

Populieren en wilgen worden vaak aangeplant op kalkrijke gronden. De hoge pH van deze gronden veroorzaakt lage mangaangehalten en soms ijzergebreksverschijnselen. Deze laatste treden bij sommige populieresoorten en -cultivars nogal eens op en zijn bij sommige wilgesoorten niet onbekend.

Mangaangebrek daarentegen is bij populieren zeldzaam en bij de onderzochte wilgen onbekend. Het optreden van deze verschijnselen bij populieren en wilgen, gebaseerd op waarnemingen gedurende de laatste dertig jaar, wordt besproken. De gegevens over ijzer- en mangaangehalten van het blad zijn in tabelvorm weergegeven.

Waarnemingen over de ijzer- en mangaanvoorziening van populieren en wilgen

J. van den Burg

Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapbouw 'De Dorschkamp'
Wageningen

Observations about the iron and manganese status of poplars and willows
Summary

Poplars and willows are often established on calcareous soils. The high pH of these soils has a large impact on the manganese nutrition of these species. The iron nutrition is much less affected by pH. Lime-induced chlorosis (iron deficiency) occurs in balsam poplars and balsam hybrids on soils of high pH, although its intensity varies with the cultivar. But iron deficiency may also occur in June after heavy rainfall, on compact soils, or on soils with a poor structure, which favours oxygen deficiency.

Contrarily to iron deficiency, poplars and willows almost always are free of visible manganese deficiency symptoms, even on highly calcareous soils. Foliar manganese concentrations may have values as low as 11 mg.kg⁻¹ in August, without deficiency symptoms. On acid soils, foliar manganese concentrations of poplars and willows often will exceed 1000 mg.kg⁻¹. Whether this concentration is directly harmful, is uncertain.

Foliar analysis offers a useful method for assessing manganese status, but is of doubtful value for iron. On soils with a not too high lime concentration, the foliar K/Ca ratio may be used, but only by comparing healthy and chlorotic plants.

Iron deficiency of Salix fragilis on a river clay soil (pH(KCl) 5.9-6.8; lutum 31%; Ca CO₃ 0,4%) could completely be cured by soil application of Sequestrene 138Fe.

ijzergebrek is daar meestal uit te sluiten. Ook in het buitenland werd aan de ijzer- en mangaanvoorziening van populieren weinig aandacht besteed.

In de laatste jaren is in deze situatie enige verandering gekomen. Zowel in Nederland als in het buitenland is men nieuwe populierecultivars gaan telen op o.a. kalkrijke gronden. Het soms optreden van groeistoornissen en ijzergebreksverschijnselen is aanleiding geweest om aan de ijzervoorziening van populieren meer aandacht te besteden. Omdat zowel de ijzer- als de mangaanvoorziening op gronden met een hoge pH (pH-KCl > ca.6) gestoord kunnen zijn, is ook het element mangaan bij deze onderzoeken betrokken.

De literatuurgegevens over de ijzer- en mangaanvoorziening van populier en over het optreden van kalkchlorose bij dit geslacht zijn tamelijk beperkt. Hieronder volgt een overzicht.

— In studies met voedingsoplossingen en in kwekerijen werden de volgende relaties tussen de bladsamenstelling van enkele populieresoorten en het optreden van ijzer- en mangaangebrek gevonden (1, 13, 18):

gaanvoorziening van euramerikaanse populieren is daarom weinig onderzocht, ook niet in Nederland, omdat veel van de traditionele populieregebieden in ons land zijn gelegen op lage zandgronden, die vaak kalkarm of kalkloos zijn. Het optreden van

Inleiding:

Praktisch alle cultivars, die behoren tot de hybride Populus x euramericana zijn bestand tegen hoge pH-waarden (7, 20), d.w.z. dat ze op kalkrijke gronden niet lijden aan het verschijnsel van 'kalkchlorose'. Dat verschijnsel wordt meestal veroorzaakt door een tekort aan 'beschikbaar' ijzer, soms ook aan 'beschikbaar' mangaan in de bodem. De ijzer- en man-

soort/species	Fe-gehalte (mg.kg ⁻¹) van/ Iron concentration of		Mn-gehalte (mg.kg ⁻¹) van/ Manganese concentration of	
	gezond blad healthy foliage	blad met Fe-gebrek foliage with iron deficiency	gezond blad healthy foliage	blad met Mn-gebrek foliage with manganese deficiency
Populus deltoides	90	33	49	9
Populus nigra	282	267	143	24
Populus maximowiczii				
x div. Populus sp:				
cultivars 'Oxford,				
'Androskoggin' en				
'Rochester'	62-97	68-91	63-113	-

