Wageningen 1945

DE BLADRANDCHLOROSE VAN RHODODENDRON CATAWBIENSE „GRANDIFLORUM"

W. A. NIEUWDORP

NN08201,128

Dit proefschrift met stellingen van

WILLEM ADRIAAN NIEUWDORP

Landbouwkundig Ingenieur, geboren te Maron (Kraksaän, Oost-Java) den 3en September 1902, is goedgekeurd door den promotor, Ir J. Hudig, hoogleeraar in de scheikunde en de bemestingsleer.

De Rector Magnificus der Landbouwhoogeschool

S. C. J. OLIVIER.

Wageningen, 22 September 1945.

DE BLADRANDCHLOROSE VAN RHODODENDRON CATAWBIENSE „GRANDIFLORUM"

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS DR IR
S. C. J. OLIVIER, HOOGLEERAAR IN DE SCHEIKUNDE,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN VAN
EEN COMMISSIE UIT DEN SENAAT DER LANDBOUW-
HOOGESCHOOL TE WAGENINGEN OP WOENSDAG
24 OCTOBER 1945 TE 15 UUR DOOR

W. A. NIEUWDORP

H. VEENMAN & ZONEN • WAGENINGEN • 1945

VOORWOORD

Bij de voltooiing van dit proefschrift gaat mijn dank in de eerste plaats uit naar U, Hooggeleerde HUDIG, Hooggeachte Promotor, voor Uw morele steun bij dit onderzoek. Uw leiding heeft in hoge mate bijgedragen tot het welslagen van dit werk. De belangstelling in de landbouwscheikunde, die wijlen Professor ABERSON, Uw voorganger en mijn leermeester, bij mij opwekte, werd in niet geringe mate vergroot door mijn contact met U. Moge U, Hooggeachte HUDIG, in het belang van de landbouwwetenschap, weer spoedig de beschikking hebben over een herbouwd laboratorium.

Hooggeleerde BAAS BECKING. Gaarne betuig ik op deze plaats mijn erkentelijkheid voor de gastvrijheid, welke ik in de jaren 1938 en 1939 op het Botanisch Laboratorium te Leiden mocht ondervinden. Voor de steun, welke mij hier geboden werd, betuig ik U, Zeergeleerde Mejuffrouw NICOLAÏ en U Zeergeleerde VAN HERK, mijn oprechte dank.

Ik dank U, Hooggeleerde VAN ITERSON, voor de gastvrijheid, mij verleend op het Laboratorium voor Technische Botanie te Delft. Uw belangstelling en veelomvattende kennis hebben mij over enkele moeilijkheden heen geholpen.

U, Zeergeleerde Heren BOOM, SCHUFFELEN en VENEMA en U, Hooggeachte Heer A. WEENINK, die mij bij de bewerking van mijn proefschrift met raad en daad terzijde stonden, ben ik hiervoor zeer veel dank verschuldigd.

Verder betuig ik U Mevrouw WEENINK-MAZZUCHETTI en U Heren A. MOLENDIJK, A. M. RATH, B. KREMER en K. W. WEENINK voor de vertalingen van de samenvatting en U allen, die mij op enigerlei wijze bij mijn proefnemingen behulpzaam zijt geweest of Uw belangstelling hiervoor toondet, mijn oprechte dank.

Tenslotte vervult mij grote dankbaarheid jegens U, Heren VEENMAN, voor de wijze, waarop U, ondanks oorlogsgeweld en gedwongen evacuatie van Wageningen, drukproeven en cliché's van deze dissertatie voor vernietiging wist te vrijwaren.

INLEIDING

In bepaalde gedeelten van het Boskoopse cultuurgebied vertoont het in studie genomen gewas, een cultuurvorm van *Rhododendron catawbiense* Michaux, *Rhododendron catawbiense* „Grandiflorum" genaamd, een typisch ziektebeeld, waaraan door mij de naam bladrandchlorose gegeven werd en waarover in hoofdstuk II nadere bijzonderheden worden verstrekt.

In tegenstelling met pathologische verschijnselen, veroorzaakt door planten of dieren, welke meestal, hoewel zeer zeker niet altijd, plaatselijk in aantal toenemen en soms gepaard gaan met verdikkingen en opzwellingen van de plant, strekken de verschijnselen van deze rhododendron-ziekte zich over alle organen van de vrijwel steeds op dezelfde wijze aangetaste plant uit. Dit ziektebeeld van de plant, gevoegd bij de in de literatuur verspreide spaarzame gegevens, deden het vermoeden rijzen, dat deze ziekte misschien moest worden toegeschreven aan bepaalde bodemeigenschappen, welke de oorzaak zouden kunnen zijn, dat genoemde plant als handelsobject volkomen waardeloos wordt. Dit vermoeden werd later door ons onderzoek volkomen bevestigd.

De kennis omtrent deze, door de bodem verwekte ziekte, was zeer beperkt. Men vermoedde, dat zij het gevolg was van een overmatige calciumconcentratie in de rhizospheer. De invloed hiervan op de chemische samenstelling van de rhododendron en de feitelijke oorzaak van de bladrandchlorose, het meest karakteristieke bovengrondse symptoom van deze ziekte, waren onbekend.

Chlorose kan het gevolg zijn van zeer verschillende physiologische oorzaken, zoals lichttekort, droogte, te grote bodemvochtigheid, tekort of surplus aan één of meer der noodzakelijke voedingselementen. Onder de invloed van het specifieke reactievermogen van elke plantensoort kan omgekeerd een zelfde ziekteoorzaak zich op verschillende wijzen uiten, ja zelfs bij verschillende planten van dezelfde soort. Hieruit volgt dus, dat slechts de specifieke wijze, waarop een bepaalde plant reageert op kunstmatig opgewekte ver-

anderingen in het milieu, kan leiden tot een gefundeerde verklaring van een ziektesymptoom, dat zich in de natuur of de cultuur voordoet.

Met het hoofddoel, de verklaring van de bladrandchlorose voor ogen, heb ik mij doelbewust moeten beperken tot de studie van de uitwendige ziektesymptomen en de chemische analyse van het gezonde en zieke gewas.

HOOFDSTUK I

SYSTEMATIEK EN GEOGRAPHIE VAN HET GESLACHT *RHODODENDRON* L.

§ 1 SYSTEMATIEK

Het geslacht *Rhododendron* behoort tot de familie der *Ericaceae*. Deze familie omvat ongeveer 1350 soorten, alle houtige gewassen (veelal struiken of kleine bomen), welke gekenmerkt zijn door enkelvoudige, meestal overblijvende bladeren en alleenstaande of tot bloeiwijzen verenigde bloemen. Bloemen actinomorph of zwak zygomorph en vier- of vijftallig; kroon sympetaal, zelden choripetaal; tweemaal zoveel of soms evenveel meeldraden als bloemkroonbladeren, vrijstaand van de kroon of aan de basis daarvan ingeplant; de helmknoppen, dikwijls voorzien van twee hoornachtige aanhangsels, openen zich gewoonlijk met poriën; stuifmeel veelal in tetraden, die o.a. bij *Rhododendron* door middel van draden met elkaar verbonden zijn; vruchtbeginsel boven- of onderstandig, vier- tot vijfhokkig, met dikke, centrale zaadlijst; de vrucht is een septicide doosvrucht, bes- of steenvrucht. De bladeren, vooral die der *Ericoïdeae*, vertonen vaak een xerophiele structuur (pseudo naaldvormig door teruggeslagen randen, een dikke cuticula, wasovertreksel, dikke beharing, enz.).

De planten, welke thans tot de *Ericaceae* gerekend worden, zijn in de loop der tijden op zeer uiteenlopende wijze gegroepeerd geweest.

Een beknopt historisch overzicht hiervan geeft GIROUX (59).

De thans vrijwel algemeen aanvaarde indeling werd reeds in 1897 door DRUDE (36) in ENGLER en PRANTL opgesteld. Recente auteurs, die deze indeling ook volgen, zijn o.m. BRAUN-BLANQUET (23) en VON WETTSTEIN (221).

Volgens deze classificatie bestaat de familie der *Ericaceae* uit vier subfamilies: I *Rhododendroïdeae*, II *Arbutoïdeae*, III *Ericoïdeae* en IV *Vaccinioïdeae*. De *Rhododendroïdeae* zijn gekenmerkt door: een in haar geheel na de bloei afvallende kroon, een bovenstandig

vruchtbeginsel en een septicide doosvrucht. Deze subfamilie wordt vervolgens onderverdeeld in drie tribi: I *Rhododendreae*, II *Ledeae*, en III *Phyllodoceae*.

De ons interesserende tribus der *Rhododendreae* is gekenmerkt door het bezit van een vergroeidbladige kroon, welke klok- of trechtervormig is en dikwijls zwak zygomorph van bouw. De vlakke zaden zijn omzoomd met een brede vleugel; het embryo is cylindrisch. Tot de *Rhododendreae* behoren de geslachten: I *Rhododendron* L., II *Menziesia* Sm., beide met een vijf- tot veelhokkig vruchtbeginsel en III *Tsusiophyllum* Max. met driehokkig vruchtbeginsel. De helmknoppen van *Menziesia* openen met een scheve, lange spleet, die van *Rhododendron* daarentegen met een apicale porus.

De systematische indeling van het geslacht *Rhododendron* levert vele moeilijkheden. Dit geldt niet alleen voor de indeling van het geslacht in secties, maar ook voor de begrenzing der soorten. Pogingen, om het geslacht in natuurlijke groepen te verdelen, zijn door en Rehder (167) Stevenson (200) ondernomen. Sleumer (196) heeft de indeling van Rehder met enkele wijzigingen, aan Stevenson ontleend, overgenomen. Sleumer onderscheidt de volgende ondergeslachten:

I *Eurhododendron* Endl. met de secties:
  1 *Leiorhodion* Rehd.
  2 *Lepipherum* G. Don
  3 *Pogonanthum* G. Don
  4 *Rhodorastrum* Max.

II *Azaleastrum* Max. met de secties:
  1 *Euazaleastrum* Wilson
  2 *Chionastrum* Franch.

