

## De invloed van de pH op groei en bladsamenstelling van populier \*) / J. van den Burg

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

### 1 Inleiding

De zuurgraad van de bodem (pH-KCl) <sup>1)</sup> is een veel gebruikte maatstaf om de geschiktheid van gronden voor de populierenteelt te beoordelen. Men neemt aan dat gronden met een pH van 4,0 à 4,5 door bekalving geschikt zijn te maken voor de populierenteelt en dat de populier zijn optimale conditie vindt op gronden met pH  $\geq$  4,5 (Van der Meiden 1976).

Het bovenstaande geldt voor euramerikaanse cultivars. Cultivars die tot deze groep behoren (o.a. 'Dorskamp', 'Zeeland', 'Robusta' en 'Gelrica') hebben een optimaal pH-traject dat wordt begrensd door de waarden 4,5 en 6,5. Bij lagere pH-waarden neemt de groei merkbaar af, bij hogere pH-waarden neemt de groei slechts in geringe mate af (Van den Burg 1977; Van den Burg en Schoenfeld 1978).

De belangstelling voor populieren met een betere groei en hogere resistentie tegen ziekten dan de gangbare euramerikaanse cultivars leidde tot het produceren van nieuwe cultivars afkomstig uit de sectie Tacamahaca en uit kruisingen tussen de secties Tacamahaca en Aigeiros. In o.a. Nederland en Duitsland staat thans een aantal van deze nieuwe cultivars ter beschikking (Guldmond 1966; Jestaedt 1978; Koster 1971). Omdat deze cultivars vrij nieuw zijn is over de groeiplaatseisen nog weinig bekend. Onderzoek in een aantal beplantingen leverde echter reeds als resultaat op dat de groeiplaatseisen van deze nieuwe cultivars niet moeten worden onderschat (Van den Burg en Schoenfeld 1978; Vis en Kolster 1977). Op kalkrijke gronden is bij enige cultivars ('Fritzi Pauley', 'Heimburger', 'Barn' en 'Oxford') sprake van groeiachteruitgang of zelfs van kalkchlorose (Garbaye et Le Tacon 1974; Schmidt 1977).

Meer informatie over de eisen die de nieuwe populierecultivars stellen aan de bodem is dus gewenst. Vooral de veronderstelling dat deze cultivars op zure gronden – die voor euramerikaanse cultivars ongeschikt zijn – nog een redelijke groei zouden bereiken diende te worden onderzocht. Omdat in Nederland nog geen groeiplaatseisonderzoek voor nieuwe populierecultivars is uitgevoerd is in 1978 overgegaan tot het uitvoeren van een potproef waarin de reactie van vier cultivars op een breed traject van pH-waarden is onderzocht (Van den Burg, Janssens en De Wit 1980). De resultaten van deze potproef worden in dit artikel besproken. Deze resultaten van de potproef zijn vergeleken met gegevens over het verband tussen de pH en de bladsamenstelling van jonge populiereopstanden (Van den Burg 1980).

### 2 De invloed van de pH op de groei en bladsamenstelling van vier populierecultivars in een potproef

#### 2.1 Methodiek

Het aantal nieuwe cultivars is zo groot dat het niet mogelijk was alle van belang zijnde cultivars te onderzoeken. Om toch een zo goed mogelijk inzicht te verkrijgen in de pH-tolerantie is de keuze gevallen op vier cultivars, die het scala van Aigeiros- en Tacamahacacultivars en hun kruisingen vertegenwoordigden. De in de potproef gebruikte cultivars waren (naamgeving cf. Nationale Populieren Commissie 1976):

### The influence of pH on the growth and foliar composition of poplar

#### Summary

*The growth and mineral nutrient status of four poplar clones ('Androskoggin', 'Oxford', 'Donk' and 'Zeeland'), representing Tacamahaca, Tacamahaca x Aigeiros, and Aigeiros sections, were studied in a pot trial in 1978. Loamy sand (pH-KCl 3.9; total P 91 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g; N-org. 3.48 %) from a well-growing 'Robusta' stand was used as substrate.*

*The pH-KCl optimum for all clones was 4.5–6.5. All clones also exhibited serious growth depressions at pH-KCl < 4.0–4.5. High pH-KCl values (> 6.5) had little negative influence on 'Androskoggin' and 'Donk' and some negative influence on 'Zeeland' (although this is not important for practical purposes). 'Oxford' was fairly sensitive to high pH values, showing reduced growth and Fe deficiency symptoms.*

*Foliar N concentrations increased if the pH-KCl rose from 4.0 to 7.0. At low pH-KCl values (< 4.0), N concentration increased; at high pH-KCl values (> 7.0), it decreased. This phenomenon, and the declining P status at low pH-KCl values, means that the foliar N/P ratio is often a better indicator of the mineral nutrient status of poplar than N and P concentrations. The optimum N/P ratio for poplar is ca. 5–12.*

*Data from the pot trial were compared with those from several field trials. In general, the foliar N and N/P ratios behaved identically. The K status of the trees was not influenced by pH-KCl. Foliar K concentrations were highest on marine soils and on soils previously used as arable land. On other soils considered to be suitable for poplar culture, K status is often less favourable.*

cultivar:	kruising van:
'Androskoggin'	T x T
'Oxford'	T x (T x A)
'Donk'	T x A
'Zeeland'	A x A