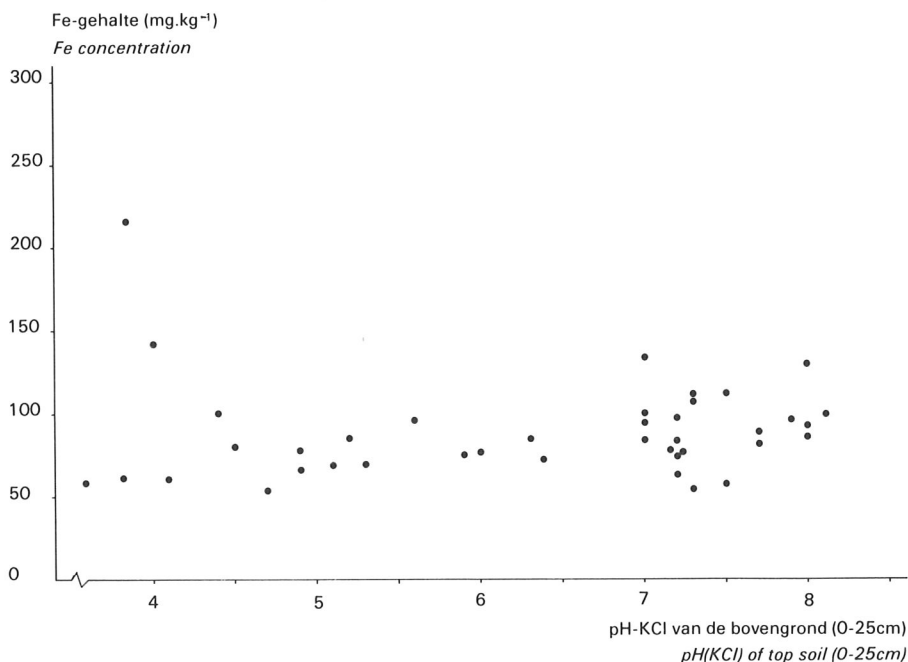
- In potproeven is het gedrag van enkele populiersoorten en -cultivars bij verschillende pH-waarden onderzocht (6, 10, 17, 21, 22, 25). Euramerikaanse populieren en *Populus tremula* bleken weinig gevoelig voor hoge pH-waarden. Keller en Koch (21, 22) konden echter ijzergebrek bij *Populus x euramericana* 'Marilandica' induceren. Ze vonden dat de grenswaarde van zichtbaar ijzergebrek voor deze cultivar lag bij een bladgehalte van ca. 50 mg Fe.kg⁻¹. Enkele balsempopulieren en zwarte balsempopulieren waren tamelijk gevoelig voor hoge pH-waarden (vooral 'Oxford', daarentegen in mindere mate 'Donk' en 'Androskoggin').
- Diverse onderzoeken in kwekerijen in de laatste jaren (2, 9, 12, 13, 14, 16) hebben laten zien dat niet alleen balsem- en aanverwante populieren in Frankrijk en Oostenrijk, maar ook euramerikaanse populieren in Italië (o.a. 'I-214'), *Populus nigra* en *Populus alba* in Turkije op kalkrijke gronden ijzergebrek kunnen vertonen, dat nadelige gevolgen kan hebben voor de groei en de gezondheidstoestand.
- Onderzoek naar de ijzer- en mangaanvoorziening en naar de tolerantie tegen hoge pH-waarden is de laatste jaren in verschillende landen verricht (4, 5, 7, 15, 20). Met betrekking tot de balsem- en aanverwante populieren blijkt geen overeenstemming te bestaan over de gevoeligheid voor kalkchlorose.

Over de ijzer- en mangaanvoorziening van wilgesoorten is in de literatuur bijna niets te vinden. Uit een overzicht (23) volgt dat economisch belangrijke soorten als schietwilg (*Salix alba*), katwilg (*Salix viminalis*) en amandelwilg (*Salix triandra*) op kalkhoudende gronden over het algemeen geen problemen opleveren voor zover het het optreden van kalkchlorose betreft.

In Nederland is in de laatste jaren wat meer aandacht aan de ijzer- en mangaanvoorziening van populieren en wilgen besteed omdat in kwekerijen en praktijkbeplantingen soms storingen in de ijzer- en mangaanvoorziening werden gevonden of verondersteld. Dit onderzoek is in rapporten van "De Dorschkamp" verschenen maar een overzicht van de tot nu toe verkregen resultaten ontbrak. In deze publikatie worden de resultaten samengevat.

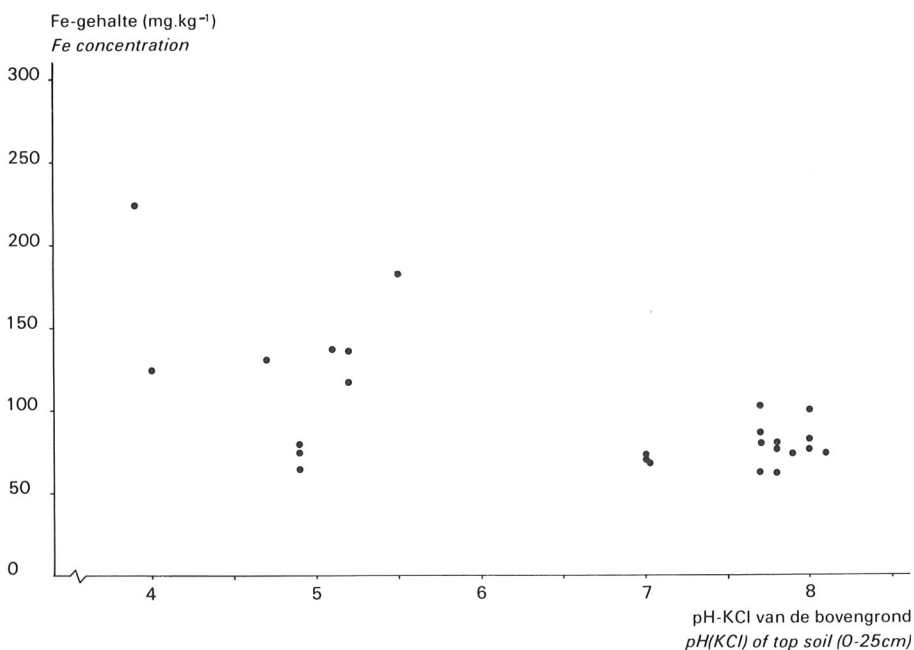
Figuur 1. IJzergehalte van het blad van jonge beplantingen van *Populus x euramericana* 'Robusta' en 'Zeeland' in augustus, op gronden met pH-KCl 3,6 - 8,1

Figure 1. Foliar iron concentration of young plantations of *Populus x euramericana* 'Robusta' and 'Zeeland' in August, on soils with pH (KCl) 3,6 - 8,1



Figuur 2. IJzergehalte van het blad van jonge beplantingen van *Populus x euramericana* (diverse cultivars) in augustus, op gronden met pH-KCl 3,9-8,1.

Figure 2. Foliar iron concentration of young plantations of *Populus x euramericana* (various cultivars) in August, on soils with pH(KCl) 3.9-8.1



2. Hoe zijn ijzer- en mangaangebreksverschijnselen te herkennen

Ijzergebreksverschijnselen treden altijd op bij de jongste bladeren. De bladschijf wordt geheel geel, maar de nerven (ook de allerfijnste!) blijven groen. Soms kan men in de maanden augustus en september aan oudere bladeren nog waarnemen dat ze in het begin van de zomer aan ijzergebrek hebben geleden omdat het opvallend patroon van de gele bladschijf met de groene nerven dan nog zichtbaar is. Ook komt het wel voor dat het blad een zeer fijn mozaïekvormig patroon van gele, lichtgroene en groene plekken vertoont ('marmering' of 'tijgering'). Zeer moeilijk van zwak magnesiumgebrek te onderscheiden zijn de ijzergebreksverschijnselen, die in de voorzomer optreden in de vorm van beginnende bladschijfverkleuring, maar die in de loop van de zomer weer overgaan in iets lichtgroene tot gele vlekjes of onregelmatig gevormde, kleine necrotische plekken.