III *Anthodendron* Endl. met de secties:
  1 *Tsutsutsi* G. Don
  2 *Sciorhodion* Rehd. et Wilson
  3 *Rhodora* (L) G. Don
  4 *Viscidula* Matsum. et Nakai
  5 *Penthanthera* G. Don

IV *Therorhodion* Max.

Daarmede is dan tevens de basis gelegd voor de groepering ener *Rhododendron*-collectie volgens systematische gezichtspunten.

Sommige Engelse botanici daarentegen zijn een andere opvatting

toegedaan. BENTHAM en HOOKER (15) en in meer recente tijd ook HUTCHINSON (84) verheffen de *Vaccinioïdeae* van DRUDE tot een zelfstandige familie, de *Vacciniaceae*, terwijl de familie der *Ericaceae* bij hen de volgende tribi omvat: *Arbuteae*, *Andromedeae*, *Ericeae*, *Rhodoreae* en *Pyroleae*.

Dat deze twee wel zeer uiteenlopende opvattingen van grote invloed zijn op de voorstellingen, welke men zich kan maken met betrekking tot de herkomst en verwantschap van de familie der *Ericaceae* ligt voor de hand. Een bespreking daarvan ligt echter buiten het bestek van deze studie.

§ 2 GEOGRAPHIE

A *Geographische verspreiding van het geslacht Rhododendron*

Volgens MEYER (136) en SCHROETER (188) zijn de soorten van het geslacht *Rhododendron* over de verschillende continenten, met uitzondering van Afrika en Zuid-Amerika verspreid en wel hoofdzakelijk over het noordelijk halfrond. Zuidelijk van de evenaar komen vertegenwoordigers van dit geslacht slechts voor op de Soenda-eilanden, Nieuw-Guinea en Australië. Een goed overzicht van de geographische verspreiding van dit geslacht geeft MEYER (136) in een bijdrage, geïllustreerd met een drietal kaartjes.

Het belangrijkste rhododendron-gebied ter wereld, zowel wat uitgestrektheid als soortenrijkdom betreft, „liegt im äuszersten südwesten Chinas, im westlichen und nordwestlichen Teil der Provinz Jünnan. Von hier aus streckt es sich nach N., W. und Süden in die angrenzenden Gebiete von Szetschuan, S.O. Tibet und Ober Burma. Allem Anschein nach handelt es sich hier um ein noch junges Entwicklungszentrum der Gattung, das durch den Reichtum und die Fülle seiner Formen zu ihrem heutigen Schwerpunkt geworden ist", aldus MEYER (136).

Vele reizigers en verzamelaars, die deze gebieden bezocht hebben, zoals HOOKER, FORTUNE, FORREST, WILSON, KINGDON WARD, REGINALD FARRER, Cox en anderen geven indrukwekkende beschrijvingen der natuurlijke standplaatsen van verschillende *Rhododendron*-soorten. Een overzicht van al deze beschrijvingen geeft MILLAIS (139). Een beknopte samenvatting geeft MATTFELD (127). Daar ons onderzoek hoofdzakelijk betrekking heeft op *Rhod. catawbiense*, moge op de standplaats van deze soort hier nader ingegaan worden.

Rhod. catawbiense, door MICHAUX (138) in 1803 beschreven, is uit Noord-Amerika afkomstig. De soortaanduiding is afgeleid van de naam der rivier Catawba, een stroom uit de Amerikaanse Staten Noord- en Zuid-Carolina. Een citaat van Prof. SARGENT over de natuurlijke omstandigheden, waaronder *Rhod. catawbiense* MICHX. in Noord-Carolina in het wild groeit, is te vinden bij WATSON (220 p. 18, 19).

„In an account of a trip in June 1892 to the Roan Mountain in North Carolina, Professor SARGENT gives the following particulars of *R. catawbiense*, which was then in bloom: Along the borders of the forest scattered, sometimes individually and often in broad masses, covering hundreds of acres, the Rhododendron grows, mixed with bushy plants of the Mountain Alder. No one can judge of the extent of the Rhododendron fields on this mountain, for the extent is so vast that the eye cannot estimate areas; certainly there are spots on the summit from which thousands of acres can be seen at once. The thickets are impassable except where bears and cattle have forced tortuous trails among the bushes, which ten days ago where covered with flowers. These are nearly all of one colour, deep rosy pink, although an occasional plant with darker flowers can be found. The soil where these plants grow is black vegetable mould, varying from 18 inches to 2 feet in depth. Although saturated with moisture, as small springs are common, the surface soil is perfectly drained, being underlain by coarse gravel mixed with large stones. Abundant atmospheric moisture, for rarely a day passes without clouds settling over the summits of the Roan, increases the vigour of the plants. On the open slopes they rarely grow more than 4 or 5 feet high, but when protected by the Balsams (*Abies Fraseri*), species 10 to 12 feet high are not uncommon. These natural conditions seem to indicate that Rhododendrons of the *catawbiense* blood require rich, moist, well drained soil, constant atmospheric moisture and protection from high winds, and that, under such conditions, they can support excessive winter cold, as the temperature on the summit of the Roan has been known to fall in winter to 30° below zero, while ice probably forms during every month of the year, except in July and August."

De volgende bijzonderheden zijn aan UPHOF (209) ontleend: „Wenn man im Appalachischen Gebirge und dem Blue Ridge im Staate Nord-Caroline zum erstenmal die wild-Rhododendron-Massen

am Blühen findet, steht man überrascht über die Schönheit dieser Gebirgsgegend, wo im Juni gewaltige Gebiete mit blühenden Rhododendron überladen sind. Es ist dann auch kein Wunder, dass man dort gegen Mitte Juni in der Stadt Asheville jedes Jahr ein anziehendes „Rhododendron-Feast" für die Bevölkerung organisiert, woran Einwohner, Touristen und Indianer teilnehmen. Zu den meist vorkommenden Arten gehört *Rhododendron maximum* L. Man nennt diese Art hier Great Laurel oder Rose-Bay. Die Pflanze wächst gern an saueren Stellen des Waldes und bildet an Gebirgsflüssen entlang fast undurchdringliche Bestände. Eine andere bekannte Art, die man auf ähnlichen Stellen findet, ist *Rhododendron catawbiense* Michx., hier Purple-Laurel genannt, mit rosa-purpurnen bis purpurnen, 3,5 bis 5 cm langen Blüten. Man findet diese Art vornehmlich im Piedmont Gebiet und auf dem Appalachischen Plateau von Georgia bis Alabama und West-Virginia."

De meeste vertegenwoordigers van dit geslacht zijn volgens Schroeter (188) bergplanten uit de subalpine-zône (Waldregion).

Slechts de kleinbladige soorten stijgen en dalen volgens Kingdon Ward (98 p. 39) respectievelijk boven en beneden deze zône: „In the warmer valleys they are small shrubs. At great heights, too, they are dwarfed and gnarled. Between these extremes, however, they are big shrubs, bushes, and trees — the familiar Rhododendrons of English gardens." Interessante details over de verticale verspreiding van verschillende *Rhododendron*-soorten in Z.W.-China geeft Mattfeld (127). Een graphische voorstelling van de hoogte-grenzen in de verschillende gebieden is door Meyer (136) gepubliceerd.

B *De oekologie van Rhododendron*

Milieufactoren.

Het milieu of de standplaats van een plant of plantengemeenschap wordt bepaald door klimatologische, edaphische, biotische en reliëffactoren. Enkele reliëffactoren (expositie en hellingshoek) zullen terloops bij de bespreking van eerstgenoemde factoren vermeld worden.

Daar deze milieufactoren elkaar wederkerig beïnvloeden, wordt onder het milieu een complex van factoren verstaan, waarvan wij ons slechts bij benadering een beeld kunnen vormen door bestudering van de afzonderlijke factoren.

1 *Klimatologische factoren.*

a Temperatuur en vochtigheid.

Verschillende auteurs [Bailey (6), Bean (11), Geier (56), Kingdon Ward (98) en Watson (220)] hebben erop gewezen, dat het klimaat van de natuurlijke standplaatsen van de rhododendrons — de hooggebergten — gekenmerkt is door een gemiddeld hoge lucht- en bodemvochtigheid en een gemiddeld lage lucht- en bodemtemperatuur. Pallmann en Haffter (152) gebruiken de Langfactor $\left(\frac{\text{gem. jaarl. neerslag in mm.}}{\text{gem. jaarl. temperatuur in °C}}\right)$ als maatstaf voor de vochtigheid van het klimaat. Te Bevers in Oberengadin, waar associaties met *Rhod. ferrugineum* L. als karaktersoort worden aangetroffen, bedraagt deze factor 638. Deze hoge waarde is voornamelijk het gevolg van de zeer lage gemiddelde jaarlijkse temperatuur aldaar (1.3° C). De betekenis van de vochtigheid van het klimaat voor de bestaansmogelijkheid van de rhododendrons is volgens Schroeter (188 p. 187) overheersend: „Auch im feuchten maritimen Klima in Holland, Belgien und England gedeihen die Alpenrosen (*Rhod. ferrugineum* L. en *Rhod. hirsutum* L.) vortrefflich in Kultur; die Sträucher unserer Gärten stammen meistens von dort, sind ans Ebenenklima gewöhnte Sämlinge. Das zeigt uns, dasz die Alpenrosen zu ihrem normalen Gedeihen kein ausgesprochen alpines Klima verlangen; ihr Fehlen im Alpenvorland beruht also eher auf der Konkurrenz mit der Ebenenflora und dem Fehlen geeigneter Standorte."

Volgens Mattfeld (127 p. 109) groeien de rhododendrons bij voorkeur op plaatsen, tegen vorst en uitdrogende winden beschermd en die voorts gekenmerkt zijn door een grote mate van vochtigheid: „Uberall sahen wir die Rhododendron an Gebiete gebunden, die ihnen von der Blüte bis zur Reifung der Blätter und Zweige genügend Feuchtigkeit von oben (Niederschläge, feuchte Luft) und ein gewisses Masz von Wärme und im Winter genügend Schutz gegen Frost- und Verdunstungsschäden gewähren können." Naar aanleiding van deze beschouwingen en door eigen onderzoek (hoofdstuk IX), zijn wij gerechtigd, de rhododendrons tot de Hygrophyten te rekenen. Het is verder duidelijk, dat in verband met de meerdere of mindere mate van vorstresistentie van de verschillende *Rhododendron*-soorten, het *Rhododendron*-sortiment in de verschillende cultuurcentra wordt beïnvloed door het klimaat van deze

gebieden. Door haar grote winterhardheid speelt *Rhod. catawbiense* Grdfl. [1]) vooral in de rhododendron-cultuur van landen met een continentaal klimaat, een belangrijke rol [MEYER (136)], daar deze soort beter bestand is tegen koude en droogte dan de Aziatische soorten [BOWERS (22)].

b Bestraling.

