

Populierenteelt, bodemvruchtbaarheid en grondonderzoek* / J. van den Burg en P. H. Schoenfeld

Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw
„De Dorschkamp”, Wageningen

Samenvatting

Een overzicht wordt gegeven van de tot dusver bestaande kennis omtrent de bodemvruchtbaarheidseisen van zowel Euramerikaanse als balsem- en verwante populieren. Centraal staat de informatie over de bodemvruchtbaarheid die gewoonlijk uit een grondmonster kan worden verkregen.

Zuurgraad: Het optimale pH-KCl-traject blijkt voor balsem- en verwante populieren (5,0–5,5) kleiner te zijn dan voor Euramerikaanse populieren (5,0–7,0). Balsem- en verwante populieren schijnen gevoelig te zijn voor hoge pH-waarden, Euramerikaanse populieren groeien goed op kalkrijke gronden.

Stikstof: Het stikstofgehalte van de organische stof is een redelijke indicatie voor de N-leverantie van de bodem.

Fosfor: De populier vraagt een P-totaal in de grond van ca. 40 (mg P_2O_5 per 100 g grond). Dit correspondeert in grote trekken met een P-gehalte in het blad van 0,10–0,15 % P.

Kalium: Er is geen directe relatie tussen het kaliumgehalte van het blad en de grond, wel tussen het kaliumgehalte van het blad en de groei.

Calcium: Het $CaCO_3$ -gehalte van de grond is geen bruikbare maatstaf. De kalkbehoefte van populier is in feite de eis van een minimale pH van de grond (grenswaarde pH-KCl ca. 4,0).

Magnesium: Grondanalyse is van weinig betekenis omdat Mg-gebrek gemakkelijk met behulp van bladanalyse is vast te stellen.

Sporenelementen: Op voor Euramerikaanse populieren geschikte groeiplaatsen komt gebrek aan sporenelementen gewoonlijk niet voor, behalve in sommige gevallen kopergebrek. Bij balsem- en verwante populieren kan bij hoge pH kalkchlorose (ijzergebrek) optreden. Er zijn thans nog geen bruikbare methoden voor de bepaling van de beschikbaarheid van sporenelementen in de grond. Bladanalyse geeft echter voldoende informatie.

Zoutschade: Bij Euramerikaanse zowel als balsem- en verwante populieren kan schade door zout grondwater optreden bij een $EC_{1:5}$ -waarde hoger dan 0,2 $mS \cdot cm^{-1}$.

Uit de beschikbare gegevens is af te leiden dat de bodemvruchtbaarheidseisen van de balsem- en verwante populieren voor wat betreft stikstof, fosfaat, kalium, zout en vochtvoorziening weinig afwijken van die van Euramerikaanse populieren. In het pH-KCl-traject 4,8–5,5 groeien balsem- en verwante populieren in het algemeen beter dan Euramerikaanse populieren.

Voor de populierenteelt belangrijke bepalingen aan grondmonsters (0–25 cm) zijn: pH-KCl, P-totaal, N-totaal en organische stofgehalte. Monsters voor bepaling van het zoutgehalte dienen uit de laag 25–50 cm te worden genomen, in de maand augustus of september.

1 Inleiding

In 1959 publiceerde Van der Meiden een eerste samenvatting van de resultaten van het onderzoek naar de eisen die de Euramerikaanse populier stelt aan de bodemvruchtbaarheid (Van der Meiden 1959a). Hij was daarbij in staat om de betekenis van de zuurgraad en de fosforvoorziening vrij nauwkeurig aan te geven. De mogelijkheid om de stikstof- en de kaliumvoorziening te beoordelen met behulp van grondmonsteranalyses was toen nog in onderzoek. Uit na 1959 uitgevoerd onderzoek (Guldmond en Van Lynden 1968, Van der Meiden 1964) werd de konklusie getrokken dat grondonderzoek voor de beoordeling van de stikstof- en kaliumvoorziening van geen betekenis was,

Poplar cultivation, soil fertility and soil chemical analysis

Summary

This paper gives a review of current knowledge on chemical site requirements of Euramerican poplars as well as balsam and balsamhybrid poplars with special emphasis to data from soil samples.

Soil acidity: *For balsampoplars and balsamhybridpoplars the optimum pH-KCl range (5.0–5.5) is smaller than for Euramerican poplars (5.0–7.0). Balsam and balsam hybrid poplars seem to be susceptible to high pH-values, Euramerican poplars grow well on calcareous soils.*

Nitrogen: *Nitrogen content of soil organic matter provides an adequate indication of the nitrogen status of the soil. For Euramerican poplars on sandy soils N org. should be at least 3.0 %, on clay soils 4.0 %.*

Phosphate: *In general poplar requires a total phosphate level in the soil of 40 mg P_2O_5 per 100 g. This corresponds with a phosphate content of the leaves of about 0.10 to 0.15 % P.*

Potassium: *No relationship has been found between potassium content of soil and foliage. Potassium content of foliage and annual height increment however are closely related.*

Calcium: *With regard to growth of Euramerican poplars the $CaCO_3$ content of the soil has no practical value. One of the principal site requirements of Euramerican poplars is a minimum pH-KCl value of 4.0.*

Magnesium: *Mg deficiency can be easily detected by means of leaf analysis.*

Trace elements: *On sites suitable for growth of poplar deficiency of trace elements is all but unknown, except copper deficiency. Lime induced chlorosis (iron deficiency) may occur in balsampoplars and balsamhybridpoplars on calcareous soils. No dependable methods are yet known for determining the available amount of trace elements in the soil, but leaf analysis can provide necessary information.*

Salt damage: *In Euramerican, as well as balsampoplars and balsamhybridpoplars salt damage may occur when soil salinity exceeds the critical $EC_{1:5}$ value of 0.2 $mS \cdot cm^{-1}$.*

Soil site requirements of balsampoplars and balsamhybridpoplars for nitrogen, phosphate, potassium, salt and moisture supply are about equal to those of Euramerican poplars. In the pH-KCl range 4.8–5.5 suitable balsam and balsamhybrid clones grow usually better than Euramerican clones.