Mangaangebreksverschijnselen zijn veel minder opvallend. Bij populieren komen ze bijna niet voor. De bij populieren op voedingsoplossingen kunstmatig verkregen mangaangebreksverschijnselen treden niet bij het jongste maar bij het wat oudere blad op. Ze bestaan uit lichtgroen gekleurde zones langs de dikste zijnerven. De bladrand is slechts in de vorm van een dunne zone lichtgroen gekleurd. De bladschijf wordt nooit geel, en alleen het grofste nervenpatroon wordt geaccentueerd. Ook treedt nooit randnecrose op. Deze verschijnselen zijn te onderscheiden van kaliumgebrek (gele bladrand en gele zones langs de dikste zijnerven, daarna vorming van necrotische randen) en van magnesiumgebrek (oranjegele verkleuringen tussen de zijnerven, die overgaan in necrotische plekken). Schade, veroorzaakt door in populierekwekerijen gebruikte gewasbeschermingsmiddelen, kan soms bedrieglijk veel gelijken op mangaangebreksverschijnselen. Een belangrijk verschil is dat deze middelen op den duur bladrandnecroses kunnen veroorzaken, die bij mangaangebrek onbekend zijn.

3. Resultaten van onderzoek op diverse grondsoorten

3.1. IJzervoorziening

3.1.1. IJzervoorziening van populieren (zie tabel 1)

3.1.1.1. *Populus nigra*

Ijzergebrek wordt bij deze soort over het algemeen niet aangetroffen. Uitzonderingen vormen soms bomen en struiken op kalkrijke duinzanden. Ook ziet men wel dat *Populus nigra* in windsingels rond fruitaanplantingen op kalkhoudende gronden, na het snoeien enige tijd verschijnselen van ijzergebrek vertoont. Dit is een voorbeeld van 'mooiweerschlorose', ontstaan als gevolg van zeer snelle hergroei onder goede weersomstandigheden. Het verschijnsel is van tijdelijke aard en verdwijnt meestal vanzelf.

3.1.1.2. *Populus x euramericana* 'Robusta' en 'Zeeland'

Deze — praktisch identieke — cultivars nemen nog steeds een aanzienlijke plaats in van het Nederlandse populierenbestand. Dit is de reden dat veel onderzoek juist met deze cultivars is uitgevoerd.

Men neemt vaak aan dat de ijzervoorziening van bomen — en daarmee de kans op het optreden van ijzergebreksverschijnselen — samenhangt met de zuurgraad (pH) van de grond. Hoewel dit in grote lijnen niet kan worden ontkend, is het verband niet altijd duidelijk. Voor 'Robusta' en 'Zeeland' bleek een verband tussen pH en ijzergehalte van het blad eigenlijk niet aantoonbaar (figuur 1). Het ijzergehalte van het blad varieert in het pH-KCl-traject 4-8 over het algemeen tussen 50 en 120 mg.kg⁻¹, zonder enig verband met de pH. Alleen op gronden met pH-KCl < 4 (die voor de populierenteelt meestal niet interessant zijn), zijn incidenteel hogere ijzergehalten in het blad aangetroffen. Ook op zuiveringsslib (pH-KCl ca. 5,5-6,0) zijn hoger ijzergehalten in het blad (tot 401 mg.kg⁻¹) waargenomen.

Verder biedt de ijzervoorziening van 'Robusta' en 'Zeeland' weinig bijzonderheden. Op een enkele uitzondering na zijn deze cultivars vrij van ijzergebrek. Bij plantsoen op kalkrijke, zeer lichte kwekerijgrond, en bij jonge bomen op zuiveringsslib is wel eens licht ijzergebrek opgetreden, dat echter of verdween, of van geen belang was.

Naast de geringe invloed van de pH op de ijzervoorziening valt ook de geringe invloed van de grondwaterstand te noemen. Uit onderzoek in het grondwaterstandenproefveld 'Geestmerambacht' in de jaren 1970-1979 valt af te leiden dat ondanks grote verschillen in grondwaterstand (30-

140 cm — maaiveld gedurende de vegetatieperiode) het ijzergehalte van het blad bijna onafhankelijk van de grondwaterstand was. Op gronden met zeer ondiepe grondwaterstand (30-40 cm -m.v.) was het ijzergehalte van het blad gemiddeld niet lager dan op drogere gronden (120-140 cm -m.v.). De hoge pH-KCl-waarde (7,2-7,6) bepaalde in deze grondwaterstandenproef het ijzergehalte van het blad (56-130 mg.kg⁻¹), zonder dat zichtbaar ijzergebrek optrad.

3.1.1.3. *Populus x euramericana*, overige cultivars

Behalve 'Robusta' en 'Zeeland' worden in de Nederlandse populierenteelt verschillende euramerikaanse cultivars gebruikt, waarvan enkele gegevens ter beschikking staan. Voor zover dat valt te beoordelen, wijken ze in hun ijzerhuishouding niet van 'Robusta' en 'Zeeland' af. Slechts bij enkele — niet-uitgegeven — cultivars is incidenteel ijzergebrek waargenomen. De meeste cultivars zijn onder normale omstandigheden en ook op kalkrijke gronden vrij van ijzergebrek. De relatie tussen het ijzergehalte van het blad en de pH van de grond is ongeveer dezelfde als die voor 'Robusta' en 'Zeeland' (figuur 2). Alleen op gronden met pH-KCl < ca. 6 nemen de ijzergehalten toe. Dit blijkt hoofdzakelijk toe te schrijven aan de cultivar Gelrica, die in beplantingen tot 224 mg Fe.kg⁻¹ opnam en in kwekerijen tot 437 mg Fe.kg⁻¹, zonder enig nadelig gevolg.

3.1.1.4. *Populus deltoides x trichocarpa*

De tot de zwarte balsempopulieren behorende cultivars Barn en Donk zijn pas in de laatste jaren onderzocht. Het aantal beschikbare gegevens is daarom klein. Toch valt wel te concluderen dat ze soms ijzergebrek vertonen, nl. als de grond in de voorzomer door zware regenval dichtslaat. Het in juli en augustus gevormde blad is meestal weer gezond, zodat men dan het ijzergebrek alleen aan het oudste blad, of bij zijscheuten aan het jongste blad waarneemt. Van de cultivar Unal zijn geen gegevens over de ijzervoorziening bekend, maar uit veldwaarnemingen volgt dat deze cultivar zich op jonge leeftijd ongeveer gedraagt als 'Barn' en 'Donk'.