(T = sectie Tacamahaca; A = sectie Aigeiros)

De proef bestond uit negen pH-H<sub>2</sub>O-trappen (3,5/4,0/4,5/5,0/5,5/6,0/6,5/7,0/7,5), aangevuld met een behandeling met 10 % CaCO<sub>3</sub>. Elke behandeling bestond per cultivar uit zes kunststof emmers van 12 liter inhoud, gevuld met 10 kg luchtdroge grond, afkomstig van de bovenste 25 cm van een bruine beek-eerdgrond (sterk lemig zand) nabij Spoordonk (Noord-Brabant). De op dit terrein aangelegde 'Robusta'-opstand viel in de groeiklasse S = 43–50 m. Het bodemvruchtbaarheidsniveau ervan was vrij hoog (P-totaal: 91 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g; N-org: 3,48 %), maar de pH ervan tamelijk laag (3,87).

Van de grond werd een titratiecurve bepaald met behulp waarvan de hoeveelheden zwavelzuur of calciumcarbonaat konden worden berekend, die benodigd waren voor de pH-instelling. Zwavelzuur en calciumcarbonaat werden enige weken voor het planten met de grond vermengd. Kortstek werd gebruikt als plantmateriaal dat op 6 en 7 maart 1978 werd geplant (4 stekken per cultivar per emmer).

Op 9 augustus 1978 werd per emmer het aantal planten teruggebracht tot twee. Van de verwijderde planten werd het blad verzameld voor bladmonsteranalyse. In de week van 6–13 oktober 1978 werd de proef beëindigd. De scheutlengte en de drogestofproductie van de scheut werden gemeten. Tevens werd op dit tijdstip van de grond een mengmonster per pH-trap en per cultivar verzameld en de pH-waarden gemeten. Deze pH-waarden zijn als maatstaf voor de pH gebruikt.

<sup>1)</sup> In dit artikel wordt de zuurgraad kortheidshalve aangeduid als pH; hiermee is steeds de pH-KCl-waarde van de laag 0–25 cm bedoeld.

\*) Verschijnt tevens als Mededeling 184 van „De Dorschkamp”.

## 2.2 Resultaten

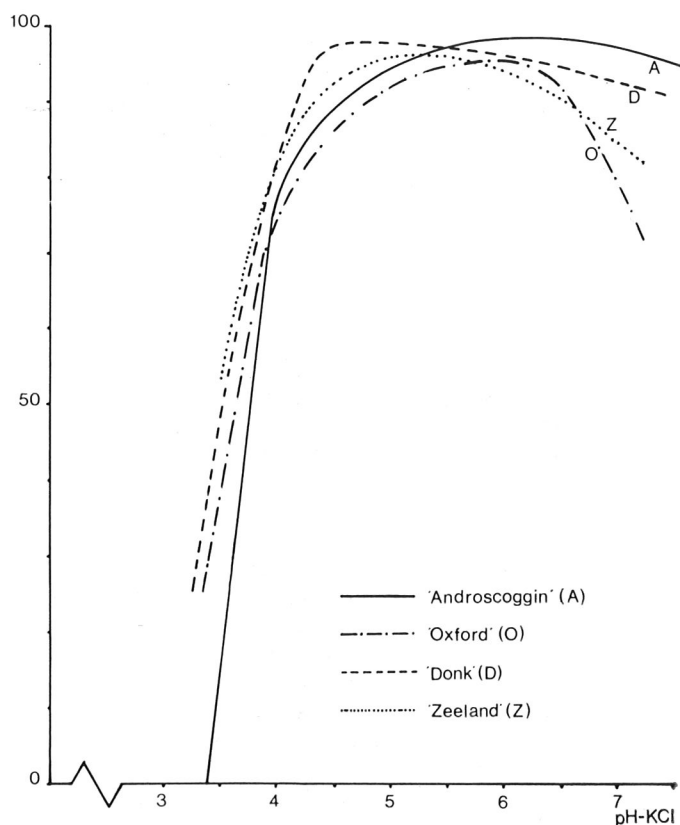
### 2.2.1 Groei

Uit vergelijking van de scheutlengten en de droge stofproductie met de pH bleek dat de relaties ervan met de pH analoog waren. Omdat niet de absolute groei per cultivar van belang was maar daarentegen de relatieve groei – om vergelijking tussen de cultivars mogelijk te maken – is ervan afgezien alle groeigegevens in detail te vermelden. Deze zijn volledig opgenomen in het rapport over het onderzoek (Van den Burg, Janssens en De Wit 1980). Per cultivar is de groei per pH-trap als percentage van de groei van de behandeling met de grootste hoogtegroeï weergegeven (figuur 1).

Figuur 1 Relatieve hoogtegroeï van vier populierecultivars en de pH-KCl, 1978.