Essential data from soil samples (layer 0–25 cm) are pH-KCl, total content of nitrogen, total phosphate and organic matter. Salinity samples should be taken during August or September from the layer 25 to 50 cm.

met als gevolg dat de bladanalyse meer aandacht kreeg (Van der Meiden 1962a, 1976).

Na het einde van de zestiger jaren is door het bosbouwkundig onderzoek weinig aandacht meer besteed aan de eisen die Euramerikaanse populieren stellen aan de bodemvruchtbaarheid. Met behulp van de bestaande kennis van de betekenis van resultaten van grond- en bladanalyses konden nl. aan de praktijk voldoende bruikbare adviezen worden gegeven. Sinds het introduceren van de nieuwe Euramerikaanse cultivars 'Dorskamp' en 'Flevo' (Van Broekhuizen, Guldmond en Koster 1966) en van nieuwe cultivars met „balsembloed” (Guldmond 1966, Koster 1971) waaronder zich vertegenwoordigers bevinden van de balsempopulieren, hybride balsempopulieren en zwarte balsempopulieren (Werkgroep „Plantsoen en Rassen” NPC 1976) is steeds meer de vraag gerezen of deze cultivars dezelfde eisen stellen aan de bodemvruchtbaarheid als de traditionele Euramerikaanse populieren. Er blijkt nl. de tendens te bestaan de eisen die deze nieuwe cultivars aan de bodem stellen als lager te beschouwen dan bijv. die van 'Robusta' en 'Zeeland' (Grosscurth 1972, Guldmond 1966, Vis en Kolster 1977). Laatstgenoemde auteurs stelden daarom een onderzoek in naar de groei van balsem- en verwante populieren en vergeleken deze met de groei van 'Robusta'. Ze kwamen daarbij tot de konklusie dat de verschillen minder groot waren dan werd verondersteld. Dit doet

* Verschijnt tevens als Mededeling 171 van „De Dorschkamp” (waarin literatuurlijst is opgenomen).

vermoeden dat de eisen van Tacamahaca- en Tacamahaca x Aigeiroskultivars wellicht even hoog zijn als van Euramerikaanse populieren.

De situatie is thans vergelijkbaar met die in 1959 toen Van der Meiden (1959a) schreef... „onderzoek naar de voedingsstoffenbehoefte van populier (is) urgent geworden doordat het areaal van deze soort zich geleidelijk ook uitbreidt tot chemisch minder geschikte gronden, iets dat al vele teleurstellingen met zich meebracht”. Hoewel het onderzoek naar de groeiplaatseisen van balsem- en verwante populieren nog in volle gang is, is aan het verzoek van de redactie van „Populier” voldaan om de thans bestaande kennis samen te vatten en wederom te wijzen op de betekenis van het grondonderzoek, omdat de kosten ervan, vergeleken met de totale aanlegkosten, te laag zijn om het risico van mislukking van de beplanting te nemen (Van der Meiden 1976). In het navolgende wordt ingegaan op de eisen die Euramerikaanse, balsem- en verwante populieren stellen aan de bodemvruchtbaarheid en aan de voor de praktijk van belang zijnde bepalingen aan grondmonsters. Leuce-populieren blijven buiten beschouwing omdat de kennis omtrent de bodemvruchtbaarheidseisen van deze groep ervan gering is. Door Bouman (1974) zijn enige gegevens over de esp (*Populus tremula*) verzameld, die verder buiten beschouwing blijven.

2 De betekenis van de bodemvruchtbaarheidsfactoren

2.1 Inleiding

Het is in het Nederlandse bosbouwkundige onderzoek gewoonte om het begrip bodemvruchtbaarheid te beperken tot de situatie met betrekking tot makro- en mikro-elementen. Deze beperking is vanzelfsprekend enigszins willekeurig, omdat bodemeigenschappen als granulaire samenstelling (lutum-, leem- en zandgehalte), doorwortelbaarheid, luchtvoorziening en vochtvoorziening ook bijdragen tot de bodemvruchtbaarheid. In dit artikel wordt hierop niet ingegaan omdat deze eigenschappen niet in het gebruikelijke bodemvruchtbaarheidsonderzoek worden bepaald maar veeleer in het terrein zelf worden geschat. Aan de andere kant wordt – in tegenstelling tot wat vaak gebeurt – de zuurgraad van de grond niet los van de bodemvruchtbaarheid (voedingstoestand) besproken omdat de relaties tussen beide te eng zijn.

2.2 Zuurgraad

De zuurgraad van de grond (pH) is een vaak toegepast criterium om de geschiktheid voor populier te beoordelen. Dit is een gevolg van het feit dat de pH in het laboratorium gemakkelijk meetbaar is, terwijl ook voor veldbepalingen redelijk bruikbare methoden bestaan. De pH van een grondmonster kan op verschillende manieren worden bepaald (Jackson 1962), in het Nederlandse bosbouwkundige onderzoek wordt meestal de pH-KCl gebruikt; in de literatuur wordt nogal eens gebruik gemaakt van de pH-H₂O, het verband tussen beide waarden is ongeveer

$$\text{pH-KCl} = \text{pH-H}_2\text{O} - 0,8$$

In het onderstaande wordt steeds vermeld of het gaat om de pH-KCl of de pH-H₂O, omdat sommige onderzoekresultaten betrekking hebben op studies met voedingsoplossingen.

In de Nederlandse gronden loopt de pH-KCl van de bovengrond (0–25 cm) uiteen van ca. 2,5 (soms aangetroffen onder opstanden van zwarte els) tot 7 à 8 (kalkrijke gronden). De pH is een graadmeter voor het optreden van diverse bodemchemische, bodemfysische en microbiologische processen en eigenschappen, maar de betekenis ervan voor bomen is niet over het gehele traject dezelfde. In grote lijnen vallen drie pH-gebieden te onderscheiden:

– in het „zure” traject kan soms directe schade door H⁺-ionen optreden; van meer belang zijn een tekort aan calcium, het op-