3.1.1.5. *Populus maximowiczii x berolinensis*

De tot deze hybride behorende cultivar Oxford (Geneva is niet onderzocht) is tamelijk gevoelig voor ijzergebrek. Dit volgt uit de resultaten van een potproef en waarnemingen in een kwekerij. De pH speelde hierbij een rol, omdat ijzergebrek optrad als de pH-KCl 7,2-7,7 bedroeg. Echter zijn ook gegevens bekend waaruit blijkt dat op gronden met pH-KCl 7,1-7,5 geen ijzerge-

brek optrad. Blijkbaar is voor het optreden van ijzergebrek niet alleen de pH van belang, maar zijn ook andere factoren in het spel.

3.1.1.6. *Populus maximowiczii* x *trichocarpa*

De cultivar *Androscoggin* wijkt in zijn ijzervoorziening weinig af van euramerikaanse cultivars. Ijzergebrek wordt zelden waargenomen, en dan vermoedelijk eerder als gevolg van een dichtgeslagen grond dan wegens een te hoge pH, waartegen *Androscoggin* goed bestand is.

3.1.1.7. *Populus trichocarpa*

In kwekerijen en in jonge beplantingen van 'Fritzi Pauley', 'Blom' en 'Heimbürger' treedt soms ijzergebrek op. Dit kan zowel bij lage pH-KCl (4,0) als bij hoge pH-KCl (7,7) het geval zijn. Zowel de pH als het dichtslaan van de grond spelen een rol. Overigens bestaat de indruk dat, zodra beplantingen van *Populus trichocarpa* het jeugd stadium verlaten, ijzergebrek maar in lichte mate optreedt of geen gevaar oplevert.

3.1.1.8. Leucepopulieren

De soorten *Populus tremula*, *Populus alba* en de hybride *Populus x canescens* zijn zeer weinig gevoelig voor ijzergebrek. Noch in potproeven, noch in kwekerijen of beplantingen is in Nederland ijzergebrek waargenomen, ook niet op zeer kalkrijke gronden. Opvallend is dat verschillen in pH bij geen van de onderzochte soorten een grote rol spelen bij de hoogte van het ijzergehalte van het blad. Invloed van de grondwaterstand (40-120 cm. -maaiveld) op het ijzergehalte van het blad van *Populus x canescens* op kalkrijke gronden is niet waargenomen.

3.1.2 Ijzervoorziening van wilgen (zie tabel 1)

Over de ijzervoorziening van in de hout- en griendteelt gebruikte wilgesoorten bestaan slechts weinig gegevens. Wel is bekend dat bij soorten als *Salix alba* en *Salix viminalis* op gronden met hoge pH nooit ijzergebrek wordt aangetroffen. Tijdens onderzoek in de laatste jaren is wel gebleken dat *Salix fragilis* aan ijzergebrek kan lijden en dat enkele andere wilgesoorten er soms niet geheel vrij van zijn (zie paragraaf 4.2 en 5).

3.2. Mangaanvoorziening

3.2.1. Mangaanvoorziening van populieren

Populieren gedragen zich, ongeacht de soort of cultivar, in twee opzichten hetzelfde:

- Het mangaangehalte van het blad is zeer sterk afhankelijk van de pH. Op gronden met pH-KCl 4 bedraagt het 300 - 1000, op gronden met pH-KCl 7 10 - 50.
- Mangaangebrek treedt in kwekerijen en beplantingen uiters zelden op. De in Nederland waargenomen gevallen zijn:
 - (a) enkele exemplaren van *Populus nigra* op kalkrijk duinzand; meestal trad ook ijzergebrek op, hetgeen in de praktijk het onderscheid met mangaangebrek moeilijk maakt;
 - (b) enkele exemplaren van jonge *Populus x canescens* op een kalkrijke opgespoten zavelgrond in het Rijnmondgebied.

Op gronden met pH-KCl <4 worden mangaangehalten in het blad aangetroffen, die hoger zijn dan ca. 1000 mg.kg¹. Het is de vraag of deze gehalten van zichzelf al schadelijk zijn of dat ze een begeleidend verschijnsel zijn van de voor veel populieren te lage pH-KCl-waarde <4.

De invloed van de grondwaterstand op de mangaanvoorziening komt bij populieren alleen tot uiting als het grondwater in de vegetatieperiode zeer hoog staat. In het grondwaterstandenproefveld "Geestmerambacht" bedroeg bij hoge waterstand (ca. 30-50 cm -m.v.) in kalkrijke gronden het mangaangehalte van het blad van *Populus x euramericana* 'Zeeland' ca. 70 mg.kg¹. Bij diepere grondwaterstanden (60-140 cm -m.v.) daalde het tot ca. 40 mg.kg¹.

3.2.2. Mangaanvoorziening van wilgen

Evenmin als bij de meeste populiersoorten is bij wilgesoorten in Nederland mangaangebrek aangetroffen. Het mangaangehalte van het blad is sterk afhankelijk van de pH van de grond. Op zure gronden (pH-KCl ± 4) komen hoge mangaangehalten in het blad voor (enkele honderden mg.kg¹), op kalkrijke gronden bedraagt het mangaangehalte van het blad slechts 20-60 mg.kg¹.

De hoogte van de grondwaterstand in de vegetatieperiode had bij *Salix alba* soms enige invloed op het mangaangehalte van het blad. Op kalkrijke gronden hadden bomen bij hoge grondwaterstanden een wat hoger mangaangehalte dan bomen bij diepe grondwaterstanden, maar van belang was dat verschil niet.