De kleinbladige dwergsoorten der alpine-zône en de boomvormige soorten der rhododendron-bossen, die o.a. op de Himalaya worden aangetroffen en dus eveneens aan het directe zonlicht zijn blootgesteld, zijn vermoedelijk beter bestand tegen bestraling dan de struikvormige soorten van middelmatige grootte, die de ondergroei der bossen vormen. Volgens BEAN (11), BERG (16) en JOHNSON (94) zijn kleinbladige soorten minder gevoelig voor zonnebrand dan grootbladige soorten. „Je gröszer das Blatt ist, desto mehr Schatten benötigt die Pflanze. Alle groszblättrigen Rhodos brauchen unbedingt Schatten, einige niedrig wachsende Arten, wie z.B. die zur *Lapponicum*-Serie gehörigen, können mehr Sonne vertragen," aldus BERG (16). Ook tussen de grootbladige soorten onderling bestaan verschillen in gevoeligheid voor zonnebrand. Volgens MEYER (136) is *Rhod. catawbiense* Michx. minder gevoelig hiervoor dan *Rhod. ponticum* L., welke laatste soort bij de veredeling als onderstam grote bekendheid heeft verworven. *Rhod. ponticum* „kommt am ganzen Südufer des Schwarzen Meeres von Lesbos bis zum Kaukasus vor. Es ist hier eine echte Waldpflanze. Demgemäsz verhält sich die Art auch noch bei uns in der Kultur, indem sie sich als auszerordentlich empfindlich gegen direktes Sonnenlicht erweist. *R. catawbiense* bevorzugt aber mehr dem Licht ausgesetzte Plätze als das europäische *R. ponticum*. Ganz dem entsprechend verhält es sich in unsren Gärten", aldus MEYER (136).

In het algemeen is de bestraling afhankelijk van de expositie en de hellingshoek of inclinatie van het terrein. Vooral zuidhellingen met een grote hellingshoek worden sterker bestraald dan noordhellingen, die koeler en vochtiger zijn en dus een geschikter milieu voor de rhododendrons bieden dan zuidhellingen.

Afgezien van onderlinge verschillen in gevoeligheid voor zonnebrand, verbranden zowel groot- als kleinbladige *Rhododendron*-soorten en -hybriden in de zomermaanden opvallend vlugger dan

[1]) Een in het vervolg te gebruiken afkorting van „Grandiflorum".

de meeste andere heesters en vaste planten. Het welslagen van de rhododendron-cultuur is zelfs in hoge mate afhankelijk van het weer tijdens de groeiperiode (Mei, Juni, Juli).

c Wind.

Volgens Berg (16) zijn alle *Rhododendron*-soorten, met uitzondering van de dwergsoorten, gevoelig voor wind. In verband met de stevigheid van deze houtige gewassen wordt de windschade niet zozeer veroorzaakt door de mechanische dan wel door de uitdrogende werking. Daar de invloed van de wind afhankelijk is van de expositie van het terrein, groeien zij in de natuur bij voorkeur op beschutte plaatsen. De in Nederland meest heersende winden, uit westelijke richtingen, zijn voor de cultuur door hun vochtigheid onschadelijk. Aanhoudende, droge oostenwinden daarentegen, kunnen door hun uitdrogende werking in zomer en winter belangrijke schade aanrichten, zoals de laatste jaren gebleken is.

2 *Edaphische factoren.*

a De zuurgraad van de grond.

Daar volgens Christ [vgl. Schroeter (188 p. 194)] *Rhododendron* „ein entschiedenes Waldbaum- oder Waldstrauchgeschlecht der südlichen Gebirge Asiens sei, das nur in einzelnen reduzierten Grenzformen ausnahmsweise in die Alpenhöhen über den Wald und den hohen Norden dringt", interesseren ons vooral het microklimaat in deze wouden en de eigenschappen van de bosgrond in hoge mate. Voor de betekenis van het microklimaat — het klimaat van de luchtlaag, die zich tussen de planten bevindt en van de bodem tussen de wortels — voor de plantengroei in het algemeen, zij verwezen naar Meltzer en Westhoff (129). Op enkele factoren mag hier gewezen worden. De bodemlaag van het bos bevat ruim 2,5 maal zoveel koolzuur als normaal in de lucht aanwezig is [Meltzer en Westhoff (129 p. 150)]. Gandrup (50) wees o.a. op de hoge relatieve vochtigheid en de lage temperatuur van de luchtlaag direct boven de grond in de bossen, terwijl Hissink (73) het verband tussen de zuurgraad van bosgronden en de vochtigheid en belichting ervan bestudeerde. Door de lage temperatuur en hoge vochtigheid wordt het bosstrooisel volgens hem onvolledig gedissimileerd, waardoor zich, in plaats van de eindproducten der ontleding van organische stof: CO_2, H_2O en asbestanddelen, zuurreagerende tussenproducten vormen, waarvan

zich in de loop der jaren een aanzienlijke hoeveelheid op de bosgrond kan ophopen. Hij vermeldt de resultaten van een onderzoek van NEMIC en KVAPIL, waaruit blijkt, dat in de open opstanden, waar het zonlicht goed kan binnendringen, de bovenste grondlagen minder zuur reageren dan in gesloten naald- of loofhoutopstanden. Ook volgens OLSEN [vgl. GLEISBERG (61)] wordt door het wegkappen van bomen de zuurgraad van bosgronden lager.

Welke resultaten hebben nu de pH-metingen in de rhizospheer van Ericaceeën in het algemeen, en van enkele voor de cultuur belangrijke vertegenwoordigers van deze familie in het bijzonder, opgeleverd? Bijna zonder uitzondering zijn de Ericaceeën, volgens GIROUX (59), acidophiel: „Le développement optimum des Ericacées dans l'Europe septentrionale coïncide toujours avec un pH du sol compris entre 3,8 et 6. Les Ericacées se présentent donc très généralement comme des individus acidophiles; elles ne paraissent calcifuges qu'en raison de l'alcalinité constante des terrains calcaires. De très rares espèces trouvent sur le calcaire des conditions végétatives suffisantes à leur existence: *Erica multiflora* L., type méditerranéen, en est le meilleur exemple." WHERRY (222) kwam tot de conclusie, dat de pH-waarden van gronden, waarop verschillende in het wild groeiende Ericaceeën, o.a. *Rhod. maximum* L., voorkomen, tussen 4,5 en 6 variëren. Volgens PALLMANN en HAFTER (152) hebben de *Rhododendron*-associaties van Oberengadin zich uitsluitend kunnen vestigen op zuur reagerende gronden, die in mindere of meerdere mate podsoliseringsverschijnselen vertonen. Tabel I (zie p. 12) geeft een overzicht van enkele eigenschappen van deze door eluviale en illuviale horizonten gekenmerkte podsolgronden, welke onder de invloed van een vochtig klimaat uit kalkarme moedergesteenten (granieten, gneisen, dioriet en) ontstonden. Bij beschouwing van deze tabel blijkt, dat de gemiddelde zuurgraad (pH) van de A-horizonten van de Zwitserse Rhodoretumgronden 4,0 bedraagt. Volgens BERG (16) geven de rhododendrons de voorkeur aan „einen Boden, der eine Azidität von etwa 5,0 pH hat". Over de optimale zuurgraad van gronden voor de cultuur van rhododendrons in het algemeen en van *Rhod. catawbiense*-hybriden in het bijzonder, deelt MEYER (137) het volgende mede: „Unsre groszblumigen Hybriden verlangen alle stark saure Böden, deren pH-Wert etwa zwischen 5,2 und 4,5 liegt. Nahe der oberen Grenze liegen die optimalen Bedingungen für die Abkömmlinge

TABEL I

Eigenschappen der podsolgronden van verschillende Rhododendron-gezelschappen volgens PALLMANN *en* HAFFTER (152)

	A_0 horizont (Blattfall schicht)	A_1 horizont (Rohhumus schicht)	A_2 horizont (Auslauge schicht)	B horizont (Anreicherungsschicht)	C horizont (Muttergestein)
Diepte in cm	0–3	3–15	15–22	22–38	
pH-variaties (Tabel 26) .	3,5–4,7	3,5–4,8	4,4–4,9	4,5–5,2	4,7–6,0
Humus-variaties in % (Tabel 31)	20–95	25–60	2–6	5–10	1–3
Gem. volle watercapaciteit in gew. % (Tabel 30) .	321	188	115	93	51

des *Rh. catawbiense*, die immer noch für weite Gebiete Deutschlands „die" Rhododendren bleiben werden, wenn sie auch nicht annähernd an den Schönheitswert der Rhododendren wärmerer Gebiete hinanreichen. Die reinen Abkömmlinge dieser Art, wie das *Rh. catawbiense* Grdfl. und das *Rh. cat.* Boursault, finden sich sogar mit etwas höheren Reaktionslagen noch leidlich gut ab." In de volgende hoofdstukken zal echter blijken, dat *Rhod. catawbiense* Grdfl. onder de Boskoopse cultuuromstandigheden reeds verschijnselen van bladrandchlorose vertoont in gronden met een pH > 5,0. Volgens COVILLE (34) had de cultuurgrond „of the healthy plant (*Rhod. maximum* L.) seven weeks after the last application of aluminium sulphate an acidity of 10 on the Wherry scale (pH = 6), while the soil of the untreated and sickly plant was neutral". De vertegenwoordigers van de „kraterassociatie", waaronder enkele *Rhododendron*-soorten, heeft men volgens VON FABER (42) nog nooit op alkalisch reagerende gronden aangetroffen. De zuurgraden der gronden van deze associatie variëren volgens hem tussen pH 5,4 en 6,3. Verder vermelden talrijke auteurs [BAILEY (6), BEAN (11), GLEISBERG (60), KINGDON WARD (98) en REHDER (167)] wel, dat rhododendrons slechts op zuur reagerende gronden gedijen, doch geven geen pH-waarden op. Slechts in zuur reagerende gronden zouden de kiemplantjes van rhododendrons zich normaal kunnen ontwikkelen. In de natuur vermeerderen deze planten zich door zaad. De uiterst lichte zaadjes, volgens SCHROETER (188 p. 175) fracties van milligrammen zwaar, worden door de wind verspreid. Indien de