Figure 1 Relative height growth of four poplar cultivars and pH-KCl (pot trial), 1978.

relatieve hoogtegroeï (% van maximale hoogtegroeï per cultivar)  
relative height growth (% of maximum height growth per clone)



Opvallend is dat de cultivars ongeveer even gevoelig waren voor lage pH-waarden. Als de pH daalde beneden 4,5 nam de groei af, hetgeen vooral bij pH-waarden lager dan 4,0 duidelijk werd. Bij pH 3,5 bedroeg de groei van de cultivars nog slechts 20–50 % van de maximale groei. Daarbij moet men bedenken dat bij pH 3,6 de aanslag van de stekken 100 % was (behalve bij 'Zeeland', die bij alle behandelingen wat moeilijker bewortelde). Bij pH 3,3 daarentegen liep de aanslag van de stekken uiteen van slechts 4 tot 50 %. De beworteling was bij deze pH zeer slecht.

De verschillen tussen de cultivars in het traject van hoge pH-waarden waren groter dan in het traject van lage pH-waarden. 'Androscoggin' en 'Donk' bleken bij pH > 6,5 bijna niet in

hun groei te worden geremd. Van 'Zeeland' nam bij pH > 6,5 de groei wat meer af. 'Oxford' bleek het gevoeligst te zijn: bij pH > 6 nam de groei van deze cultivar af en bij pH 7,2 was de groei nog maar 70 % van de maximale waarde. De optimale pH-trajecten van de cultivars waren:

'Androscoggin'	5–7
'Oxford'	5–6
'Donk'	4,5–7
'Zeeland'	4,5–6,5

### 2.2.2 Groeistoornissen en gebreksverschijnselen

In het traject van lage pH-waarden traden grote verschillen op tussen de planten bij pH 3,3 en 3,6. De stekken van de behandeling pH 3,3 liepen wel uit, maar het blad bleef klein. Na enige weken ging het blad van 'Androscoggin' en 'Oxford' necrotische randen en plekken vertonen. De kleur van de bladschijf werd donkergroen en er ontwikkelden zich gele zones langs nerven en randen. Het blad van 'Donk' vertoonde een mozaïek van gele en groene vlekjes. De kleur van het blad van 'Zeeland' was normaal. De wortelvorming van alle cultivars was slecht. De meeste planten stierven in de loop van mei en juni.

Bij pH 3,6 waren deze verschijnselen – zij het in mindere mate – nog aanwezig bij 'Androscoggin' en 'Oxford'. Van 'Donk' en 'Zeeland' was het blad gezond. De wortelvorming van alle cultivars was goed.

De invloed van hoge pH-waarden op het uiterlijk van de planten was gering. Slechts bij pH 7,2 (10 % CaCO<sub>3</sub>) vertoonde 'Oxford' symptomen van ijzergebrek en werd bij 'Donk' bij de oudste bladeren licht magnesiumgebrek waargenomen.

### 2.2.3 Bladsamenstelling

Voor de uitkomsten van de bladanalyses wordt verwezen naar het rapport over de potproef (Van den Burg, Janssens en De Wit 1980). In het onderstaande worden de belangrijkste resultaten genoemd.

De pH bleek de gehalten aan N, P, K, Ca, Mg en Mn merkbaar te beïnvloeden:

- het N-gehalte van het blad nam af in het pH-traject 3,5–4, nam dan weer toe in het pH-traject 4–7 en nam weer af in het pH-traject > 7 (figuur 2). Het verband tussen het N-gehalte van het blad en de pH in het pH-traject 4–7 is in overeenstemming met wat meestal wordt aangenomen, nl. dat pH-verhoging de N-voorziening verbetert. De reactie van het N-gehalte bij zeer lage pH-waarden (< 4) en zeer hoge pH-waarden (> 7) was echter onverwacht,

- het P-gehalte van het blad nam bij hogere pH toe (figuur 3). Van een tendens dat bij hoge pH-waarden het P-gehalte weer lager zou worden was niets merkbaar,

- het K-gehalte van het blad nam met dalende pH iets toe en steeg scherp bij pH < 4,

- het Ca- en Mg-gehalte van het blad namen met stijgende pH toe,

- er bleek geen duidelijke relatie te bestaan tussen het Fe-gehalte van het blad en de pH. Een afname van het Fe-gehalte bij stijgende pH trad niet of nauwelijks op,