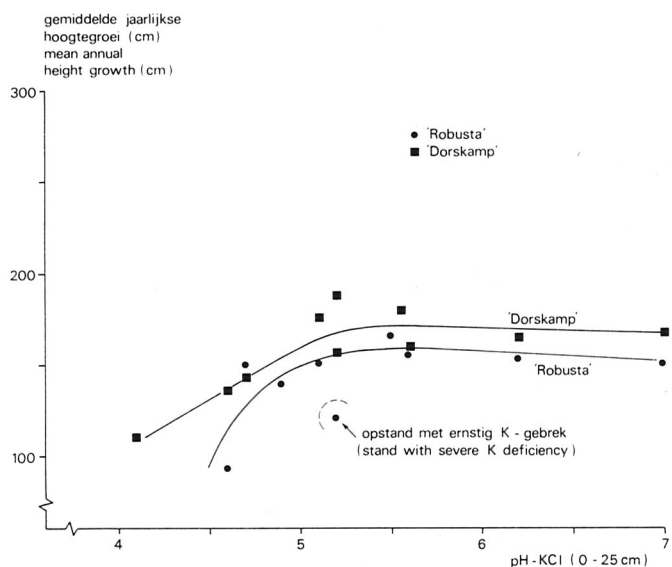


Fig. 1 Jeugdgroei en pH-KCl van 'Robusta'- en 'Dorskamp'-opstanden (naar gegevens van Vis en Kolster 1977).

Fig. 1 Juvenile growth and pH-KCl of 'Robusta' and 'Dorskamp' stands (data from Vis and Kolster 1977).

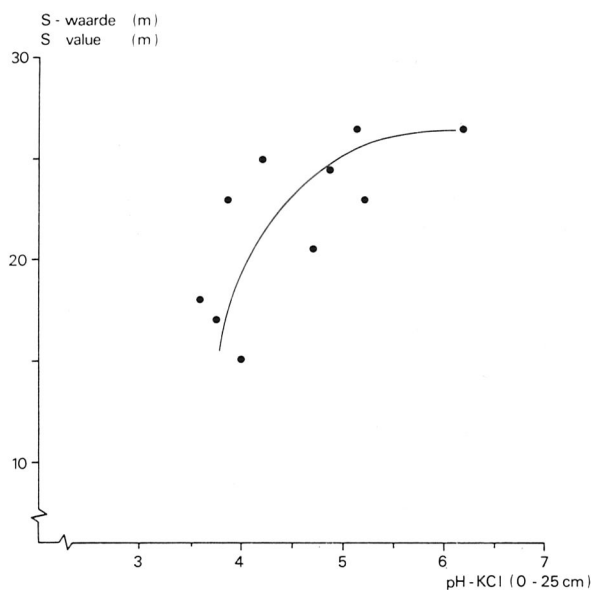


Fig. 2 S-waarde en pH-KCl van 'Marilandica'-opstanden in Noord-Brabant (naar ongepubliceerde gegevens van Van den Wijngaard en Van Hees 1977).

Fig. 2 S-value and pH-KCl of 'Marilandica' stands in North Brabant (unpublished data from Van den Wijngaard and Van Hees 1977).

treden van aluminium- en mangaanvergiftiging en het ontbreken van nitrifikatie waardoor de bodemstikstof alleen als NH₄⁺ ter beschikking komt voor bomen (Buckman and Brady 1965, Eiberle 1957, Evers 1961 en 1963, Fritzsche und Kemmer 1959, McLean 1975 en 1976, Rüger 1955, Stevenson 1966). De bovengrens van dit „zure” traject is niet voor alle houtsoorten dezelfde

– vanaf pH-KCl-waarden hoger dan 6 à 6,5 is in de grond vrije kalk (CaCO₃) aanwezig. In dit basische traject kunnen storingen optreden in de ijzervoorziening (Brown 1961), soms ook in de mangaanvoorziening

– het tussen het „zure” en het „basische” traject liggende pH-gebied is het optimale, waarin andere bodemvruchtbaarheidsfactoren een overheersende rol spelen.

Hoe reageren nu populieren op de pH van de grond? Uit diverse onderzoeken is komen vast te staan dat bij pH-KCl-waar-

den lager dan 4,0 de groei van *Euramerikaanse populieren* slecht is en vaak sterfte optreedt (Van der Meiden 1976). In het traject 4–4,5 wordt door Van der Meiden (1962a) nog bekalking geadviseerd, bij pH-KCl-waarden hoger dan 4,5 is dat niet meer nodig. Deze Nederlandse ervaringen stemmen overeen met buitenlandse (Eiberle 1957, Fiedler, Nebe und Hoffmann 1973, Fritzsche und Kemmer 1959, Mayer-Krapoll 1952, Rüger 1955). In sommige, op voedingsoplossingen gebaseerde studies worden nog lagere getolereerde pH-waarden aangegeven (Fritzsche und Kemmer 1959: pH-H₂O 3) doch in voedingsoplossingen is het giftige aluminium-ion niet aanwezig (deze ionen gaan in merkbare hoeveelheden optreden als de pH-H₂O lager is dan 4,7 (cf. McLean 1976), overeenkomend met een pH-KCl-waarde kleiner dan ca. 4,0).

Het optimale traject voor *Euramerikaanse populier* begint bij pH-KCl = 5,0 (zie figuur 1 en 2) en reikt tot in het gebied waar hoge CaCO₃-gehalten gaan optreden (pH-KCl $\geq$ 7). In de literatuur wordt aan de bovengrens van het optimale pH-gebied voor populier weinig aandacht besteed, kennelijk omdat verschijnselen van kalkchlorose (ijzergebrek) bij *Euramerikaanse populier* zelden of nooit optreden of zijn waargenomen. De optima die worden vermeld (Eiberle: pH-H₂O $\leq$ 6,9; Fiedler, Nebe und Hoffmann 1973: pH-KCl 6,5; Fritzsche und Kemmer 1959: pH-H₂O ca. 7; Leroy 1969: pH-H₂O 5–7; Mayer-Krapoll 1952: pH-H₂O 6–8; Mráz 1968: pH-KCl 5–7; Viart 1965: pH-H₂O 7) komen met de Nederlandse bevindingen overeen.