zaden op neutraal reagerende grond belanden, kunnen zij volgens Von Faber (42) wel ontkiemen, doch de zaailingen sterven spoedig af onder bruinkleuring der wortels. Barnette en Mowry (9) en Görbing en Fortmann (63) experimenteerden met *Azalea indica* Sims. Deze plant schijnt niet zo acidophiel of kalkschuw te zijn als *Rhod. catawbiense* Grdfl. Volgens deze onderzoekers vertoont *Azalea indica* in gronden met een pH $>$ 6,5 chlorose, terwijl, zoals reeds werd opgemerkt, de bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl. reeds in belangrijk zuurdere grond (pH $>$ 5,0) optreedt. Volgens Görbing en Fortmann (63) is de mate van kalkschuwheid van *Azalea indica* afhankelijk van de leeftijd der planten en van de voedselrijkdom van de bodem. Volgens hen zijn oudere planten van *Azalea indica* minder gevoelig voor reactieveranderingen dan jongere. Voor een normale groei van oudere planten variëert de pH van de grond tussen 4,3 en 6,1, van jongere planten tussen 4,4 en 5,1. De verklaring van het verschijnsel, dat in voedselarme grond het pH-optimum lager ligt dan in voedselrijke grond, geven zij echter niet. De waarschijnlijke oorzaak hiervan wordt in hoofdstuk VII § 2 medegedeeld. Om nog een ander cultuurgewas uit de familie der Ericaceeën te noemen, zij tenslotte nog vermeld, dat volgens Gleisberg (60) de optimum pH voor de cultuur van *Erica gracilis* Salisb. 4,5–5,0 bedraagt.

b Het gehalte van de grond aan organische stof.

Bij beschouwing van tabel I blijkt verder, dat het gemiddelde organische stofgehalte van de A-horizonten van de Zwitserse rhododendron-podsolgronden zeer hoog is. Het bedraagt ongeveer 58%. Dat deze organische stof basenarm is, behoeft in verband met hetgeen over de zuurgraad van deze horizonten werd opgemerkt, geen nader betoog. Evenals vele andere Alpenplanten behoort de rhododendron dus eveneens tot de humiphiele of humicole gewassen, tenzij de organische stof een bodemstructuur bevordert, welke voor deze plant onmisbaar is.

c De voedselrijkdom van de grond.

Daar de meeste Ericaceeën op zure gronden, die over het algemeen arm aan plantenvoedsel zijn [Aslander (3)], vegeteren, zullen vermoedelijk de meeste vertegenwoordigers van deze familie tot de oligotrophe gewassen gerekend moeten worden. De optimum-con-

centratie van het bodemvocht voor *Calluna vulgaris* HULL. b.v. bedraagt volgens RAYNER (163) slechts 0,05%. De samenstelling hiervan vermeldt zij echter niet.

Volgens VON FABER (42) kunnen „auf solchem Boden sich keine anderen Pflanzen ansiedeln als diejenigen, welche in Bezug auf Nährstofferwerb sehr genügsam und auch so organisiert sind, dass sie den eigenartigen Wachstums- und Ernährungsbedingungen gewachsen sind, was bei den Kraterpflanzen in hohem Masse zutrifft. Sie sind Oligotrophen, d.h. nährsalzscheue Pflanzen. Auch zu den europäischen Oligotrophen rechnet man in erster Linie die *Ericaceae* wie *Calluna*, *Vaccinium*-arten, sowie die *Salices*." GIROUX (59 p. 21) drukt zich aldus uit: „Or, peu de végétaux présentent autant d'aptitude que les Ericacées à envahir ces terrains maigres et épuisés". Dat ook *Rhod. catawbiense* Grdfl. een oligotrooph gewas is, wordt in de hoofdstukken IV en IX aangetoond. Dat de oligotrophie een betrekkelijk begrip is, blijkt reeds o.a. hieruit, dat vooral in de cultuur van grootbloemige *Rhododendron*-soorten, bemesting niet achterwege kan blijven [(BERG (16), MEYER (137)]. Laatstgenoemde auteur wijst echter op het grote gevaar van het gebruik van oplosbare, snelwerkende kunstmeststoffen in de rhododendron-cultuur: „Die letzteren dürfen niemals in gröszeren Mengen und immer nur kurz vor oder mit dem Austrieb gegeben werden. Starke Salzstösze vertragen Rhododendren nicht."

d Het vochtgehalte van de grond.

Tenslotte blijkt nog uit tabel I, dat de rhizospheren van de Zwitserse Rhodoreta gekenmerkt zijn door een zeer groote watercapaciteit en dus in verband met het vochtige klimaat door een zeer hoog vochtgehalte. Stagnerend water is echter fataal voor deze planten. De Javaanse kraterplanten gedijen volgens VON FABER (42) slecht op drassige plaatsen. De typische, oppervlakkige beworteling van de rhododendrons houdt volgens hem verband met de grote zuurstofbehoefte van de schimmelsymbiont en deze zuurstofbehoefte is tevens de oorzaak van de gevoeligheid van rhododendrons voor een overmatige hoeveelheid water.

e De doorlatendheid van de grond.

De natuurlijke rhododendron-bosgronden zijn vochtig, doch zeer poreus [PALLMANN en HAFFTER (152 p. 426)]. Een goede cultuur-

grond moet dus eveneens deze eigenschap bezitten of door verbetering van de cultuurtoestand (drainage en regeling van de grondwaterstand) verkrijgen [Bailey (6), Kingdon Ward (98), Watson (220)].

De rhododendron-cultuur stelt dus bepaalde voorwaarden aan de waterhuishouding en in verband hiermede aan het bodemprofiel, de structuur der gronden en de hoogteligging van de bouwvoor ten opzichte van het grondwater.

f De granulaire samenstelling van de grond.

Over het algemeen worden de middel-zware gronden geacht voor de rhododendron-cultuur de beste te zijn. Deze zgn. veenaardeplanten eisen voor hun optimale ontwikkeling een waterdoorlatende grond met een losse (kruimel) structuur en een grote watercapaciteit Zandgronden zijn in laatstgenoemd opzicht minder geschikt dan leemgronden. „Ein leichter Sandboden z.B. wird im Winter unter dem Einflusz austrocknender Winterwinde sein Wasser leichter abgeben und demnach für immer grüne Pflanzen weniger geeignet sein als etwa ein mittelschwerer, wasserbindender Lehmboden, der auch im Winter seinen Wasservorrat nur schwer abgibt',' aldus Heydenreich (72). Eveneens zijn echter ongeschikt voor de rhododendroncultuur, gronden met een hoog gehalte aan afslibbare bestanddelen [Bean (11), Coville (34), Pollanetz (159) en Watson (220)]. Dezelfde ervaring hebben de kwekers in het Boskoopse cultuurgebied opgedaan. Volgens Meyer. (137) „sollten schwere Böden vor der Bepflanzung eine Auflockerung durch Zumischung von Sand erhalten". Bovengenoemde gunstige bodemtoestand voor rhododendrons wil Berg (16) bereiken „durch Zugabe von Moorerde oder Torfmulm. Wenn genügend Humus (Lauberde) vorhanden ist, genügen Lehm und Sand zur Kultur von Rhododendron". De opvatting van Pollanetz (159), dat rhododendrons eerder „Sand- oder Leichtbodenpflanzen" dan „Moorbeetpflanzen" zijn, lijkt in verband met de humiphilie van deze planten niet erg waarschijnlijk, vooral wanneer hij deze planten tot de zandplanten wil rekenen.

3 *Biotische factoren.*

a Schaduwbomen.

Men dient bij de bepaling van de toekomstige standplaatsen van rhododendrons er rekening mede te houden, dat het bosplanten zijn.

Daar rhododendrons oppervlakkig wortelende planten zijn, zullen, om wortelconcurrentie te voorkomen, slechts diepwortelende schaduwbomen, die hen tegen uitdrogende winden en bestraling door de zon beschutten, als commensalen in aanmerking kunnen komen. Aan deze eisen voldoen: *Pinus*, *Quercus* en *Betula* volgens KINGDON WARD (98); *Pinus*, *Alnus* en *Abiës* volgens WATSON (220); verschillende Coniferen en *Quercus* volgens BEAN (11) en *Pinus*, *Quercus*, *Prunus*-soorten, *Magnolia Soulangeana* en *Magnolia stellata* volgens BERG (16). „Auch Birken kann man mit Vorteil verwenden, trotzdem sie Flachwurzler sind. Die Birken entziehen dem Boden verhältnismäszig wenig Wasser und die Gefahr der Wurzelkonkurrenz ist daher gering. In ihrer Heimat kommen die Rhododendren sehr oft als Unterholz in Birkenwäldern vor," aldus BERG (16).

Ongeschikte schaduwbomen zijn: *Fagus* en *Tilia* volgens KINGDON WARD (98); *Fagus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Castanea* en *Fraxinus* volgens BEAN (11) en *Fagus*, *Castanea*, *Platanus*, *Populus* en *Ulmus* volgens BERG. „Es ist zwar besser Ulmen und Kastanien als Schattenspender zu haben, als in offener Sonne zu pflanzen", voegt BERG (16) er veelbetekenend aan toe.

b Mycorrhiza.

De samenleving tussen rhododendrons en bodemschimmels uit zich in het verschijnsel der mycorrhiza. Een algemeen overzicht van de samenleving tussen planten en schimmels geeft FUNKE (49) in een verhandeling van zeer recente datum. Wij beperken ons hier tot een korte bespreking van de endotrophe mycorrhiza der Ericaceeën. De thans algemeen geldende opvatting over de betekenis van deze symbiose is, dat de schimmel-symbiont der Ericaceeën, evenals die der ectotrophe mycorrhiza van enkele Coniferen [MELIN (128)], de organische stikstofverbindingen uit de omgeving opneemt en aan de hogere plant afstaat.