4. Voorbeelden van het gedrag van ijzer bij populier en wilg

4.1 Het verloop van het ijzergehalte in het blad van gezonde en aan ijzergebrek lijdende *Populus trichocarpa*

In de loop van mei 1980 ontwikkelden zich bij een aantal moerstoven van *Populus trichocarpa* in de kwekerij van "De Dorschkamp" ijzergebreksverschijnselen. Deze werden veroorzaakt door het dichtslaan van de bovengrond als gevolg van veel neerslag. De pH van de grond speelde geen rol, want deze bedroeg - gemeten als pH-KCl — slechts 4,0. Eenmaal per twee weken werd het jongste blad van gezonde en van aan ijzergebrek lijdende planten bemonsterd. Van de bladmonsteranalysesresultaten zijn er twee in figuur 3 weergegeven, nl. het ijzergehalte en de kalium-calciumverhouding van het blad. Opvallend waren de volgende verschijnselen:

- Het ijzergehalte van blad met ijzergebreksverschijnselen was meestal hoger dan dat van gezond blad.
- De kalium-calciumverhouding van blad met ijzergebreksverschijnselen was steeds hoger dan die van gezond blad.

De betekenis van deze waarneming wordt in paragraaf 6 toegelicht.

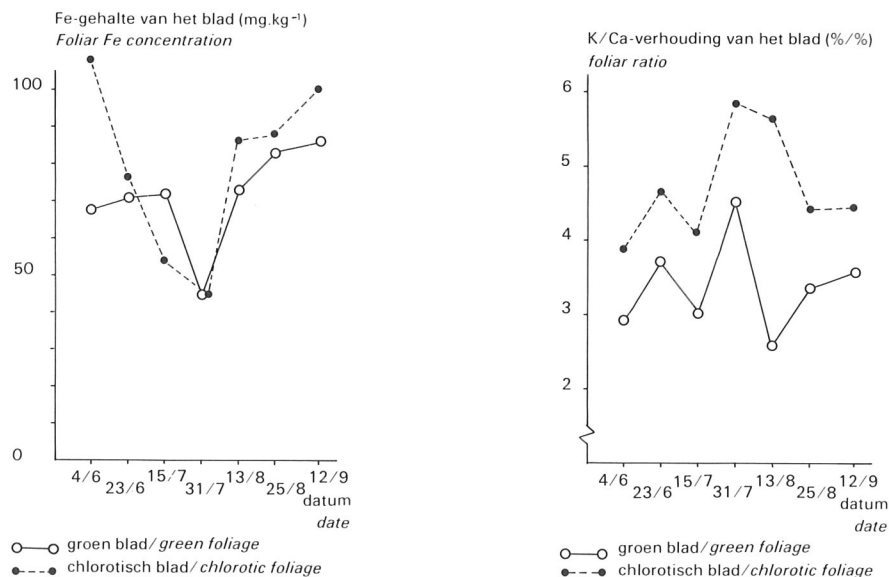
4.2. Het effect van bodembehandeling met Sequestrene 138Fe op ijzergebreksverschijnselen bij *Salix fragilis*

In de voorzomers van 1982 en 1983 ontwikkelden zich in een snijgriend van *Salix fragilis* (kraakwilg) op een rivierkleigrond (gemiddeld lutumgehalte 31%) pleksgewijs ijzergebreksverschijnselen. Op verzoek van het Consulentenschap voor Riet, Griend en Biezen van het Staatsbosbeheer werd in 1983 een bemestings- en waarnemingsveld van beperkte omvang aangelegd. Op 25 mei 1983 werd de grond rondom chlorotische planten behandeld met Sequestrene 138Fe (7 g.m², opgelost in water). Dit ijzerchelaat is geschikt voor kalkhoudende gronden. In de loop van de zomer zijn op vier tijdstippen waarnemingen verricht. De belangrijkste uitkomsten waren:

- De plekken met ijzergebreksverschijnselen hadden een hogere pH-KCl (6,8) dan de gezonde gedeelten van de griend (5,9).
- De plekken met ijzergebreksverschijnselen hadden een hoger kalkgehalte (0,8% CaCO₃) dan de gezonde gedeelten van de griend (0,1% CaCO₃).
- Het ijzergehalte van chlorotisch blad was bij de aanvang van de behandelingen (25 mei) hoger (gemiddeld 184 mg.kg¹) dan van gezond blad (101 mg.kg¹).

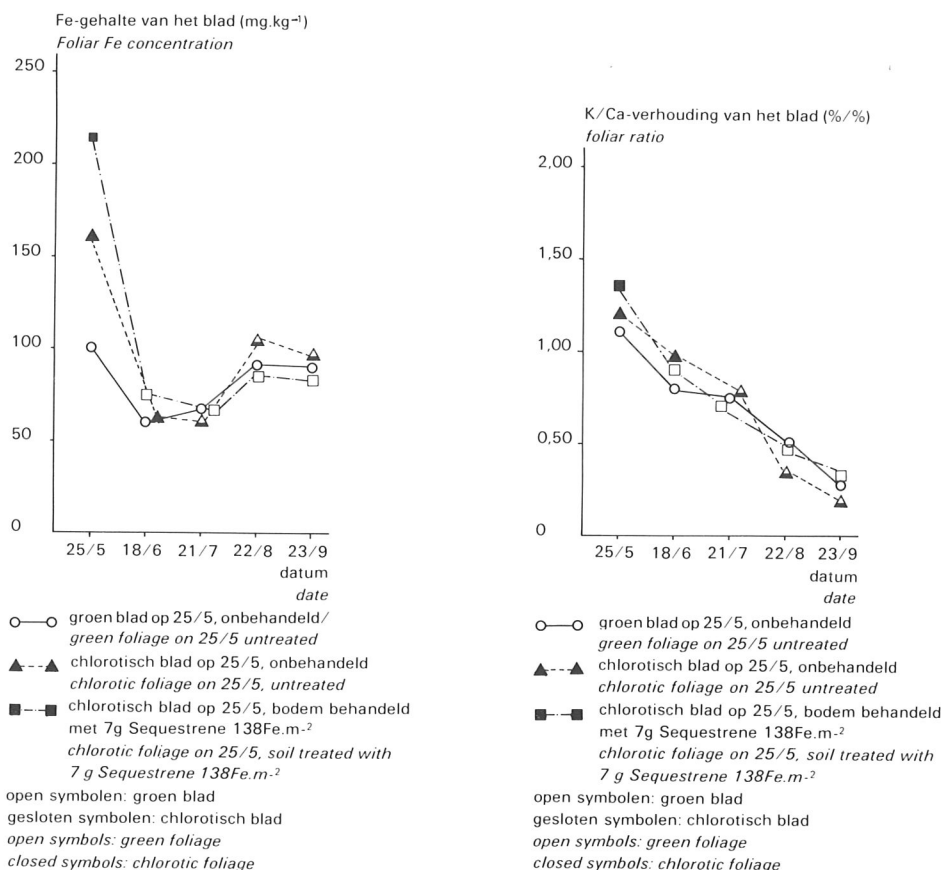
Figuur 3. Fe-gehalte en K/Ca-verhoudingen van het blad van gezonde en aan ijzergebrek lijdende *Populus trichocarpa* in een kwekerij, zomer 1980 (pH-KCl 4,0)

Figure 3 Foliar Fe concentration and K/Ca ratios of healthy and iron-deficient *Populus trichocarpa* in a nursery, summer 1980.