De vraag of kultivars van *Euramerikaanse populier* overeenkomstig reageren op lage pH-waarden is wel bevestigend te beantwoorden: hierop wijzen de resultaten van onderzoeken van Mráz (1968) en Röhrig (1959), die vonden dat de relatieve volgorde in de hoogtegroeï van deze kultivars per opstand meestal dezelfde was. Daaruit valt te konkluderen dat *Euramerikaanse kultivars* in relatieve zin dezelfde eisen aan de bodem stellen. Ook wijzen hierop resultaten van onderzoek in opstanden van 'Robusta', 'Dorskamp' (figuur 1) en 'Marilandica' (figuur 2). De gegevens zijn ontleend aan Faber (1977), Schoenfeld (1977b), Vis en Kolster (1977) en ongepubliceerde gegevens van Van den Wijngaard en Van Hees (1977). Op te merken valt dat 'Dorskamp' mogelijk iets lagere pH-waarden tolereert dan 'Robusta' en dat de S-waarde in de 'Marilandica'-opstanden niet hoger is dan 27 meter, hetgeen juist onder de gemiddelde waarde van 28 meter ligt die Faber en Tiemens (1975) opgeven voor deze kultivar. Nadere beschouwing van de bodemvruchtbaarheidsgegevens van deze opstanden leert echter dat het N-gehalte van de organische stof meestal 2–3 % bedraagt, hetgeen een onvoldoende N-voorziening betekent (Van den Burg 1977). Hierop wordt in paragraaf 2.3 teruggekomen. Een andere oorzaak van de matige groei van 'Marilandica'-opstanden in dit gebied ligt in het optreden van bladziekten (Van der Meiden 1959b, 1964).

De vraag naar de pH-eisen van *balsem- en aanverwante populieren* (sekties *Tacamahaca* en *Tacamahaca* x *Aigeiros*) is wat moeilijker te beantwoorden omdat tot nu toe geen uitgebreid groeiplaatseisenonderzoek voor deze kultivars is uitgevoerd. Met behulp van enige onlangs ter beschikking gekomen gegevens (Schoenfeld, in voorbereiding; Vis en Kolster 1977) is echter een poging gedaan, nadere informatie te kunnen geven. Het aantal waarnemingen per kultivar is te gering om voor elke kultivar afzonderlijk konklusies te mogen trekken over de invloed van de pH. Het onderstaande geldt dus voor de gehele groep.

De gegevens over de groei van *balsem- en verwante populieren* in het pH-KCl-traject 4,5–7 laten een zeer grote variatie per pH-trap zien (figuur 3) hetgeen er op wijst dat andere bodemfactoren dan de pH eveneens van grote invloed zijn op de

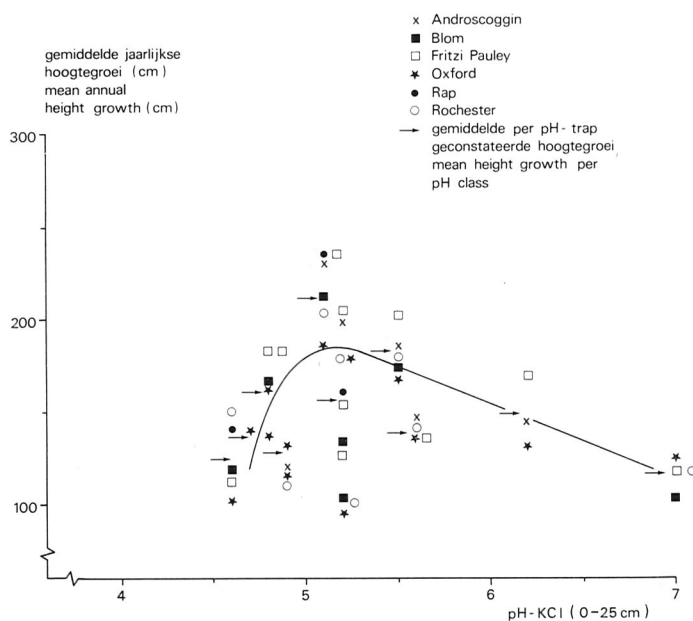


Fig. 3 Jeugdgroei en pH-KCl van *Tacamahaca*- en *Tacamahaca* x *Aigeiros*-kultivars (naar gegevens van Vis en Kolster 1977; Schoenfeld 1977).

Fig. 3 Juvenile growth of *Tacamahaca* and *Tacamahaca* x *Aigeiros* cultivars (data from Vis and Kolster 1977; Schoenfeld 1977).

groei. Bij een verdeling van de waarnemingen zoals in figuur 3 tot uiting komt mag worden aangenomen dat de minimale per pH-trap waargenomen groei door andere beperkende factoren wordt bepaald, maar dat de maximaal per pH-trap optredende groei het duidelijkst het effect van de pH weergeeft omdat andere factoren geen grote beperkingen vormen. De in figuur 3 getrokken kromme geeft dan de gemiddelde relatie weer tussen groei en pH, de spreiding van de waarnemingen wordt veroorzaakt door zowel andere bodem (en klimaats-) factoren als verschillen tussen kultivars. In grote lijnen blijkt nu dat de balsem- en verwante populieren de beste groei vertonen bij pH-KCl 5,0–5,5 en dat zowel bij hogere als lagere pH de groei afneemt. De achteruitgang van de hoogtegroeï bij hogere pH-KCl-waarden dan 5,5 komt overeen met literatuurgegevens: Garbaye et Le Tacon (1974) constateerden in een potproef dat de beste groei van de *Euramerikaanse* kultivar 'I 214' optrad bij pH-H₂O = 6, maar bij pH-H₂O-waarden tot 8,5 (waarbij 10 % CaCO₃ in de onderzochte grond aanwezig was) de groei slechts weinig afnam. Bij de balsempopulier *P. trichocarpa* 'Fritzi Pauley' lag het optimum eveneens bij pH-H₂O = 6, maar de groei nam bij hogere pH-waarden (bij 1 en 10 % CaCO₃ in de onderzochte grond) duidelijk af. Schmidt (1977) vond in zijn onderzoek dat *P. trichocarpa* 'Heimbürger' zeer gevoelig was voor hoge pH-waarden, veroorzaakt door CaCO₃: bij 20 % CaCO₃ trad kalkchlorose op, waarna de planten afstierven. De zwarte balsempopulieren 'Barn' en 'Oxford' vertoonden bij hoge pH-waarden geen kalkchlorose maar reageerden wel met groei-afname. Het is dus te verwachten dat de groei van de groep balsem- en verwante kultivars op kalkrijke gronden minder zal zijn dan op grond van andere bodemvruchtbaarheidsfactoren (stikstof- en fosfaatvoorziening) kan worden verwacht. Bij pH-KCl-waarden lager dan 5,0 neemt de maximale groei gemiddeld snel af; deze intolerantie voor lage pH-waarden valt ook af te leiden uit een waarneming van Vis en Kolster (1977) die vonden dat een bolsterveenlaag met pH-KCl 3,7 niet meer door 'Robusta', 'Oxford' en 'Rap' kon worden doorworteld. De konklusie dat de tolerantiegrens van pH-KCl = 4,0 ook voor de balsem- en aanverwante populieren geldt, lijkt daarom vrij zeker.