Hiernaast zouden speciaal de tot het geslacht *Phoma* behorende, door TERNETZ uit enkele Ericaceeën geïsoleerde schimmels, in staat zijn, de stikstof uit de lucht te fixeren. Wij verwijzen hier naar de onderzoekingen van RAYNER (164) en van DUGGAR en DAVIS (37). Wat de betekenis van deze stikstoffixatie betreft, was RAYNER (164) aanvankelijk van mening, dat deze N-binding zelfs het essentieele van de symbiose zou zijn: „The association of *Calluna* and other ericaceous species with soils deficient in nitrates in itself provides raison

d'être for the remarkable biological relations between the plant and fungus, assuming fixation of atmospheric nitrogen on the part of the latter." Later (165) is zij hier echter niet meer zo van overtuigd: „The evidence derived from experimental work on ericaceous species, leads inevitably in my opinion to the conclusion that functional mycorrhiza is beneficial when the host plants are growing in the humus soils in which it is typically developed, independently of possible benefit due to the endophytes as facultative nitrogen fixers." Hoe dit ook zij, in de rhododendron-cultuur is deze fixatie van luchtstikstof, waartoe de schimmelsymbiont van rhododendron eventueel in staat zou blijken te zijn, van geen betekenis, aangezien men het hierbij zonder stikstofbemesting door middel van stal- of kunstmest niet kan stellen.

In de natuur zijn deze planten niet alleen wat hun voeding betreft afhankelijk van de schimmels, ook hun kieming wordt erdoor bepaald. In theorie althans wordt door verschillende onderzoekers aan deze obligate betrekking getwijfeld. BURGEFF (29) en KNUDSON (102) (103) hebben nl. aangetoond, dat in geschikte voedingsbodems de kieming en ontwikkeling van verschillende Orchideeën, o.a. de bekende *Cattleya*, zeer wel mogelijk is zonder medewerking van de schimmelsymbionten, terwijl FREISLEBEN (47) dit aantoonde voor dertien geslachten uit de familie der Ericaceeën, o.a. *Rhododendron maximum* L.. In ongeschikte voedingsbodems, waarin voorkwamen pepton, extract van mout, turf e.d. ontwikkelden deze Ericaceeën zich echter slecht. Deze groeiremming kon door hem worden opgeheven door enting van de cultuurvloeistof met de wortelschimmel of, en dit is het merkwaardige, met een aantal willekeurige bodemschimmels: „Die hier geschilderte starke Wachstumsförderung durch inaktive Pilze überrascht auszerordentlich. Wenn es nach dem Verlauf der Syntheseversuche mit den Endophyten zunächst schien, alsob die Wurzelpilze unentbehrlich seien, also obligate Mykotrophie vorliege, und die Behauptungen Rayners wenigstens in diesem Punkte bestätigt würden, musz diese Ansicht nach dem Resultat der Infektionsversuche mit anderen Pilzen doch erheblich revidiert werden. Die Endophyten sind in Kulturen von *Vaccinium*-Arten völlig entbehrlich, wenn andere, inaktive Pilze vorhanden sind" [FREISLEBEN (46)]. De belangrijke taak van deze organismen bestaat volgens deze recente onderzoekingen van FREISLEBEN uit de inactievering van dergelijke, in ongeschikte voedingsbodems of in de natuur voorkomende

remstoffen: „Die fördernde Wirkung der Pilze auf das Wachstum von Ericaceen beruht infolgedessen nicht auf einer direkten Beeinflussung etwa durch Ausscheidung wachstumsfördernder Stoffe, sondern auf einer Inaktivierung, Zerstörung oder Absorption der Hemmungsstoffe. Es wird angenommen, dasz auch in natürlichen Böden die Wurzelpilze und die Bodenpilze, die als Komponenten einer peritrophen Mykorrhiza auftreten, für die Ericaceen eine ähnliche Bedeutung haben. Die spezifische Bedeutung der Wurzelpilze ist jedoch nicht zu sehen" [FREISLEBEN (47)].

Dat de schimmels in de natuur onmisbaar zijn voor de planten, staat dus wel vast. FUNKE (49) drukt zich aldus uit: „De obligate symbiose van groene Orchideeën met endotrophe mycorrhiza blijkt dus al even twijfelachtig te zijn als die der *Ericaceae*; in theorie tenminste; dat schimmels in de natuur onmisbaar zijn voor hun normale ontwikkeling, staat m.i. vast."

HOOFDSTUK II

RHODODENDRON CATAWBIENSE GRDFL. IN DE CULTUUR

§ 1 CULTUUR

De grootbloemige rhododendrons, welke men kweekt, zijn vrijwel alle bastaarden. Wilde vormen komen in cultuur niet zo veelvuldig voor; het is dus duidelijk, dat men aangewezen is op de verschillende methoden der vegetatieve vermenigvuldiging. Grootbloemige rhododendrons worden afgelegd, veredeld of gestekt. Laatstgenoemde methode wordt zeer weinig toegepast. Zij blijft hier dan ook buiten beschouwing.

A *Afleggen*

Deze wijze van vermenigvuldiging past men voornamelijk toe op de hybriden van *Rhod. catawbiense*. De oorzaak, waarom deze hoofdzakelijk worden afgelegd en andere bastaarden worden veredeld, ligt hierin, dat laatstgenoemde in vergelijking met de *Rhod. catawbiense*-hybriden een geringere vorstresistentie bezitten en vooral in ingelegde toestand, d.w.z. als de takken in de grond gegraven zijn, gemakkelijk bevriezen. In verband hiermede zijn, in tegenstelling met de veredeling, voor het afleggen geen bijzondere hulpmiddelen (zetkas of dubbele bak) nodig, waardoor ook de kleinere, minder kapitaalkrachtige kwekers zich kunnen toeleggen op de rhododendron-cultuur. Bovendien is deze werkwijze eenvoudiger en minder tijdrovend dan het veredelingsbedrijf. Het voordeel, dat men door afleggen wortelechte planten produceert, weegt niet zo zwaar, aangezien veredelde planten door wortelvorming boven de veredelingsplaats op den duur ook wortelecht worden.

Van de moeren worden in Augustus alle takken, die dan driejarig zijn, ingelegd, d.w.z. de eenjarige uiteinden zodanig ingegraven, dat de bladrozetten juist boven de grond uitkomen. De takken wor-

den daarna met een mik vastgezet. Gedurende de eerstvolgende zomer komen slechts weinig wortels tot ontwikkeling, zodat nog een tweede zomer nodig is om een behoorlijk ontwikkeld wortelstelsel te verkrijgen. In de herfst daarop, dus na twee jaren, of in het daarop volgend voorjaar, worden de gewortelde takken, „zinkelingen" genaamd, afgeknipt en uitgepoot. Deze zinkelingen worden verder behandeld als de veredelingen.

B *De veredeling*

Deze wijze van vermenigvuldiging wordt toegepast bij alle hybriden, dus ook bij de *Rhod. catawbiense*-vormen. Het voordeel van deze methode is voornamelijk hierin gelegen, dat de intensiteit der cultuur wordt verhoogd; men is in staat in een kleinere ruimte meer te kweken, doordat men, althans wanneer men beschikt over een warme zetkas, bijna het geheele jaar door met veredelen kan voortgaan, waardoor de pootgoedcapaciteit van het bedrijf sterk wordt vergroot. Voor de veredeling heeft men op z'n minst een dubbele bak nodig en liefst ook een zetkas.

Of *Rhod. catawbiense*-hybriden worden afgelegd dan wel veredeld, zal afhangen van de aard van het bedrijf; kleinere kwekers passen hoofdzakelijk de eerste, grotere kwekers de tweede methode toe.

1 *De onderstam.*

Als onderstam gebruikt men zaailingen van *Rhododendron ponticum* L. of stekken (eventueel zinkelingen) van de hybride „Cunningham's White". Ofschoon de laatste ten opzichte van de eerste verschillende voordelen biedt, zoals de betere vorstresistentie en de meer eenvoudige kweekwijze, geeft men toch aan de eerste de voorkeur, hoofdzakelijk vanwege het feit, dat men deze in veel grotere kwantiteiten kan verkrijgen. Bovendien groeien veredelde Cunningham's White-stekken betrekkelijk snel, met het gevolg, dat de knopvorming van deze veredelingen minder goed is dan bij veredelde *Rhod. ponticum*-zaailingen.

De cultuur van „zetstammen", dat zijn de onderstammen, waarop veredeld wordt, geeft vele moeilijkheden; de zaailingen zijn gevoelig voor allerlei uitwendige invloeden en vereisen dientengevolge zeer veel zorg. Zo zijn zij gevoelig voor nachtvorst; strenge winters

worden nauwelijks met goed gevolg doorstaan; bij felle bestraling door de zon is de kans op verbranden, bij droogte de kans op te sterke verdamping groot.

Het uiterst fijne zaad wordt begin Juni in bakken uitgezaaid in gezeefde, goed doorgevroren bagger- of veenaarde, welke meestal nog bedekt wordt met een laagje turfmolm. Na enkele weken komt het zaad op, doch de zaailingen, die aanvankelijk onder glas blijven, groeien het eerste jaar slechts weinig en vormen drie tot vier kleine bladeren. Pikeren is dan nog niet mogelijk en dus moet men daarmede tot het volgend jaar wachten. Gedurende de winter moeten zij door glas tegen regen-, wind- en vorstschade beschermd worden.