Figuur 4. Het effect van bodembehandeling met Sequestrene 138Fe op de ijzergebreksverschijnselen en bladsamenstelling van *Salix fragilis*, zomer 1983

Figure 4. The effect of soil treatment with Sequestrene 138Fe on iron deficiency symptoms and foliar composition of *Salix fragilis*, summer 1983.



- Binnen twee weken na de behandeling met Sequestrene 138Fe waren de planten met chlorotisch blad geheel groen geworden. De bladkleur van het onbehandelde veldje met chlorotisch blad verbeterde langzamerhand, maar een aantal planten bleef min of meer chlorotisch. De groene en de door behandeling met Sequestrene 138Fe groen geworden planten hadden een veel betere lengtegroei dan de onbehandelde, chlorotische planten.
- Tot half augustus bleef de kalium-calciumverhouding van chlorotisch blad hoger dan die van gezond blad. Deze uitkomsten worden eveneens in paragraaf 6 besproken.

5. Waarnemingen over het optreden van ijzergebreksverschijnselen

Tussen de secties en sectiekruisingen van populieren bestaan verschillen in gevoeligheid voor ijzergebrek. Onderstaande conclusies zijn hoofdzakelijk gebaseerd op waarnemingen in kwekerijen.

Populus x euramericana: bijna alle cultivars zijn ongevoelig voor ijzergebrek; soms kan in juni — als gevolg van dichtslaan van de grond — tijdelijk ijzergebrek optreden, maar dat verdwijnt weer snel; in zeldzame gevallen treedt bij enkele klonen ernstig ijzergebrek op.

Populus nigra: voor zover bekend is deze soort weinig gevoelig voor ijzergebrek; wel kan de soort soms "mooi-weerchlorose" vertonen als de groei na snoeien wordt gestimuleerd, maar dat verschijnsel trekt weer weg.

Populus deltoides x trichocarpa: de cultivar Donk is weinig gevoelig voor ijzergebrek; 'Barn' kan in juni en juli enige chlorose vertonen, maar die verdwijnt meestal weer in augustus.

Populus maximowiczii x berolinesis

'Oxford': deze cultivar is tamelijk gevoelig voor ijzergebrek, dat zich in juni en juli duidelijk kan manifesteren en in augustus nog zichtbaar kan zijn.

Populus maximowiczii x trichocarpa

'Androscoggin': deze cultivar staat tussen 'Donk' en 'Oxford' in voor wat betreft het optreden van ijzergebrek.

Populus trichocarpa: deze soort, en de cultivars Fritzi Pauley en Heimbürger zijn iets gevoelig voor ijzergebrek (vergelijkbaar met 'Barn'); 'Blom' is gevoeliger dan 'Fritzi Pauley' en 'Heimbürger'.

Leucepopulieren: deze zijn als ongevoelig te beschouwen.

Over de ijzergebreksgevoeligheid van wilgen staan weinig gegevens ter beschikking. Waarnemingen van het gedrag van een aantal soorten in de moerhoek van de kwekerij "De Dorschkamp" en in een griend geven het volgende beeld:

ongevoelig: *Salix aegyptiaca*, *S. alba*, *S. cinerea*, *S. dasyclados*, *S. gracilistyla*, *S. nigricans*, *S. purpurea* en *S. viminalis*.

iets gevoelig: *Salix babylonica* en *S. triandra*.

iets tot matig gevoelig: *Salix fragilis*.

6. Discussie en conclusies

Populieren en wilgen blijken zich in hun ijzerhuishouding niet te onderscheiden van planten in het algemeen (3, 8, 11, 19, 24). Oorzaken van ijzergebrek zijn o.a. een hoge pH van de grond, een slechts matige kaliumvoorziening, bodemverdichting, dichtslaan van de grond en koel, regenrijk weer (vooral als dat wordt gevolgd door zonnig weer, dat de groei stimuleert). Methoden om de ijzervoorziening te verbeteren zijn (3, 19, 24, 26):

- Het uitvoeren van die maatregelen, die de zuurstofvoorziening van het wortelstelsel verbeteren (bevorderen van een goede structuur etc.).
- Bemesting van kalkhoudende gronden met fysiologisch zuur werkende meststoffen (ammoniumsulfaat, kaliumsulfaat, superfosfaat). Het effect hiervan zal pas na een aantal jaren merkbaar zijn.
- Bemesting van ijzerchelaten (Sequestrene 330Fe op gronden met pH-KCl <ca. 6,5; Sequestrene 138 Fe op gronden met pH-KCl >ca. 6,5 d.w.z. op kalkhoudende en kalkrijke gronden); een nadeel is dat het werken met deze preparaten tamelijk duur is; andere ijzerchelaten kunnen worden toegepast, maar de resultaten ervan zijn vaak geringer.
- Veranderingen van de gewassenkeuze als bovenstaande methoden geen goede oplossing bieden.

Over de diagnose van ijzergebrek valt op te merken dat deze met voldoende zekerheid in de beplantingen zelf is te stellen, omdat de verschijnselen zeer opvallend zijn. Het gebrek treedt vaak al in mei of juni op en verdwijnt soms weer in juli of augustus. Bepaling van het ijzergehalte van het blad geeft vaak teleurstellingen omdat blad met ijzergebrek vaak hetzelfde of een hoger ijzergehalte heeft dan gezond blad. Op niet te kalkrijke gronden is vaak de kalium-calciumverhouding van blad met ijzergebrek hoger dan dat van gezond blad, en daarmee

een wat betrouwbaarder kenmerk. Er bestaat echter geen absolute K/Ca-grenswaarde, want steeds moeten gezonde en chlorotische planten met elkaar worden vergeleken. Sommige onderzoekers geven de voorkeur aan de bepaling van de fosfor-ijzerverhouding van het blad om de ijzervoorziening van gewassen te beoordelen (11), maar deze maatstaf is nogal onzeker. Het positief reageren van chlorotisch blad op behandeling met ijzerchelaat is eigenlijk het beste bewijs van ijzergebrek.