Het bovenstaande sluit niet uit dat enkele kultivars uit deze

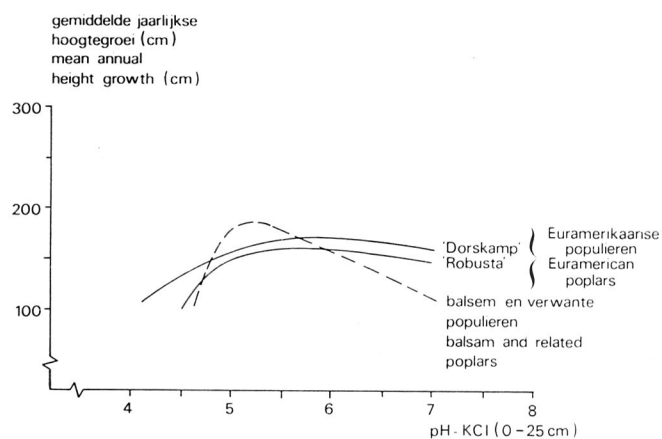


Fig. 4 Jeugdgroei van de Euramerikaanse kultivars 'Robusta' en 'Dorskamp' en van balsem- en verwante populieren in afhankelijkheid van de pH-KCl van de grond, bij voldoende P-voorziening (P-totaal > 40 mg $P_2O_5/100$ g).

Fig. 4 Juvenile growth of Euramerican poplars 'Robusta' and 'Dorskamp', and of balsam and related poplars, as influenced by pH-KCl of the soil, at adequate soil P levels (total P > 40 mg $P_2O_5/100$ g).

groep populieren zowel lage als hoge pH-waarden tolereren, maar dat zal uit onderzoek moeten blijken (Schoenfeld 1977a). De invloed van de pH op de groei van beide groepen is verschillend, zoals volgt uit de combinatie van pH- en groeigegevens in figuur 4: in het pH-KCl-traject 4,8–5,5 is de jeugdgroei van balsem- en verwante populieren gemiddeld beter dan die van 'Robusta' en 'Dorskamp'. Buiten dit traject is het omgekeerde het geval: beneden pH-KCl 4,5 en boven pH-KCl 6 is de groei van balsem- en verwante populieren minder.

Een meer algemeen aspect van de pH is de verandering van de waarde van deze grootheid in de tijd. Het is gebleken dat in dalgronden en humuspodzolgronden na bebossing een daling van de pH optreedt (Van den Burg en Kolster 1977). Deze daling belooft gedurende tien jaar ca. 0,05–0,1 eenheid per jaar. De genoemde gronden – van nature nogal zuur – zijn door ondermeer bekalking op een voor de landbouw gewenst pH-peil gebracht. Wanneer op dergelijke gronden populier wordt aangeplant bestaat, als niet wordt bemest, de kans dat de pH daalt tot beneden de voor deze boomsoort kritische waarde met als waarschijnlijk gevolg stikstofgebrek en groeiachteruitgang.

2.3 Stikstof

Hoewel stikstof een van de belangrijkste minerale voedingsstoffen voor de populier is (Van der Meiden 1962a, 1965, 1976) zijn bruikbare criteria voor de stikstofvoorziening met behulp

van grondmonsteranalyses schaars. Dit is een gevolg van de variaties in de stikstofmineralisatie gedurende het jaar waardoor de gevonden gehalten niet konden worden gekorreleerd met de groei, en het aanwezig zijn van twee ionen, nl. NH_4^+ en NO_3^- die zich zeer verschillend gedragen (Ellenberg 1963). Voor de populier komt daar nog bij dat stikstofgebrek (ook op voor de populierenteelt geschikte gronden) meestal optreedt in de eerste jaren na de aanleg (Van der Meiden 1965), als gevolg van een nog onvoldoende ontwikkeld wortelstelsel en onkruidkonkurrentie. De bladanalyse bleek een bruikbaar middel te zijn om de N-voorziening van jonge beplantingen te kunnen beoordelen, omdat duidelijke relaties bestaan tussen hoogtegroei, N-gehalte van het blad en zichtbare gebreksverschijnselen (Van der Meiden 1976). Het is daarom begrijpelijk dat aan stikstofonderzoek in de grond weinig aandacht is besteed.

Hoewel dus de betekenis van het chemisch grondonderzoek voor de N-voorziening van populieren als beperkt valt de beschouwen, zijn voor de Euramerikaanse populier toch twee bodemchemische factoren van belang, nl. de zuurgraad en het stikstofgehalte van de organische stof.

– de zuurgraad beïnvloedt de N-mineralisatie: boven pH- H_2O 5,5 wordt het grootste gedeelte van de door ammonifikatie gevormde NH_4^+ -ionen omgezet in NO_3^- -ionen (Evers 1961). Bij afnemende pH- H_2O -waarden neemt de nitrifikatie sterk af (Evers 1961), is bij pH- H_2O = 4,5 al bijna onmerkbaar geworden (Stevenson 1966) en is van geen betekenis meer bij pH- H_2O 4 (Armson 1977). Dit betekent dat in gronden met pH- H_2O < 4,5 (= pH-KCl < 3,7) de Euramerikaanse populier de stikstof praktisch alleen als NH_4^+ aangeboden krijgt, een vorm die door de Euramerikaanse populier bij een hoge pH wel, bij een lage pH niet wordt getolereerd (Evers 1963). De pH van de grond (zie 2.2) geeft dus reeds een inzicht in de vorm waarin de stikstof ter beschikking komt voor de populier.