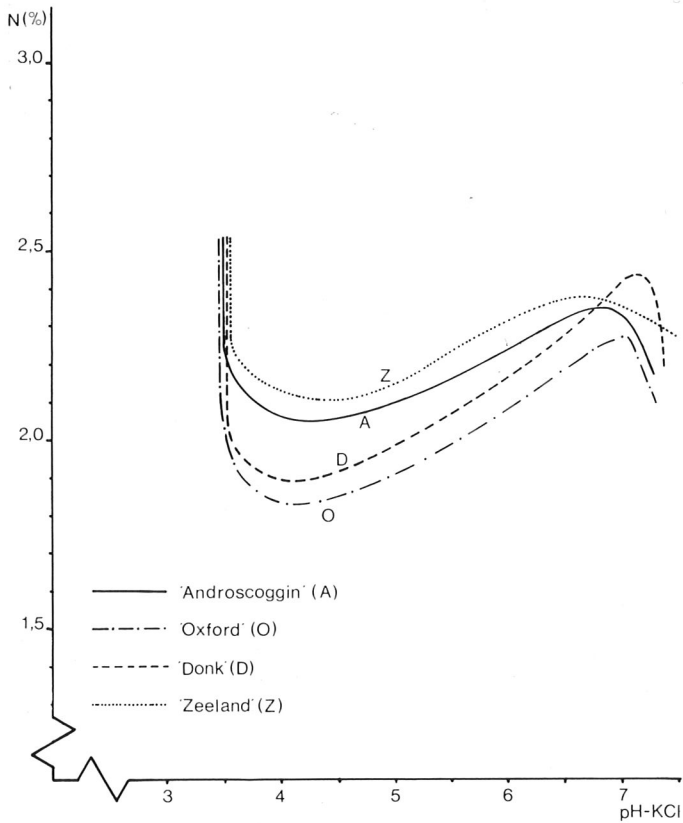
- het Mn-gehalte van het blad reageerde scherp op de pH-waarde. Het daalde van 700–1500 mg/kg bij pH 3,5 tot 20 à 40 mg/kg bij pH 7,2.

### 2.2.4 De pH en de N/P-verhouding van het blad

Het stijgen van het N-gehalte van het blad bij lage pH-waarden en het gelijktijdig dalen van het P-gehalte ervan houdt in dat de pH een grote invloed uitoefent op de N/P-verhouding van het blad. Deze N/P-verhouding is vaak beter gecorreleerd met

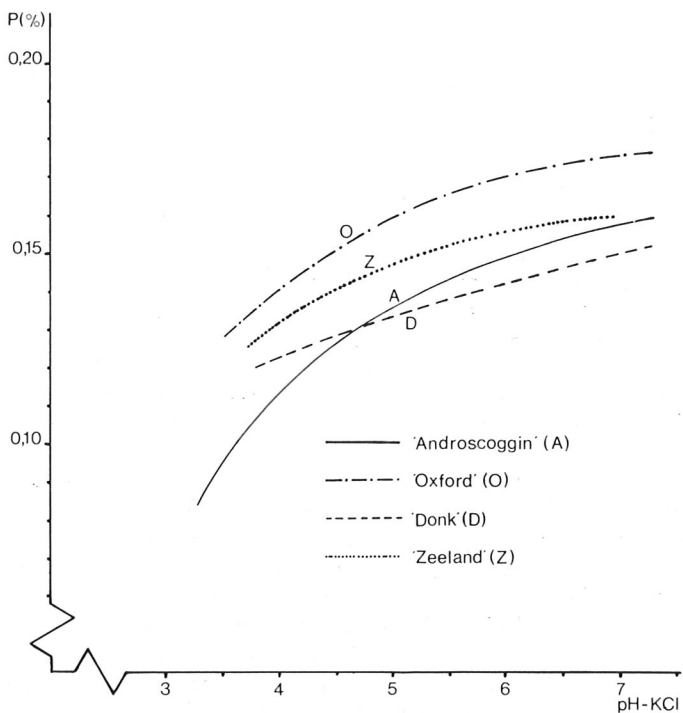
Figuur 2 Het N-gehalte van het blad (augustus 1978) en de pH-KCl (potproef).

Figure 2 Foliar N concentration (August 1978) and pH-KCl (pot trial).



Figuur 3 Het P-gehalte van het blad (augustus 1978) en de pH-KCl (potproef).

Figure 3 Foliar P concentration (August 1978) and pH-KCl (pot trial).

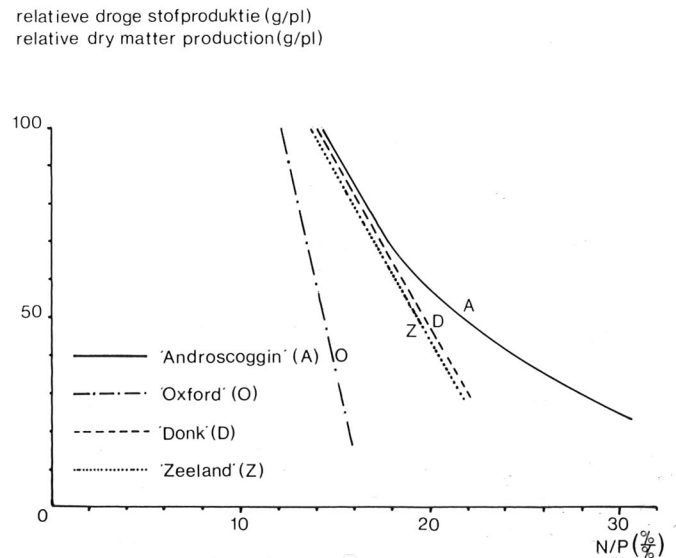


de groei dan de afzonderlijke N- en P-gehalten. Als men de in de potproef gevonden N- en P-gehalten van het blad in verband brengt met de groei dan bleken grote spreidingen op te treden en bovendien nam bij N-gehalten groter dan 2,1 à 2,3 % de groei af. Omdat voor euramerikaanse populieren het optimale N-gehalte bij ca. 2,8 % ligt is in de potproef sprake geweest van een indirect verband tussen de N-voorziening en de groei dat wordt beïnvloed door de P-voorziening. Hoewel nog geen sprake was van zichtbaar P-gebrek bij de onderzochte cultivars (de grenswaarde 0,10 % P voor zichtbaar P-gebrek werd behalve bij 'Androscoggin' ook bij pH 3,6 niet bereikt), blijkt de P-voorziening van het blad bij lage pH-waarden groeibeperkend te worden.