De gevolgen van ijzergebrek zijn niet alleen een verminderde groei, maar ook een grotere gevoeligheid voor ziekten. De verhoogde aantastbaarheid van de cultivar I-214 door *Dothichiza populea* in geval van ijzergebrek wordt door (2) nadrukkelijk vermeld. Daarentegen schijnt populieroest op blad met ijzergebrek te ontbreken. De mangaanvoorziening van populieren en wilgen blijkt over het algemeen weinig problemen te geven. Opvallend is dat dit gebrek in kwekerijen en beplantingen niet of nauwelijks optreedt, ook niet op kalkrijke gronden. Bladanalyse in augustus geeft voldoende informatie over de mangaanvoorziening.

Literatuur/References

1. Aendekerk, Th.G.L. 1982. Gebreksziekten in boomkwekerijgewassen. Publikatie Proefstation voor de Boomkwekerij/Consulentschap in Algemeen Dienst voor de Boomkwekerij, no. 4. 80 p. Boskoop.
2. Anselmi, N., G. Frison, and A. Boccone. 1982. Research on damages caused by "iron chlorosis" to poplars (Preliminary notes). Paper presented at the meeting of the FAO International Poplar Commission, Working group on diseases, XXII Session. Casale Monferrato, September 6-10, 1982. + 23 tabl. + 5 fig.
3. Bergmann, W. 1983. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Fischer, Jena.
4. Bosch, R. 1981. Erfahrungen und Aussichten des Pappelanbaus im Forstbezirk Rastatt. Allgemeine Forstzeitschrift 36:355-358.
5. Breitwieser, H. 1981. Probleme der Pappelwirtschaft in südbayerischen Flussauen, dargestellt am Beispiel des Lehrforstamtes Freising. Allgemeine Forstzeitschrift 36:352-355.
6. Burg, J. van den. 1980. De invloed van de pH op groei en bladsamenstelling van populier. Populier 17:27-31; Mededeling Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 184.
7. Burg, J. van den, en P.H. Schoenfeld. 1978. Populiereenteel, bodemvruchtbaarheid en grondonderzoek. Populier 15:75-80; Mededeling Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 171.
8. Chaney, R.L. 1984. Diagnostic practices to identify iron deficiency in higher plants. Journal of Plant Nutrition 7 (1-5): 47-67.
9. Courtois, J.E., C. Charabas, J. Labat et J. Charadenon. 1966. Contribution à l'étude de manifestations chlorotiques de divers *Populus* dans les régions arides de Turquie. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 262, série D., p. 1538-1541.
10. Czerney, P., und H.J. Fiedler. 1968. Gefässversuch mit Weimsdorfer Staublehm zum Einfluss der Düngung auf einige Nadel- und Laubbölzer. Archiv für Forstwesen 18:133-153.
11. DeKock, P.C. 1981. Iron nutrition under conditions of stress. Journal of Plant Nutrition 3:513-521.
12. Donaubaue, E. 1961. Schädlinge und Krankheiten im Forstgarten Weiden am See. In: Exkursionsführer "Forstschutz", XIII. Kongress IUFRO, Wenen 10-29 September 1961. p. 10-12.
13. Donaubaue, E. 1962. Über die Bekämpfung der Eisenmangelchlorose bei Forstpflanzen mit Fetrlon. Presse-Umschau Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwirtschaft 13:1-5. Österreichische Stickstoffwerke AG, Linz.
14. Frison, G., N. Anselmi, and A. Boccone. 1982. Research on iron chlorosis of poplars (Preliminary notes). Paper presented at the meeting of the FAO International Poplar Commission, Working group on diseases, XXII Session. Casale Monferrato, September 6-10, 1982. 37p. + 17 tabl.
15. Garbaye, J. 1980. Nutrition minérale et production des peupliers 'Robusta' et 'I-214' en populiculture traditionnelle dans le nord du bassin parisien. Annales des Sciences forestières 37:172-195.
16. Garbaye, J., et Ph. Leroy. 1973. Comportement de onze clones de peuplier dans sept pépinières du nord-est. Revue Forestière Française 25:299-307.
17. Garbaye, J., et F. le Tacon. 1974. Étude 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.
18. Hacksaylo, J., R.F. Finn, and J.P. Vimmerstedt. Deficiency symptoms of some forest trees. Research Bulletin Ohio Agricultural Research and Development Center No. 1015. 68 p. Wooster, Ohio.
19. Hagstrom, G.R. 1984. Current management practices for correcting iron deficiency in plants with emphasis on soil management. Journal of Plant Nutrition 7(1-5):23-46.
20. Jobling, J. 1981. Poplar cultivation. Research Information Note 64/81/SILS. 6 p. Issued by the Forestry Commission Research & Development Division.
21. Keller, Th., und W. Koch. 1962. Der Einfluss der Mineralstoffernährung auf CO₂-Gaswechsel und Blattpigmentgehalt der Pappel. II. Teil: Eisen. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Band 38(2), S.283-318.
22. Keller, Th., und W. Koch. 1964. The effect of iron chelate fertilization of poplar upon CO₂ uptake, leaf size, and content of leaf pigments and iron. Plant and Soil 20:116-126.
23. Lattke, H. 1969. Untersuchungen zur Säureverträglichkeit von Weiden in Wasserkultur. Archiv für Forstwesen 18:301-309.
24. Reist, K. 1981. Eisen (Fe)-Mangel im Obst- und Zierpflanzenbau. Baumschulpraxis 9/81:392-394.
25. Schmidt, P. 1977. Wachstum und Wasserverbrauch von Bäumen — Methodische Experimente und Untersuchungen an Pappelklonen. Dissertatie Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. 217 S.
26. Schönhar, S. 1958. Eisenmangel-Chlorose an Forstpflanzen. Allgemeine Forstzeitschrift 13: 149-151.

Tabel 1. Overzicht van de waargenomen ijzergehalten in het blad van populieren en wilgen in Nederland.