– het N-gehalte van de organische stof (in de literatuur ook wel weergegeven als het C/N-quotient; $N_{org}(\%) = ca. \frac{58}{C/N}$)

wordt vaak gebruikt als een vrij ruwe maatstaf om de kwaliteit van de organische stof te beoordelen en daarmee de N-leverantie ervan. Onderzoek in opstanden van Euramerikaanse populieren heeft aangetoond dat de potentiële N-voorziening redelijk is te schatten op basis van N_{org} (Van den Burg 1977). In Tabel 1 zijn de resultaten samengevat.

Dit houdt in dat voor gemiddelde groei (S-waarde = 32 meter, cf. Faber en Tiemens 1975) van Euramerikaanse populieren het N-gehalte van de organische stof minstens ca. 3,0 % moet bedragen (C/N-quotient ≤ 19 à 20) in zandgronden, terwijl het in zavel- en kleigronden zelfs hoger moet zijn (ca. 4,0 %, C/N-

Tabel 1 Groei van 'Robusta' (+ 'Zeeland') en 'Gelrica' en N_{org} (%) in de grond (0–25 cm).

Table 1 Growth of 'Robusta' (+ 'Zeeland') and 'Gelrica', and N content (%) of soil organic matter (0–25 cm).

kultivar	groeiklasse site index (m)	optimum S > 48	goede groei good growth S > 40	gemiddelde groei medium growth S = 40–32	slechte groei poor growth S < 32
Robusta + Zeeland	grondsoort soil class				
	zand- en veengronden sandy and peaty soils	> 4,0	> 3,3	3,3–2,9	< 2,9
	zavel en zware kleigronden sandy clay soils	> 6,0	> 4,9	4,9–3,6	< 3,6
Gelrica	groeiklasse site index (m)	optimum S > 48	goede groei good growth S > 36	gemiddelde groei medium growth S = 36–28	slechte groei poor growth S < 28
	grondsoort soil class				
	zand- en veengronden, zavelgronden sandy and peaty soils, sandy clay soils	> 4,0	> 3,3	3,3–2,9	< 2,9

quotient $\leq$ ca. 15).

– een derde mogelijk belangrijke bodemeigenschap is het N-totaalcijfer dat volgens Leroy (1969) minstens 0,15 % moet bedragen. In Nederland is echter niet gebleken dat N-totaalwaarden van 0,10 % in de bovengrond reeds een beperkende faktor vormen (Van den Burg 1977). Wel is uit een incidentele opname in een 'Robusta'-opstand in Oostelijk Flevoland (kavel O 56) op een organische stof- en lutumarme grond gekonstateerd dat de gemiddelde hoogtegroeï, na in de eerste jaren ongeveer 1,5 m/jaar te hebben bedragen, terugviel tot ongeveer 1 m/jaar (Schoenfeld 1978). Omdat de opstand gedurende de eerste jaren na aanleg regelmatig met stikstofmeststoffen was bemest en het N-totaalcijfer 0,03 % bedraagt (bij een N-gehalte van de organische stof van ca. 4,5 %) (Van den Burg 1977b) is het niet ondenkbaar dat een waarde van 0,03 % voor N-totaal als te laag voor Euramerikaanse populier is te beschouwen. Een grenswaarde is echter nog niet aan te geven. Nader onderzoek met 'Robusta' zal moeten aantonen of door de combinatie van N_{org} en N-totaal een index wordt verkregen die een betere beoordeling van de N-voorziening mogelijk maakt (Van Dijk 1968).

Over *balsem- en verwante populieren* is over een relatie tussen groei en N_{org} nog te weinig bekend. Wegens de vrij abrupte groeiachteruitgang bij pH-KCl-waarden lager dan ca. 5 is de kans echter vrij groot dat deze populieren min of meer vergelijkbare eisen stellen aan de N-voorziening als de Euramerikaanse populieren.

2.4 Fosfor

In de publikaties van Guldmond en Van Lynden (1968) en Van der Meiden (1959a, 1962a, 1976) over de P-voorziening van *Euramerikaanse populier* wordt een P-totaal-cijfer van 40 mg $P_2O_5/100$ g als voldoende en 30–40 als bijna voldoende genoemd. In lutumarme IJsselmeerpoldergronden zijn lagere P-totaalwaarden aangetroffen zonder dat P-bemesting merkbare resultaten gaf (Van den Burg 1977a). De situatie in deze jonge gronden is vanzelfsprekend niet maatgevend voor de P-voorziening ervan op langere termijn.

Bemestingsproeven met *balsem- en verwante populieren* zijn in Nederland niet uitgevoerd. Wel is uit de eerste resultaten van

onderzoek naar de toepasbaarheid van kalverdrijfmest in deze opstanden in Noord-Brabant een relatie af te leiden tussen het P-gehalte van het blad en het P-totaalcijfer (figuur 5). Onder aanname dat voor veel loofhoutsoorten het P-gehalte minstens 0,10 à 0,15 % P moet bedragen om een voldoende P-voorziening te waarborgen, blijkt dat dan het P-totaalcijfer van de grond ongeveer 40 moet bedragen, m.a.w. de voor Euramerikaanse populier geldende normen (zie boven) zijn vermoedelijk ook voor balsem- en verwante populieren van toepassing.

2.5 Kalium

In het onderzoek naar de betekenis van kalium voor de *Euramerikaanse populier* is oorspronkelijk uitgegaan van de gedachte dat tussen het K-gehalte in grond en blad bruikbare relaties zouden kunnen bestaan zodat met behulp van grondmonsteranalyses het optreden van K-gebrek in aan te leggen beplantingen was te voorspellen (Fritzsche 1964; Van der Meiden 1959a, 1959b, 1964). In Nederland bleek echter dat K-gebrek meestal niet een gevolg was van een in absolute zin te geringe beschikbaarheid van K in de bodem, maar wordt veroorzaakt door onvoldoende K-opname onder natte omstandigheden (lage zandgronden, veengronden) of door K-fixatie (rivierkleigronden) (Van der Meiden 1964, 1965; Schoenfeld 1975). Omdat de ervaring bestaat dat in ouder wordende beplantingen het zichtbare K-gebrek op den duur verdwijnt en in veel gevallen K-bemesting het K-gebrek kan opheffen, is aan het grondonderzoek geen aandacht meer besteed.