Het pikeren vindt plaats in de maanden Juni en Juli van het volgend jaar, wanneer het eerste schot gevormd is en de plantjes wat groter zijn geworden (3–6 cm). Zij worden daartoe uit de bak genomen, op grootte gesorteerd, zogenaamd „geplozen" en vervolgens in een andere bak (pikeerbak) uitgeplant. Na het pikeren blijft de glasbedekking nog enige tijd gehandhaafd, doch deze wordt verwijderd, zodra de vochtige periode (Augustus) weer is aangebroken. Het tweede schot wordt dus in de pikeerbak gevormd en de plantjes groeien nu uit tot een hoogte van ongeveer 10 cm. De gepikeerde zaailingen overwinteren in de bak en worden het volgend voorjaar voor of na het eerste schot in de volle grond uitgepoot. Ook nu moet de bescherming gehandhaafd blijven; men plaatst er dan gewoonlijk horren over, zodat de jonge planten beschut worden tegen directe bestraling van de zon, plasregens en later tegen de vorst. In het daarop volgend voorjaar, dus het vierde voorjaar, worden zij nogmaals gerooid; de best ontwikkelde planten, waarvan de stammetjes dan ongeveer 1 cm dik zijn, kunnen nu reeds als zetstam gebruikt worden, doch de meeste worden nogmaals voor de tijd van een jaar in de volle grond uitgepoot om tot zetstammen te kunnen uitgroeien.

2 *De veredeling.*

De veredeling kan bijna het gehele jaar door plaats vinden; slechts in de maanden Mei en Juni, dus gedurende de groei van het eerste schot, is veredeling niet mogelijk. Dit wil niet zeggen, dat de veredeling inderdaad ook het gehele jaar door geschiedt. Alleen wanneer de pootgoedbehoefte groot is, gaat men steeds door met

zetten. Doch is de vraag beperkt, dan zet men in die periode, welke daarvoor het meest geschikt is en wel tussen de maanden Januari en Mei. Wil men doorlopend veredelen, dan is een warme zetkas een vereiste; beperkt men het zetten tot het voorjaar (van Maart af), dan kan men met een dubbele bak volstaan.

De behandeling van de zetstammen en de veredelingen is in hoge mate afhankelijk van het jaargetijde. Hoe vroeger men wil veredelen, des te dieper zijn de onderstammen in rust en des te langer (6–8 weken) zal men de zetstammen de gelegenheid moeten geven nieuwe wortels te vormen, om zogenaamd te „voorkiemen". Wil men in het voorjaar zetten, dan zijn de stammen reeds in werking en is het voorkiemen onnodig. Zelfs kan men dan wel op niet gepotte stammen veredelen, mits deze in het najaar opgekuild werden. Waren zij niet gekuild, dan zouden de wortelstelsels bij het opnemen te veel te lijden hebben. Wil men in de zomer zetten, dan pot men in het voorjaar de planten op, voordat de groei is begonnen; een voorkieming van enkele weken is dan reeds voldoende.

Het veredelen zelf geschiedt door middel van „plakken". Doet men dit in de winter of in het voorjaar, dan verwijdert men de top van de onderstam en veredelt men dus hierop („aanplakken"); doet men het in andere jaargetijden, b.v. tussen Juli en December, dan laat men de onderstam intact of snoeit hem hoogstens iets in en zet men terzijde (het eigenlijke „plakken"). Dit laatste is noodzakelijk, omdat de worteldruk niet voldoende is om de sappen naar de plaats der veredeling te voeren. Na de veredeling legt men de plantjes in de bedden van de zetkas; zij komen dan onder dubbel glas, waarbij vooral goed gezorgd moet worden, dat de temperatuur ongeveer 21° C en de ruimte met waterdamp verzadigd is. Men bereikt dit laatste door de turfmolm te voren goed nat te gieten, zodat tijdens het vergroeien niet gegoten behoeft te worden. De duur van de vergroeiing is afhankelijk van het jaargetijde. In de winter is deze 4 à 5 weken, in de zomer 3 à 4 weken. Na die tijd worden de veredelingen nagekeken en de slechte verwijderd. Voordat de goede buiten worden uitgeplant, moeten zij worden gehard. De duur van dit harden hangt weer van het jaargetijde af. Naarmate het voorjaar vordert, wordt de duur van het hardingsproces korter en kan men volstaan met de planten gedurende enkele weken in een dubbele bak te plaatsen. Veredelt men echter vroeger, dan moet men toch met het uitplanten wachten tot April–

Mei en moeten de veredelingen, omdat het temperatuursverschil van kas en buitenlucht te groot is, geleidelijk via middentablet van de warme zetkas, verwarmde bak en koude bak aan de buitentemperatuur wennen.

De tijd van uitplanten is April, in ieder geval voor de groei van het eerste schot. Een uitzondering hierop maken de veredelingen van het late voorjaar en de zomer; deze kunnen wegens het ver gevorderde seizoen geen normaal schot meer vormen en worden daarom gekuild, zogenaamd „opgegrond". Deze gekuilde veredelingen worden pas het volgend voorjaar op maat uitgepoot.

3 *Het opkweken tot leverbare planten.*

De geharde veredelingen worden vóór Mei, voor de tijd van twee jaar, in de volle grond op maat uitgepoot. Gedurende het eerste jaar laat men de planten ongemoeid groeien; in het tweede voorjaar worden de te lange takken zover ingeknipt, dat zij ongeveer even lang worden als de overige. Tegelijkertijd verwijdert men de hoofdknoppen, hetgeen in Juli herhaald wordt. Door dit zogenaamde „pinceren" wordt het uitgroeien der zijknoppen gestimuleerd, waardoor de plant de gewenste vorm krijgt. In het hierop volgende voorjaar, dus twee jaar na de veredeling, worden de planten weer gerooid en opnieuw uitgepoot op met stalmest bemeste grond, thans niet zozeer voor de groei, doch, in verband met de handelswaarde van de plant, voor de vorming van bloemknoppen.

Hoewel de normale periodiciteit van de rhododendron bekend is door de onderzoekingen van Luyten en Versluys (117), is omtrent de beïnvloeding van deze periodiciteit nog weinig met zekerheid bekend. Waarschijnlijk wordt de bloemknopvorming gestimuleerd door de met wortelbeschadiging gepaard gaande verplanting en door de bemesting. Het gunstige effect van de bemesting op de knopvorming van dit oligotrophe gewas wordt waarschijnlijk niet zozeer veroorzaakt door de voedseltoevoer dan wel door de hoge zoutconcentratie in het grondvocht, waardoor de wortelontwikkeling wordt belemmerd en de bloei wordt bevorderd. Op de knopvorming zal ongetwijfeld mede van invloed zijn het klimaat tijdens de vegetatieperiode [Meltzer en Westhoff (129 p. 147)] en de plant zelve. Volgens sommige kwekers is b.v. *Rhododendron catawbiense* Boursault wisselvalliger in knopvorming dan *Rhododendron catawbiense* Grdfl.

Door de redactie van Moller's Deutsche Gärtner Zeitung werden

a *b* *c* *d*

Fig. 2

Bladrandchlorose (fig. 2*b* en 2*c*) en bladmarmering (fig. 2*d*) van *Rhod. catawbiense* „Grandiflorum"
Chlorosis of the leaf margin (fig. 2*b* and 2*c*) and leafmarmoration (fig. 2*d*) of *Rhod. catawbiense* "Grandiflorum"
Blattrandchlorose (Abb. 2*b* und 2*c*) und Blattmarmorierung (Abb. 2*d*) von *Rhod. catawbiense* „Grandiflorum"
Chlorose du contour du limbe (fig. 2*b* et 2*c*) et marbrure des feuilles (fig. 2*d*) du *Rhod. catawbiense* „Grandiflorum"

Fig. 3

Bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl.

hiermede speelt ook het bodemprofiel in de rhododendron-cultuur een belangrijke rol. SILVA TAROUCA (195) en POLLANETZ (160) wezen op de nadelige invloed van ondoorlatende lagen op de ontwikkeling van de rhododendron. Daarom wordt een ondergrond van „darie", een veenachtige, doorlatende substantie, te Boskoop geprefereerd boven een kleihoudende ondergrond. In het eerste geval is men verzekerd van een vlotte waterbeweging in beide richtingen. In het laatste geval neemt men zijn toevlucht tot diepspitten. Het is verder niet onverschillig, op welk tijdstip de grondbewerking plaats heeft. Een snel uitdrogende grond wordt bij voorkeur vroeg, in December, gespit. Gedurende de winter heeft de grond dan nog gelegenheid zich te zetten, waardoor aan de uitdroging in het voorjaar paal en perk wordt gesteld. Voor andere heesters behoeft deze uitdroging geen bezwaar op te leveren, voor rhododendrons echter wel. Op gronden, die door hun slechte structuur het water onvoldoende doorlaten, op zogenaamde „pannerige" grond, maakt men naast andere hulpmiddelen, bij voorkeur gebruik van ruige koemest. Op hoog boven het grondwater liggende cultuurgronden of op die, waarvan de grond door een veelvuldig gebruik van veenaarde te mul is geworden, geeft men de voorkeur aan zuivere koemest. De Amerikaanse maatregelen in de rhododendron-cultuur, bodembedekking met bosstrooisel of riet of het aanbrengen van schaduw door tussenbeplanting met tarwe, beogen eveneens het vochtgehalte van de grond op peil te houden.

In Boskoop steekt men bij droogte in het voorjaar en de zomer, op bepaalde afstanden tussen de planten, bebladerde takken in de grond, vaak echter zonder resultaat. Een schaduwproef in de Boskoopse rhododendron-cultuur lijkt alleszins de moeite waard, gezien de belangrijke financiële schade, die door zonnebrand wordt veroorzaakt. Halfbeschaduwde borders in parken en tuinen, die niet aan uitdrogende winden blootstaan, zijn dan ook geschikt voor beplanting met rhododendrons. De ligging van de grond is dus mede van invloed op de toekomstige gezondheidstoestand van dit gewas. POLLANETZ (159) (160) vermeldt nog enkele cultuurfouten, o.a. het niet eerst losslaan of loswerken en daarna onder water dompelen van de wortelkluiten voor het uitpoten. Vooral op lichtere grondsoorten moet volgens BEAN (11) na het poten de grond flink worden aangetrapt.

Figuur 1 geeft een beeld van de rhododendron-cultuur te Boskoop.

§ 2 DE BLADRANDCHLOROSE

A *Benaming*

De chlorose, een algemeen voorkomend verschijnsel onder de plantenziekten, is reeds meerdere malen in de literatuur beschreven; zij kan het gevolg zijn van zeer verschillende physiologische oorzaken en staat in het buitenland bekend onder de namen Chlorosis [Barnette en Mowry (9)] of Chlorose [Molz (140)], Yellows [Russell (177 p. 105–114)], Bleichsucht, Gelbsucht, Icterus en Cottis [Molz (140)].