Het gecombineerde N/P-effect op de groei is in figuur 4 weer gegeven als het verband tussen de N/P-verhouding van het blad en de relatieve droge stofproductie. De spreiding in de relatie met de groei per cultivar bleek veel geringer te zijn dan die van de afzonderlijke N- en P-gehalten met de groei. De N/P-verhouding van het blad verklaarde de groeiverschillen dus veel beter dan de afzonderlijke N- en P-gehalten. Alle cultivars bleken de eigenschap te vertonen, in groei af te nemen als N/P toenam van 12 à 14 naar 16 à 31. Deze N/P-toename treedt op als de pH zeer laag wordt.

Figuur 4 De N/P-verhouding van het blad (augustus 1978) en de relatieve droge stofproductie (potproef).

Figure 4 Foliar N/P ratio (August 1978) and relative dry matter production (pot trial).



### 3 De invloed van de pH op de minerale voedingstoestand van jonge opstanden

Potproeven hebben als voordeel dat de werking van groeiplaatsfactoren kan worden vastgesteld zonder dat grote storingen door andere factoren optreden. Men krijgt op deze manier een beter inzicht in de betekenis van een groeiplaatsfactor dan uit terreinstudies. Dit voordeel is echter tegelijk een nadeel omdat het de overdraagbaarheid van de resultaten beperkt. Een ander nadeel is dat onderzoekruimten maar een geringe oppervlakte hebben en dat men dus nooit alle van belang zijnde factoren in voldoende mate kan onderzoeken.

In de bovenbeschreven potproef kon slechts een substraat worden onderzocht nl. een populiëregrond uit Spoordonk. Om het bezwaar van overdraagbaarheid te verminderen zijn bestaande gegevens van populiërebeplantingen (euramerikaanse en „bal-

sem"-populieren) uit de periode 1957–1978 bewerkt (Van den Burg 1980). Aan het rapport is het volgende ontleend:

- het N-gehalte van het blad van euramerikaanse populieren was gemiddeld het laagst in het pH-traject 4,5–6,5 en steeg bij zowel hogere als lagere pH-waarden. Het N-gehalte van het blad van „balsem"-populieren nam toe bij stijging van de pH van 3,5 tot 6; de sterke stijging van het N-gehalte bij lage pH-waarden – zoals bij euramerikaanse populieren – werd niet gevonden,
- het P-gehalte van het blad vertoonde niet steeds een duidelijk beeld. Het belangrijkste verschijnsel was echter dat het P-gehalte ging dalen als de pH lager werd dan 4,5. Zichtbaar P-gebrek is slechts in enkele gevallen waargenomen, nl. op gronden met een P-totaal cijfer  $\leq 10$  à 20 mg  $P_2O_5/100$  g,
- bij zowel euramerikaanse als „balsem"-populieren was de N/P-verhouding van het blad gemiddeld ca. 10 in het pH-traject 5–7 en nam bij lagere pH-waarden toe,
- het K-gehalte van het blad was weinig pH-afhankelijk. Op mariene gronden en op gronden met bouwlandinvloed was het steeds voldoende. Als niet-mariene gronden de voorgeschiedenis grasland of populierenbos hadden, was de kans op een onvoldoende K-voorziening vrij groot,
- zoals te verwachten viel nam het Ca-gehalte van het blad met stijgende pH toe. Ook bij de laagste pH-waarden waarbij nog populierebeplantingen zijn aangelegd (3,5–4,0) is nooit Ca-gebrek geconstateerd,
- de hoogste Mg-gehalten traden op bij pH 5,0. Bij hogere en lagere pH-waarden was het Mg-gehalte gemiddeld lager.

#### 4 Discussie

De potproef heeft als resultaat opgeleverd dat het optimale pH-traject van de onderzochte cultivars 4,5–6,5 à 7 blijkt te zijn. Voor 'Zeeland' is deze conclusie in overeenstemming met literatuurgegevens. Leroy (1969) geeft als optimaal traject voor euramerikaanse populieren 4,5–6,5, Baker and Broadfoot (1976) vermelden dezelfde waarde voor *Populus deltoides*. Ongeveer hetzelfde optimale traject geldt voor balsempopulieren (*P. trichocarpa*, *P. balsamifera*) en populierhybriden. Bij pH-waarden  $< ca. 4,7$  neemt de groei van deze soorten en hybriden af (Fowells 1965; Funk 1963; Smith 1957).