Evenals voor Euramerikaanse populieren is voor *balsem- en verwante populieren* geen relatie bekend tussen de K-voorziening van de bomen en het K-gehalte van de grond. Wel is bekend dat de relatieve gevoeligheid van deze populieren voor zichtbaar K-gebrek ongeveer even groot is als die van Euramerikaanse populieren, hetgeen volgt uit diverse proefveldwaarnemingen: in terreinen waar Euramerikaanse populieren zichtbaar K-gebrek vertoonden, was hetzelfde verschijnsel bij balsem- en verwante populieren aanwezig.

Voor het vaststellen van de mogelijkheid van K-gebrek moet men dus uitgaan van de bodemgesteldheid en – bij vermoedens van K-gebrek in bestaande beplantingen – van bladanalyses.

2.6 Calcium en magnesium

De literatuur over de minerale voedingsstoffenvoorziening van hogere planten geeft over het algemeen geen aanwijzingen dat Ca-gebrek optreedt (Marschner 1974; McLean 1975; Wallace and Soufi 1975) behalve mogelijk in zeer zure gronden, die echter voor de populierenteelt van geen belang zijn. Het $CaCO_3$ -gehalte van de grond is dus geen bruikbare maatstaf voor de Ca-voorziening. Theoretisch is het gehalte in het blad een bruikbaar maatstaf: Wallace and Soufi (1975) vermelden dat voor de meeste planten de Ca-gebreksgrens in het blad tussen 0,08 en 0,20 % Ca ligt. Dergelijke lage waarden zijn echter bij populierenbeplantingen in Nederland nooit gevonden. De zg. kalkbehoefte van populier betekent in feite dat deze houtsoort een zekere minimale pH-waarde vereist en dat te lage pH-waarden kunnen worden verhoogd door bekalking. Het in de kalk aanwezige Ca dient echter niet ter verbetering van de Ca-voeding. Magnesiumgebrek is bij de *Euramerikaanse populier* soms waargenomen op kwekerijen (Van der Meiden 1962a). Verder is theoretisch Mg-gebrek op zure zandgronden, zwaar bekalkte zandgronden en gronden met een zeer hoog K-gehalte niet uitgesloten (Kirkby and Mengel 1976). Op zeer lichte IJsselmeerpoldergronden is eveneens wel enig Mg-gebrek gekonstateerd (Van den Burg 1977a). Uit incidentele gegevens van het Rijksinstituut „De Dorschkamp” wordt de indruk verkregen dat Mg-gebrek kan optreden als het Mg-gehalte van de grond (bepaald door ekstraktie met NaCl 0,1 N) lager is dan 10 à 15 mg/kg.

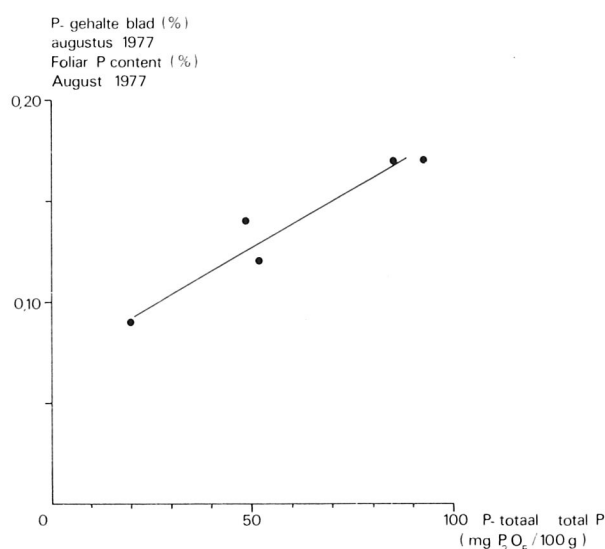


Fig. 5 Verband tussen het P-gehalte van het blad en het P-totaalcijfer van de grond (0–25 cm) in vijf proefvelden met balsempopulieren en zwarte balsempopulieren in Noord-Brabant op bekeerdgronden (onbemeste behandelingen).

Fig. 5 Relationship between soil and foliar P in five stands of balsam and black balsam poplars in five trials in North Brabant, on low sandy soils (controls).

Deze grenswaarde wordt echter beïnvloed door K-bemesting en heeft weinig praktische betekenis omdat Mg-gebrek snel is vast te stellen met behulp van bladanalyses. Bovendien is de invloed van Mg-gebrek op de groei meestal niet zeer groot.

Van *balsem- en verwante populieren* zijn geen gegevens bekend. Het bovenstaande kan voorlopig ook van toepassing op deze populieren worden geacht.

2.7 Sporenelementen en zout

In de praktijk treedt bij *Euramerikaanse populieren* in sommige gevallen (kwekerijen, zure lage (venige) zandgronden en veengronden) kopergebrek op (Van der Meiden 1962b, 1976). Er bestaat geen bruikbare methode om met behulp van een extractiemethodiek de beschikbaarheid van koper in de grond voor populier vast te stellen, bladanalyse geeft voldoende informatie. Van *Euramerikaanse populieren* is weinig bekend over borium-, zink-, mangaan-, ijzer- en molybdeen-gebrek, de indruk bestaat dat deze gebreksziekten op voor populier chemisch en fysisch geschikte gronden niet optreden.

Bij *balsem- en verwante populieren* bestaat op gronden met een hoge pH (kalkrijke gronden) enige kans op kalkchlorose (ijzergebrek, zie 2.2) en verminderde groei. Mangaangebrek zou theoretisch kunnen optreden, maar dit gebrek is meestal niet zo ernstig dat de groei sterk afneemt.

Bruikbare methoden voor de bepaling van beschikbaar ijzer en mangaan in de bodem staan niet ter beschikking, de pH, het Mn-gehalte van het blad en de typische Fe-gebreksverschijnselen (citroengele bladschijf en scherp begrensde, groene nerven bij het jongste blad) geven voldoende informatie.