In Boskoop zijn verschillende namen voor de bladvergeling van *Rhododendron* in gebruik, waarvan „randziekte" de meest gebruikelijke is, hetgeen erop wijst, dat de chlorose zich hoofdzakelijk in de omgeving van de bladrand voordoet. Daar de „randjesziekte" van verschillende bessoorten, frambozen en appels een geheel andere physiologische oorzaak (kaliumtekort) heeft [Schoevers (184)], leek mij, om verwarring te voorkomen, de naam bladrandchlorose de meest gewenste benaming voor deze rhododendron-ziekte.

In mindere mate doet deze ziekte zich bovengronds voor als een minder opvallende bladmarmering. Uit een mededeling van Grove (65), dat chlorotische bladeren van verschillende *Rhododendron*-hybriden „as white as a sheet" waren, blijkt wel, dat de chlorose van verschillende *Rhododendron*-hybriden geen uniform beeld vertoont.

B *Symptomen*

1 *Boven de grond.*

De éénjarige takken van zieke planten zijn korter en geler dan normaal. Daardoor zijn deze planten gekenmerkt door een min of meer gedrongen habitus. Verder zijn ook de bladeren en bloemen van dergelijke planten kleiner dan die van gezonde planten. Nadere gegevens over de verschillen in afmeting van takken en bladeren tussen gezonde en zieke proefplanten volgen in de hoofdstukken V, VII en X. Verder ontstaat, zoals later zal blijken, door een overmaat van kalk in de grond, een verandering in periodiciteit. De groeiverschijnselen van zieke planten komen ongeveer 2 à 3 weken achteraan. De abnormale bladkleur, reeds op grote afstand zichtbaar, is echter het meest opvallende bovengrondse symptoom van deze rhododendron-ziekte en wordt daarom wat uitvoeriger beschreven dan de andere verschijnselen. Zij was de aanleiding tot dit onderzoek.

In hoofdzaak zijn twee chlorosetypen, de bladrandchlorose en de bladmarmering, te onderscheiden. Vaak komen beide op dezelfde plant voor.

De bladrandchlorose.

Voor de aanduiding van de kleurverschillen werd gebruik gemaakt van de kleurenschaal van Talens te Apeldoorn. Het nummer van de kleurenschaal zal achter de verschillende bladkleuren vermeld worden.

Langs de bladranden en tussen de zijnerven eerste orde tot ongeveer halverwege de hoofdnerf, begint het blad tegen Juli een geelachtig vermiljoengroene verkleuring (1069/5 H.F. no 102) te vertonen. Bij doorvallend licht blijkt deze verkleurde zône bezaaid te zijn met lichte vlekjes. De rest van het mesophyl behoudt de normaal groene kleur (1185/3 no 194) van een gezond blad, ook gedurende het verdere verloop van het verkleuringsproces. Bij volwassen bladeren, in de herfst, zijn de kleurcontrasten scherper geworden. De geelachtig vermiljoengroene kleur is namelijk langzamerhand overgegaan in een cadmiumgele kleur (1069/5 H.F. no 6). Figuren 2*b* en 2*c* geven een beeld van het verschijnsel in dit stadium. Meestal ontwikkelen zich gedurende de wintermaanden aan de bladrand, sienna naturel (1069/5 H.F. no 19) gekleurde necrotische vlekken, die zich aaneen kunnen sluiten tot een verdroogde bladrand. In het volgende voorjaar voelen dergelijke bladeren droog aan; zij zijn zeer breekbaar. Figuur 3 geeft een beeld van het verschijnsel in dit stadium.

De bladmarmering.

De bladmarmering, die o.a. bij de *Azalea indica* Sims. optreedt, wordt door Barnette en Mowry (9) juist gekarakteriseerd en omschreven als een „yellowing of the tissue of the leaves between the veins. The veins remain green". s' Jacob (90) nam dit ziektebeeld bij koffie ook waar in zijn series met hoge fosfaat-, nitraat-, sulfaat- en magnesiumconcentraties. Mes (132) vermeldde nog een geval van bladmarmering bij tabak als gevolg van magnesiumhonger. Hieraan zouden nog meerdere voorbeelden toegevoegd kunnen worden. Een ander verschil tussen bladeren met randchlorose en marmering is verder, dat op eerstgenoemde bladeren zich wel, op laatstgenoemde zich geen necrotische vlekken ontwikkelen. Fig. 2*d* geeft een beeld van de bladmarmering van rhododendron.

veengrond te gelden (hoofdstuk IV). Kalkgevoeligheid van een gewas komt dus ook op deze grondsoort overeen met gevoeligheid van dit gewas voor een te hoge pH van de grond.

In de volgende hoofdstukken zal blijken, dat de door aflegging vermenigvuldigde proefplant de beschreven ziektesymptomen in deze veengrond vertoont bij een pH van de grond boven ongeveer 5,0. Soortgelijke verschijnselen doen zich onder dezelfde omstandigheden voor bij talrijke, hieronder te vermelden; grootbladige *Rhododendron*-hybriden, die alle gezet werden op *Rhod. ponticum* L.. De wortelkluit van een veredelde zetstam bestaat echter niet slechts uit de wortelmassa van *Rhod. ponticum* L., doch is min of meer wortelecht, daar boven de veredelingsplaats in de loop der jaren wortelvorming heeft plaats gevonden. Hieruit volgt dus, dat *Rhod. ponticum* L. en al de hierop gezette hybriden op dezelfde wijze op de pH van de grond reageren als *Rhod. catawbiense* Grdfl. Hierbij moet opgemerkt worden, dat de verschillende hybriden bovengronds verschillend reageren op de kalkovermaat in de grond. In de eerste plaats komt dit tot uiting, wanneer verschillende hybriden op dezelfde grond, met een te hoge pH, zijn uitgepoot. Sommige hybriden b.v. giganteum, behouden bovengronds een vrij normaal uiterlijk, terwijl de hybriden Old Port, Mrs. R. S. Holford, L. L. Liebig en andere de typische bladrandchlorose vertonen. De bekende Pink Pearl daarentegen vertoont onder deze omstandigheden hoofdzakelijk de bladmarmering.

Afgezien van het type chlorose vertonen o.a. de volgende *Rhododendron*-hybriden chlorose op te kalkrijke Boskoopse veengrond: *catawbiense* Grdfl., *catawbiense* Boursault, Pink Pearl, White Pearl, Old Port, Doncaster, Duchess of Edinburgh, Mrs. R. S. Holford, Kate Waterer, Mme Fr. J. Chauvin, Robert W. Wallace, Raoul Millais, Goldsworth Yellow, Ignatius Sargent, King George, Mrs. Betty Robertson, Schiller, Lady Eleanor Cathcart, Firma M. Koster no 371, 450, 294 en 310, L. L. Liebig, Mme de Bruin, Mme Carvalho, Robert Croux, Alexander Adie, Lady Armstrong, Caractacus, John Spencer, Cynthia, Lord Roberts, Britannia, John Walter, Parson's gloriosum, Hugo de Vries, Lady Annette de Trafford, Charles Bagley, Sir Henry Havelock, Lady Clermont, Louis Pasteur.

Uit deze opsomming blijkt, dat vermoedelijk de meeste *Rhododendron*-hybriden kalkmijdend zijn, onverschillig of zij zijn ver-

menigvuldigd door afleggen of door veredeling, aangezien zowel *Rhod. catawbiense-* als andere *Rhododendron*-hybriden in deze lijst vertegenwoordigd zijn.

2 *Voor kalk minder gevoelige of ongevoelige rhododendrons.*

Volgens Giroux (59) zouden alle Ericaceeën, op enkele uitzonderingen na, acidophiel zijn: „*Erica multiflora* L. est une espèce eu-méditerranéenne, que l'on rencontre sur les sols rocailleux et fortement calcaires (18% $CaCO_3$). Ce fait est intéressant à souligner, car *Erica multiflora* L. est une des rares Ericacées veritablement calcicoles." (p. 39 en 74). Deze, door Giroux opgestelde regel voor de familie der Ericaceeën blijkt ook van toepassing te zijn op het geslacht *Rhododendron:* „Nach unsren landläufigen Vorstellungen verlangen die Rhododendron saure Böden. Kalk sehen wir als Gift für sie an. Das trifft auch durchaus zu für die Hybriden und die ihnen zugrunde liegenden Arten, mit denen wir es bisher in der landläufigen Gartenkultur allein zu tun hatten. Dasz diese Anschauung aber nicht in allen Fällen zutrifft, sollte uns schon das *Rhododendron hirsutum* aus den Alpen gelehrt haben. Es ist bekanntlich vorwiegend auf kalkverwitterungsböden der Alpen heimisch, während seine Parallelart, das *R. ferrugineum*, meistens Urgestein besiedelt. Das *Rhododendron hirsutum* kommt noch auf Böden fort mit Reaktionslagen über 7,0 pH-Wert, das *Rhododendron ferrugineum* dagegen kommt nur in sauren Böden vor, deren Reaktion um 1,5 bis 2 Punkte tiefer liegt. Das erklärt uns die häufig zu beobachtende Tatsache, dasz beide Arten in unsren Gärten auf gleichen Böden nebeneinander kaum jemals und nie gleich gut gedeihen wollen," aldus Meyer (136).

Volgens Berg (16) „sind die Rhododendren mit wenigen Ausnahmen wie z.B. *R. hirsutum* und einige aus der *Lapponicum*-Serie, kalkfliehend". Volgens Grove (65) zouden o.a. de volgende, in de Practische Naamlijst van rhododendrons en azalea's (161) opgenomen soorten, die dus min of meer van belang geacht kunnen worden voor de Boskoopse culturen, minder gevoelig zijn voor kalk: *Rhod. Augustini* Hemsl., *ambiguum* Hemsl., *campylognyum* Franch., *decorum* Franch., *haematodes* Franch., *Hanceanum* Hemsl., *micranthum* Turcz., *oreodoxa* Franch. en *rubiginosum* Franch.. Aan Stern (199) ontlenen wij o.a. de volgende, eveneens in de bovenvermelde Naamlijst vermelde soorten: *Rhod. cuneatum* W. W. Smith, *Fargesii* Franch., *sutchuenense* Franch., *rhantum* J. B. Balf. et W. W. Smith, *adenogynum*

DIELS, *ambiguum* HEMSL., *lutescens* FRANCH., *ravum* J. B. BALF. et W. W. SMITH.