De gevoeligheid voor lage pH-waarden ( $< 4,0$ ) blijkt voor de onderzochte cultivars ongeveer dezelfde te zijn. Bij pH-waarden lager dan 4,0 neemt de groei snel af en bij pH 3,5 is de absolute ondergrens bereikt. In dit opzicht reageert de populier op dezelfde wijze als vele landbouwgewassen doordat geen wortelgroei meer mogelijk is bij pH-waarden lager dan 3,5 (Wind 1968). Eenzelfde verschijnsel is waargenomen bij 'Robusta', 'Oxford' en 'Rap' op dalgronden. De beworteling concentreerde zich in de zandige bovengrond (pH-KCl 3,7) maar drong nauwelijks door in de daaronder liggende bolsterlaag, die een pH 3,3 had (Van den Burg en Kolster 1977; Vis en Kolster 1977).

De tolerantie tegen hoge pH-waarden bleek in de potproef verschillend te zijn. 'Androscoffin' was behoorlijk resistent tegen hoge pH-waarden, terwijl 'Oxford' de minst resistente was en zelfs enig ijzergreuk vertoonde. 'Donk' bezat dezelfde resistentie als 'Androscoffin'. Bij 'Zeeland' trad bij hoge pH-waarden ( $> 6,5$ ) een – zij het weinig belangrijke – groeiachteruitgang op. In dit opzicht is 'Zeeland' vergelijkbaar met 'Robusta' (Van den Burg en Schoenfeld 1978; Garbaye 1979) en 'Gelrica' (Van den Burg 1977). Daarentegen zijn 'I 214' en 'Dorskamp' vrij ongevoelig voor hoge pH-waarden (Van den Burg en Schoenfeld 1978; Garbaye 1979). Met betrekking tot de tolerantie tegen hoge pH-waarden bestaan dus tussen euramerikaanse cultivars enige verschillen zij het dat deze voor de praktijk weinig belangrijk zijn. Verder blijkt dat het vermoeden dat „balsem"-populieren vrij gevoelig zijn voor hoge pH-waarden niet geheel

opgaat. 'Androscoffin' en 'Donk' zijn veel toleranter tegen hoge pH-waarden dan bijv. 'Oxford', 'Barn', 'Fritzi Pauley' en 'Heimburger'.

De geringe groeiafname van de meeste cultivars in de potproef op behandelingen met hoge pH-waarden maakt het niet noodzakelijk gronden met pH  $> 6,5$  niet meer als optimaal te beoordelen voor de populierenteelt (met uitzondering van de bovengenoemde gevoelige „balsem"-populieren), tenzij ze arm aan lutum- en organische stof zijn en daardoor de N-voorziening onvoldoende wordt. Ook de vaak lage P-totaalcijfers van deze zandgronden (vaak in de orde van grootte van 10 à 20 mg  $P_2O_5/100$  g) kunnen een extra beperkende factor vormen.

Anders ligt het probleem van de geschiktheitsbeoordeling voor populier van gronden met een pH lager dan 4,0. pH 3,5 betekent ongeveer het absolute nulpunt voor de populierenteelt, zodat ter beoordeling alleen het pH-traject 3,5–4,0 overblijft. Van der Meiden (1976) acht dergelijke gronden ongeschikt voor de populierenteelt omdat de hoeveelheden kalk die moeten worden gebruikt om de pH op 4,5 te brengen zeer hoog worden. Er valt echter uit proefveldresultaten uit de periode 1957–1964 op te maken dat nog een matige groei van populier mogelijk is op gronden met pH 3,5–4,0 als de grond in de voorafgaande periode gedurende enige jaren als bouw- of weiland in gebruik is geweest. Waarnemingen bij andere houtsoorten wijzen eveneens op een positieve invloed van dit voorafgaande landbouwkundige gebruik bij andere houtsoorten (Vis 1974). Wel blijkt dat deze matige groei alleen mogelijk is als het P-totaalcijfer van de grond 30 à 40 mg  $P_2O_5/100$  g of meer bedraagt of door bemesting op dit peil wordt gebracht (Van der Meiden 1958, 1962). Een ander voorbeeld van soms nog redelijke groeimogelijkheden bij lage pH-waarden is de 'Robusta'-opstand nabij Spoorndonk, waarvan de grond als substraat voor de potproef diende. De pH van de bovengrond bedroeg 3,87 en het P-totaalcijfer 91. Ondanks deze lage pH was de S-waarde van de opstand 43–50 m d.w.z. de groei was zeer goed. Weliswaar mag niet worden vergeten dat de pH vroeger hoger kan zijn geweest maar ook dan lijkt de bodemvruchtbaarheid belangrijker voor de groei dan de pH. Verder speelt ook de kwaliteit van de organische stof een rol bij lage pH-waarden. Alle beplantingen in proefvelden uit de periode 1957–1964 waaraan het bovenstaande is ontleend, lagen op gronden met een N-org. waarde van minstens 2,0 à 2,5 %. Extrapolatie van gegevens betreffende de relatie tussen de groei van 'Robusta' en 'Gelrica' en N-org. levert eveneens een minimale waarde van N-org. = 2,0 % op waarbij nog van matige groei van de populier sprake is (Van den Burg 1977).