Schade door wegeenzout, gebruikt bij de gladheidsbestrijding, komt voor (Kolster 1976) doch in opstanden speelt dit geen rol. Belangrijker is de schade die populieren ondervinden door zout grondwater in het westen van Nederland. Hierover is thans onderzoek gaande dat nog niet is afgesloten. Uit de voorlopige resultaten blijkt echter dat het geleidingsvermogen van een 1:5 grond/water-ekstraat ($EC_{1:5}$, uitgedrukt in $mS \cdot cm^{-1}$) een redelijk bruikbare maatstaf is om zoutschade te kunnen vaststellen. De grenswaarde voor *Euramerikaanse populieren* ligt ongeveer bij $0,2 mS \cdot cm^{-1}$. De indruk bestaat dat *balsem- en verwante populieren* even gevoelig of zelfs gevoeliger zijn voor zout in de bodem dan *Euramerikaanse populieren*.

3 Verschillen in groeiplaatseisen tussen Euramerikaanse populieren en de groep balsem- en verwante populieren

Zoals reeds is opgemerkt, wordt in de literatuur wel vermeld dat balsem- en verwante populieren geringere eisen zouden stellen aan de bodemvruchtbaarheid dan *Euramerikaanse populieren*. Uit het tot nu toe uitgevoerde onderzoek is gebleken dat deze eisen vaak minder uiteenlopen dan werd verondersteld. Alleen met betrekking tot de pH zijn er verschillen: het optimum van de *Euramerikaanse populieren* ligt tussen pH-KCl 5 en 7, het optimum van de balsem- en verwante populieren bij ca. 5. Voor een aantal balsem- en verwante populieren is te verwachten dat in het pH-KCl-traject 4,8–5,5 de groei gemiddeld beter zal zijn dan die van *Euramerikaanse populieren*.

In dit artikel is hoofdzakelijk de chemische bodemvruchtbaarheid aan de orde gekomen, de fysische is buiten beschouwing gebleven. Men moet echter bedenken dat de in het bovenstaande genoemde relaties alleen gelden als de vochtvoorziening geen beperkende faktor is. Voor de eisen die *Euramerikaanse populieren* stellen aan de vochtvoorziening kan verwezen worden naar het Handboek voor de Populierenteelt (Van der Meiden 1976). Over balsem- en verwante populieren is veel minder bekend, de eerste onderzoekresultaten zijn binnenkort te verwachten (Schoenfeld, in voorbereiding). Wel komt men in de literatuur de konstatering tegen dat *P. trichocarpa* beslist geen lage

eisen stelt aan de vochtvoorziening (Fröhlich 1965; Roe 1958). De ervaringen tot nu toe in Nederland (Vis en Kolster 1977) wijzen eveneens op de geringe verschillen die vermoedelijk bestaan t.a.v. de vochteisen van *Euramerikaanse* en balsem- en verwante populieren.

Het bovenstaande is gebaseerd op gemiddelde waarden van de groei van de groep balsempopulieren en verwante populieren. Onderling kunnen de eigenschappen verschillen, verder onderzoek zal moeten uitmaken aan welke cultivars de voorkeur moet worden gegeven.

4 Grondonderzoek in de praktijk

De methoden waarop de in het voorgaande vermelde criteria zijn gebaseerd zijn die van het Bedrijfslaboratorium voor Gronden en Gewasonderzoek in Oosterbeek. Dit betekent niet dat andere laboratoria minder goede resultaten produceren, maar slechts dat het bosbouwkundig onderzoek vaak gebruik maakt van door Oosterbeek verkregen analysesresultaten. De keuze van een laboratorium is dus afhankelijk van de bepalingen die wenselijk worden geacht.

Bij chemisch grondonderzoek door praktijklaboratoria is het van belang dat die bepalingen worden verricht, waarvan de uitkomsten interpreteerbaar zijn voor de populierenteelt: dit betekent dat vaak totaalbepalingen worden geadviseerd, omdat bepalingen van direkt opneembare hoeveelheden minerale voedingsstoffen in de bosbouw geen zin hebben.

Welke zijn nu de belangrijkste chemische bepalingen voor de praktijk? Uit de bespreking van de betekenis van de diverse minerale voedingsstoffen is gebleken dat het grondonderzoek niet altijd een bijdrage kan leveren. Wil men echter voor het aanleggen van een beplanting inzicht verkrijgen in de bodemgeschiktheid dan dienen in ieder geval de pH-KCl en het P-totaal-cijfer van de bovengrond (0–25 cm) te worden bepaald. Het P-totaal-cijfer wordt opgegeven of als $\% P_2O_5$, of als $mg P_2O_5/100 g$. Het verband tussen beide is: $1 mg P_2O_5/100 g = 0,001 \% P_2O_5$. Indien men ook over de potentiële stikstofvoorziening wil worden geïnformeerd, moeten zowel het organische stofgehalte (ook aangeduid als humusgehalte) als het N-totaal-cijfer worden bepaald. Uit de relatie

$$N_{org} (\%) = \frac{N\text{-totaal} (\%) \times 100}{\text{organische stof} (\%)}$$

kan dan het N-gehalte van de organische stof worden berekend. Bepaling van slechts een van beide factoren heeft weinig zin. Wel moet er op gewezen worden dat N_{org} niets zegt over het optreden van N-gebrek gedurende de eerste jaren na de aanleg. In die periode is het beter die maatregelen toe te passen die in het Handboek voor de Populierenteelt zijn beschreven (Van der Meiden 1976).

De monsternamen geschiedt door het nemen van 25 stekken van de laag 0–25 cm met behulp van een grondmonsterboor. Deze monsters worden regelmatig over het terrein verspreid genomen en samengevoegd tot een mengmonster, dat wordt geanalyseerd. Het tijdstip waarop het grondmonster wordt genomen is niet van belang, behalve voor het onderzoek naar het zoutgehalte van de bodem. Voor het nemen van grondmonsters ter vaststelling van mogelijke zoutschade dient men anders te werk te gaan omdat schade door zout grondwater zich in de zomer en het najaar kenbaar maakt. De periode van monsternamen is daarom beperkt tot augustus en september, het monster moet worden genomen van de laag 25–50 cm, omdat verschillen in de mate van verzilting niet steeds in de laag 0–25 cm tot uiting komen. Bepaling van de $EC_{1:5}$ -waarde is voldoende. In bestaande bepalingen met bemonsterbaar blad moet aan analyse van een bladmonster (bepaling van het chloridegehalte) de voorkeur worden gegeven.