruit trees (foliar contents in early August)