De betekenis van de pH voor de groei is dus niet overheersend. Als de pH-waarde van een grond minstens 4,0 is mag worden aangenomen dat de N- en de P-voorziening van populier over het algemeen voldoende zijn. Bij lagere pH-waarden is wel een groeiafname te verwachten, maar dit hangt in het pH-traject 3,5–4,0 meer van de N- en P-voorziening af. Als de pH hoger is dan 6,5 kunnen – afhankelijk van de cultivar – soms kleine groeiverminderingen optreden. De voorwaarde van een voldoende N- en P-voorziening blijft echter ook in dit traject van hoge pH-waarden geldig.

Als de pH lager is dan 4,0 neemt in het algemeen de groei van populier af. Verantwoordelijk is hiervoor in de eerste plaats de P-voorziening, die wordt verslechterd door vastlegging van fosfaationen aan aluminiumionen en door een negatieve invloed van aluminiumionen op de Ca-voorziening van de wortels (Foy 1974; McLean 1976). Bij zeer lage pH-waarden kan zelfs zichtbaar P-gebrek optreden, zoals in de potproef bij pH 3,3 werd geconstateerd. De gebreksverschijnselen bij deze lage pH-waarden stemden overeen met die, beschreven door Liekens (1960) voor

populier. Een bijkomende factor bij lage pH-waarden is de N-voorziening, omdat populier het ammoniumion (dat bij deze lage pH-waarden praktisch de enige vorm van minerale stikstof is die in de bodem aanwezig is) bij lage pH-waarden slecht verdraagt (Evers 1963). P is echter belangrijker dan N omdat de stijging van het N-gehalte van het blad bij zeer lage pH-waarden erop wijst dat de P-voorziening een belangrijker groeibepurende factor is dan de N-voorziening. Er bestaat in dit opzicht verschil tussen euramerikaanse en „balsem”-populieren, althans in opstanden: bij lage pH-waarden werden bij de eerste geen lage N-gehalten waargenomen, bij de laatste wel. Storingen in de minerale voedingsstoffenvoorziening als gevolg van een te lage pH zullen dus bij „balsem”-populieren tot uiting komen in zichtbaar N-gebrek, bij euramerikaanse populieren niet. Het bovenstaande heeft gevolgen voor de interpretatie van blad-analyseresultaten van populier, vooral bij lage pH-waarden. Uit combinatie van gegevens van Evers (1963), Garten (1976), Ingestad (1974, 1979) en Jung (1959) valt af te leiden dat de optimale N/P-verhouding van populiereblad ligt tussen 5 en 12. Bij zeer lage pH-waarden blijkt de N/P-verhouding veel hoger te kunnen worden. Het N-gehalte van het blad zegt dan weinig over de N-voorziening omdat niet N maar P groeibepurend is. Het P-gehalte kan dan nog boven de grenswaarde voor zichtbaar P-gebrek liggen (0,10 % P). Als er dus sprake is van een hoogstens matige P-voorziening, veroorzaakt door een te lage (of te hoge) pH van de grond of door een te laag P-totaalcijfer dan is de N/P-verhouding van het blad van populier een betere maatstaf voor de minerale voedingsstoffenvoorziening van populier dan de afzonderlijke N- en P-gehalten van het blad.

## Literatuur

- Baker, J. B., and W. M. Broadfoot. 1976. Soil requirements and site selection for Aigeiros poplar plantations. Proceedings Symposium on eastern cottonwood and related species, September 28-October 2 1976, Greenville MS. Louisiana State University, Division of Continuing Education, Baton Rouge, pp. 328-343.
- Burg, J. van den. 1977. De groei van euramerikaanse populier en het stikstofgehalte van de organische stof in de bodem. Populier 14(3): 55-58; Mededeling „De Dorschkamp”, Wageningen, nr. 166.
- Burg, J. van den. 1980. De invloed van de zuurgraad van de bodem (pH-KCl) op de bladsamenstelling van jonge populiereopstanden. Rapport „De Dorschkamp”, Wageningen, nr. 221.
- Burg, J. van den, M. J. W. M. Janssens en M. de Wit. 1980. De invloed van de pH van een zandgrond op de groei en bladsamenstelling van vier populierecultivars (verslag van een in 1978 uitgevoerde potproef). Rapport „De Dorschkamp”, Wageningen, nr. 220.
- Burg, J. van den, en H. W. Kolster. 1977. pH-daling in voormalige landbouwgronden op zand- en veengronden en het belang hiervan voor de populierenteelt. Rapport „De Dorschkamp”, Wageningen, nr. 118.
- Burg, J. van den, en P. H. Schoenfeld. 1978. Populiereenteelt, bodemvruchtbaarheid en grondonderzoek. Populier 13(4): 75-80; Mededeling „De Dorschkamp”, Wageningen, nr. 171.
- Evers, F. H. 1963. Die Bedeutung der Stickstoffform für Wachstum und Ernährung der Pflanzen, insbesondere der Waldbäume. Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung Nr. 14: 19-37.
- Fowells, H. A. 1965. Silvics of forest trees in the United States. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook No. 271.
- Foy, Ch. D. 1974. Effects of aluminum on plant growth. The plant root and its environment (ed. E. W. Carson), University Press of Virginia, Charlottesville, pp. 601-642.
- Funk, D. T. 1963. Hybrid poplars on Ohio spoil banks. United States Forest Service, Central States Forest Experiment Station, Columbus, Ohio, Research Note CS-8.
- Garbaye, J. 1979. Sol et productivité des peupliers 'I 214' et 'Robusta' en populiiculture traditionnelle dans le Nord du Bassin Parisien. Annales de Sciences Forestières 36(1): 39-58.
- Garbaye, J., et F. le Tacon. 1974. Etude expérimentale du comportement de divers clones de résineux et de deux clones de peuplier vis-à-vis du pH et de la teneur en calcaire du sol. Revue Forestière Française 26: 439-446.
- Garten, Ch. T. 1976. Correlations between concentrations of elements in plants. Nature 261: 686-688.