Tabel 1. Summary of observed foliar iron concentrations of poplars and willows in the Netherlands

soort, cultivar/	ijzergehalten in augustus (mg.kg ⁻¹) van de droge stof/ iron concentrations in August (mg.kg ⁻¹) of dry matter		opmerkingen/ remarks
species, cultivar	zichtbaar ijzergebrek waargenomen/ visible iron deficiency observed	voldoende ijzervoorziening/ adequate iron supply	
Populus nigra	65 - 74 niet waargenomen/not observed	76 - 94 64 - 346	duinzanden/dune sands potproeven, kwekerijen, beplantingen; pH-KCl 4,2-8,1 / pot trials, nurseries, plantations
Populus x euramericana 'Robusta' en/and 'Zeeland'	36 - 69 niet waargenomen/not observed	62 - 91 54 - 230	zuiveringsslib; pH-KCl $\pm$ 6/ sewage sludge diverse substraten; pH-KCl 3,8 - 8,1/ various substrates
Populus x euramericana, overige cultivars various cultivars	89 niet waargenomen/not observed	62 - 103 56 - 224	duinzanden en rivierkleigronden/ dune sands and river clay soils potproeven, beplantingen; pH-KCl 3,9-8,1/pot trials, plantations
Populus deltoides x trichocarpa ('Barn', 'Donk' en/and 'Rap')	74 74 niet waargenomen/not observed	62 - 437 78 - 91 (in een kwekerij is een Fe-gehalte van 305 mg.kg ⁻¹ waargenomen; de planten waren gezond)/ (in a nursery a Fe concentration of 305 mg.kg ⁻¹ has been found; plants were healthy) 53 - 130	kwekerijen/nurseries; pH-KCl 4,3-7,7 kwekerijen/nurseries; pH-KCl 7,3-7,7 potproeven, beplantingen;/pot trials, plantations; pH-KCl 3,6-7,7
Populus maximowiczii x berolinensis ('Oxford')	72 74 waargenomen maar geen gegevens/ observed, but no data niet waargenomen/not observed	55 - 99 50 - 92 52 - 208 79 - 106	potproef/pot trial (Fe-gebrek) bij/ Fe deficiency at pH-KCl 7,2; gezond bij/ healthy at pH-KCl 3,8-7,1) kwekerijen/nurseries; pH-KCl 7,7 beplantingen/plantations; pH-KCl 4,9-7,5
Populus maximowiczii x trichocarpa ('Androskoggin')	88 (zeer licht)/(very weak)	105 - 261	potproef/pot trial; pH-KCl 3,6-7,3 kwekerijen/nurseries; pH-KCl 7,7
Populus trichocarpa (diverse cultivars)/ various cultivars	64 - 103 soms waargenomen maar geen gegevens/ sometimes observed but no data	67 - 93 74 - 178	kwekerijen/nurseries; pH-KCl 4,0 en 7,7 jonge beplantingen/young plantations; pH-KCl 4,0-7,5
Populus alba	niet waargenomen/not observed	80 - 222	beplantingen op diverse gronden/ plantations on various soils; pH-KCl 4,0-8,1
Populus x canescens	niet waargenomen/not observed	60 - 294	beplantingen op diverse gronden/ plantations on various soils; pH-KCl 3,6-8,1
Populus tremula	niet waargenomen/not observed	66 - 146	beplantingen op diverse gronden/ plantations on various soils; pH-KCl 3,9-8,1
Salix alba	niet waargenomen/not observed	71 - 237	beplantingen op kalkrijke gronden/ plantations on calcareous soils; pH-KCl 7,2-7,6
Salix fragilis	103	92 - 100	beplantingen op diverse gronden/ plantations on various soils; pH-KCl 4,5-6,8
Salix triandra	95 - 100 (zeer licht)/(very weak)	105 - 186	beplantingen op zandgronden/ plantations on sandy soils; pH-KCl 4,0-5,3
Salix viminalis	niet waargenomen/not observed	113 - 653	beplantingen op zandgronden/ plantations on sandy soils; pH-KCl 4,0-5,3

Tabel 2. Overzicht van waargenomen mangaangehalten in het blad van populieren en wilgen in Nederland
 Table 2. Summary of observed foliar manganese concentrations of poplars and willows in the Netherlands

Soort, cultivar/ species, cultivar	mangaangehalten in augustus (mg.kg ⁻¹ van de droge stof)/ manganese concentrations in August (mg.kg ⁻¹ of dry matter)		opmerkingen/remarks
	zichtbaar mangaangebrek waargenomen/ visible manganese deficiency observed	voldoende mangaan- voorziening/ adequate manganese supply	
Populus nigra	15 - 17 (of slechte voorziening?)/ (or poor supply?)	20 - 198	737
Populus x euramericana 'Robusta' en/and 'Zeeland'	niet waargenomen/ not observed	16 - 584	690
Populus x euramericana overige cultivars/ various cultivars	niet waargenomen/ not observed	19 - 777	1150
Populus deltoides x trichocarpa ('Barn', 'Donk' en/and 'Rap')	niet waargenomen/ not observed	19 - 493	1031
Populus maximowiczii x berolinensis ('Oxford')	niet waargenomen/ not observed	11 - 302	1500
Populus maximowiczii x trichocarpa ('Androskoggin')	niet waargenomen/ not observed	19 - 725	1246
Populus trichocarpa (diverse cultivars)/ (various cultivars)	niet waargenomen/ not observed	16 - 247	
Populus alba	niet waargenomen/ not observed	18 - 834	872
Populus x canescens	17	12 - 934	1376
Populus tremula	niet waargenomen/ not observed	32 - 1306	
Salix alba	niet waargenomen/ not observed	16 - 126	beplantingen op kalkrijke gronden; pH-KCl 7,2-7,6/ plantations on calcareous soils
Salix fragilis	niet waargenomen/ not observed	58 - 472	beplantingen op diverse gronden; pH-KCl 4,5-6,8/ plantations on various soils
Salix triandra	niet waargenomen/ not observed	208 - 957	1347 beplantingen op zandgronden; pH-KCl 4,0-5,3/ plantations on sandy soils
Salix viminalis	niet waargenomen/ not observed	210 - 878	beplantingen op zandgronden pH-KCl 4,0-5,3/ plantations on sandy soils