## 5 Conclusies

- a Het pH-traject 4,5-6,5 is optimaal voor euramerikaanse en „balsem”-populieren.
- b Als de pH hoger is dan 6,5 kunnen sommige „balsem”-populieren (o.a. 'Oxford', 'Barn', 'Fritzi Pauley' en 'Heimburger') groeiafname vertonen. De groeiafname van euramerikaanse populieren en „balsem”-populieren als 'Androscoggin' en 'Donk' in dit pH-traject is gering en voor de praktijk niet van betekenis.
- c Gronden met een pH-waarde lager dan 4,0 zijn weinig of niet geschikt voor de teelt van euramerikaanse en „balsem”-populieren. Alleen als door voorafgaand gebruik als bouw- of weiland de bodemvruchtbaarheid is toegenomen (P-totaal  $\geq 30$  à 40 mg  $P_2O_5/100$  g of door P-bemesting op deze waarde te brengen; N-org.  $\geq 2,0$  à 2,5) dan is nog een matige groei van populier te verwachten.
- d Storingen in de N- en P-voorziening in de niet-optimale pH-trajecten voor populier ( $< 4,0/4,5$  en  $> 6,5/7,0$ ) leiden ertoe dat niet de afzonderlijke N- en P-gehalten van het blad maatgevend zijn voor de minerale voedingsstoffenvoorziening. Deze wordt beter weergegeven door de N/P-verhouding van het blad. De optimale N/P-verhouding van populier bedraagt 5-12.
- e De pH is van weinig betekenis voor de beoordeling van de K-, Ca- en Mg-voorziening van populier. De K-voorziening wordt vooral bepaald door de aard van het moeder materiaal en de voorgeschiedenis van de bodem.

- Guldemond, J. L. 1966. De balsemkruisingen Populus 'Androscoggin', Populus 'Geneva' en Populus 'Oxford'. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 38(9): 323-330; Bericht „De Dorschkamp”, Wageningen, nr. 53.
- Ingestad, T. 1974. Towards optimum fertilization. AMBIO 3(2): 49-54.
- Ingestad, T. 1979. Mineral nutrient requirements of Pinus sylvestris and Picea abies seedlings. Physiologia Plantarum 45(4): 373-380.
- Jestaedt, M. 1978. Sortenprüfung von Balsampappeln auf Waldstandorten. Die Holzzucht 32(3&4): 22-27.
- Jung, J. 1959. Agrikulturchemie und Forstpflanzenernährung. Allgemeine Forstzeitschrift 14(20): 365-369.
- Koster, R. 1971. Elf nieuwe populieren: ten geleide. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 44(7&8): 173-189; Mededeling „De Dorschkamp”, Wageningen, nr. 126.
- Leroy, Ph. 1969. La fertilisation du peuplier. Revue Forestière Française 21(3): 163-182.
- Liekens, H. 1960. Gebreksverschijnselen en groeiverschillen bij populierenstekken in verband met hoofdelementen in de voeding. Agri-cultura 8(1960)2 (4): 663-687.
- McLean, E. O. 1976. Chemistry of soil aluminum. Communications in soil science and plant analysis 10(1&2): 1-28.
- Meiden, H. A. van der. 1958. Fosfaatbemesting en het aanslaan van populierenbeplantingen. Het Thomasmeel 15: 51-59.
- Meiden, H. A. van der. 1962. Die Düngung der Pappel. Forstarchiv 33(4): 69-72.
- Meiden, H. A. van der. 1976. Gebruik en teelt van populier. Handboek voor de populierenteelt, Koninklijke Nederlandse Heidemaatschappij Arnhem, pp. 72-136.
- Nationale Populierencommissie. 1976. Indeling en naamgeving van populieren. Populier 13(1): 6-7.
- Schmidt, P. 1977. Wachstum und Wasserverbrauch von Bäumen: Methodische Experimente und Untersuchungen mit Pappeln. Dissertation Freiburg i.Br.
- Smith, J. H. G. 1957. Some factors indicative of site quality for black cottonwood (Populus trichocarpa Torr. & Gray). Journal of Forestry 55(8): 578-580.
- Vis, T. 1977. Veldbodkundig onderzoek naar het verband tussen bos en bodem op humuspodzolgronden. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 46(5): 94-111.
- Vis, T. en H. W. Kolster. 1977. Ervaringen op zand- en veengronden met enkele nieuwe populiereklonen. Populier 13(1): 3-14.
- Wind, G. P. 1968. Root growth in acid soils. Netherlands Journal of Agricultural Science 15: 259-266.