Over de mate van kalklievendheid van bovenvermelde soorten tasten wij echter in het duister, aangezien geen dezer auteurs, met uitzondering van MEYER (136) voor *Rhod. hirsutum*, maatstaven hiervoor, b.v. de zuurgraden of de koolzure kalkgehalten der rhizosferen van deze soorten opgaven. Waarschijnlijk hebben de meeste dezer soorten zich eerst op de verweringslaag van basische gesteenten kunnen ontwikkelen, nadat deze laag door kalkuitspoeling min of meer was verzuurd, zoals PALLMANN en HAFFTER (152) dit beschreven voor *R. ferrugineum* L. in de Alpen: „Auf diesen alkalisch reagierenden Muttergesteinen fehlt das Rhodoretum oder findet nur dann ein kümmerliches Gedeihen statt, wenn bei fortgeschrittener Kalkauslaugung die obersten Bodenhorizonte sauer geworden sind und dicke Rohhumusdecken die alkaliempfindlichen Wurzeln von der basischen Unterlage isolieren." In elk geval heeft het toedienen van kalk aan de Boskoopse cultuurgrond voor de teelt van enkele van deze soorten, b.v. *Rhod. hirsutum*, niet steeds aan de verwachtingen beantwoord. In aldus behandelde grond worden vaak ook bij deze soorten dezelfde verschijnselen (bladvergeling en geringe wortelvorming) waargenomen als bij de meer gevoelige soorten. Een eenvoudige pH-trappenproef, op dezelfde wijze opgezet als Proef X, zou ons over het gedrag van deze soorten, die voor kalk minder gevoelig of eventueel kalklievend zijn, kunnen inlichten.

HOOFDSTUK III

METHODEN VAN ONDERZOEK

§ 1 CULTUUR

A *Potproeven*

Bij het overwegen van de doelmatigste uitvoering van deze proeven moest in de eerste plaats rekening worden gehouden met de beschikbare ruimte. Hierdoor was ik niet slechts genoodzaakt met potproeven te werken, die binnen een beperkte ruimte de grootste variatiemogelijkheden bieden, doch bovendien gedwongen, het aantal parallelpotten per object, tot een minimum te beperken. Bij de meeste proeven bedroeg dit aantal vier. In Boskoop gebruikten wij gewone aarden bloempotten van 2,8 liter inhoud, in Wageningen bij proeven II en VI 25 cm lange, 25 cm brede en 25 cm hoge cultuurvaten van wit email, aan de onderzijden voorzien van openingen (zie o.a. fig. 9). Verder moest in verband met andere werkzaamheden rekening worden gehouden met de tijd, die wij voor deze proeven konden besteden, waardoor het over het algemeen niet mogelijk was, het voorschrift van HELLRIEGEL (68 p. 790) (69), het watergehalte van de proefgrond met behulp van een weegschaal constant te houden, op te volgen. De potten werden buiten tot aan de rand in met turfstrooisel gevulde kweekbedden geplaatst, waar de planten waren aangewezen op regenwater, en op gietwater in droge perioden. Slechts bij proef VII werd de grond uit beide series op constant watergehalte gehouden, waardoor het noodzakelijk was de potten van deze proef in een kas te plaatsen. Ook de potten van de proeven II en VI te Wageningen stonden in een dergelijke ruimte.

B *Plantmateriaal*

Het plantmateriaal, dat voor de verschillende proeven gebezigd werd, bestond uit even oude en gelijk ontwikkelde „zinkelingen"

(hoofdstuk II), die door vegetatieve vermeerdering verkregen waren en dus alle tot dezelfde cloon van de oorspronkelijke stamplant behoorden. Om het effect van bepaalde bodembehandelingen op de proefplanten te bespoedigen, werd de oorspronkelijke grond uit de wortelkluiten weggespoeld. De verdere behandeling der planten wordt in de desbetreffende hoofdstukken besproken.

C *Het poten der planten*

Het poten der planten in de potten van elke proefserie geschiedde steeds door denzelfden persoon. Verschillen in dichtheid van de grond en als gevolg hiervan in weerstand, die de wortels bij het in de grond dringen ondervinden [VAN SEELHORST (194)], bleven hierdoor tot een minimum beperkt.

Deze cultuurmethode bleek ruimschoots aan de verwachtingen te beantwoorden. De contrôle-planten vertoonden geen abnormale verschijnselen, terwijl de ontwikkeling der planten uit één object over het algemeen zeer uniform was, zodat de conclusies over bepaalde symptomen met grote mate van zekerheid getrokken konden worden.

§ 2 BLADONDERZOEK

A *Gemiddeld bladoppervlak*

Voor de bepaling van het bladoppervlak werd gebruik gemaakt van een methode, die in het Botanisch Laboratorium te Leiden wordt toegepast. Van minstens 20 rhododendron-bladeren uit elk object werd de gemiddelde lengte en de gemiddelde grootste breedte bepaald. Om beide assen werd op geliniëerd papier met constant gewicht per oppervlakte-eenheid een ellips geconstrueerd en uitgeknipt. Door vergelijking van het gewicht van deze papieren ellips met dat van een uitgeknipt gedeelte van hetzelfde stuk papier, waarvan het oppervlak bekend was, kon het gemiddelde bladoppervlak worden berekend.

B *Chlorophyl-bepaling*

Wij volgden de methode, welke omstreeks 1939 op het Botanisch Laboratorium te Leiden werd toegepast en min of meer als een modificatie van de geijkte methode van WILLSTÄTTER en STOLL is op te

vatten. Vandaar dat de chlorophylbepaling wat uitvoeriger behandeld wordt dan de andere bepalingen, welke volgens de voorschriften der verschillende handboeken werden uitgevoerd.

Bereiding extract der bladeren.

Nadat de bladeren gewogen waren, werden zij in kleine stukjes geknipt. Na toevoeging van een schepje zand en een weinig $CaCO_3$ om de plantenzuren te neutraliseren, werden zij in een mortier stukgewreven. Vervolgens werd de bladmassa uitgetrokken met waterhoudend aceton (85%) en dit extract gefiltreerd. Met deze behandeling werd zo lang doorgegaan, tot het extractiemiddel kleurloos doorliep. Het extract werd in een scheitrechter gegoten en met petroleumaether uitgeschud, waardoor een scheiding optrad in een groene bovenlaag van petroleumaether en een gele, waterhoudende onderlaag van aceton. Een volledige scheiding van chlorophyl en de carotinoïden (carotine en xanthophyl) bewerkstelligt deze werkwijze niet, aangezien carotine ook in petroleumaether oplosbaar is [Benecke-Jost (14 p. 178), Kostytschew (106 p. 105), Wassink (219 p. 355)]. Xanthophyl daarentegen is in petroleumaether onoplosbaar [Kostyschew (106 p. 104)], doch lost op in 85% acetonoplossing. De alcoholgroepen in het xanthophylmolecule bepalen de voorkeur van deze stof voor het waterig milieu [Wassink (219 p. 355)]. Na scheiding van beide verschillend gekleurde vloeistoffen werd de gele vloeistof nogmaals in de scheitrechter met petroleumaether geschud om het restje chlorophyl, dat in de gele vloeistof achtergebleven mocht zijn, op te lossen. Beide groengekleurde vloeistoffen werden bijeengevoegd en gefiltreerd. Het filtraat werd opgevangen in een maatkolfje van 50 cm^3. De laatste restjes chlorophyl op het filtreerpapier werden nogmaals in 85% aceton opgelost en in de scheitrechter met petroleumaether geschud. Deze hoeveelheid petroleumaether met de allerlaatste restjes chlorophyl werd gefiltreerd en het filtraat opgevangen in hetzelfde maatkolfje van 50 cm^3. Na aanvulling tot de streep met petroleumaether was het extract gereed om kwantitatief op bladgroen te worden onderzocht.

Bepaling.

De bepaling van de hoeveelheid bladgroen in 50 cm^3 van de verschillende chlorophyloplossingen in petroleumaether geschiedde

colorimetrisch, d.w.z. uit de kleurintensiteiten van de verschillende chlorophyloplossingen werd het gehalte aan chlorophyl bepaald door vergelijking met een oplossing met bekende chlorophylconcentratie. Volgens de wet van LAMBERT-BEER, de grondwet der colorimetrie, zijn in twee oplossingen met dezelfde kleurintensiteit de concentraties c_1 en c_2 omgekeerd evenredig met de laagdikten l_1 en l_2, dus $c_1 : c_2 = l_2 : l_1$.

De indertijd in het Botanisch Laboratorium te Leiden gebruikte standaardoplossing was een vloeistof (Graufilterlösung), die weer op haar beurt geijkt was met behulp van een zuivere chlorophyloplossing van bekende sterkte, doch in tegenstelling hiermede veel langer houdbaar is. Volgens VAN HERK, hoofdassistent van het Plantenphysiologisch Laboratorium te Amsterdam, liet deze vloeistof evenveel licht door als een zuivere chlorophyloplossing, die per cm^3 79,3 microgram chlorophyl bevatte. De onbekende chlorophylconcentratie (c_2) van de oplossing in microgrammen per cm^3 was uit c_1, l_1 en l_2 te berekenen en dus ook de totale hoeveelheid chlorophyl per 50 cm^3 chlorophylextract. Het aantal mg chlorophyl werd betrokken op een bepaalde hoeveelheid verse bladmassa (100 g). Als doorvallend licht werd gebruik gemaakt van monochromatisch natriumlicht, dat verkregen werd door middel van een geel Lifalichtfilter. Het gemiddeld chlorophylgehalte der bladeren uit de verschillende proefobjecten was het gemiddelde van de chlorophylgehalten van telkens vier bladeren uit elk object. In hoeverre deze methode in kwantitatief opzicht betrouwbaar is en of de wet van LAMBERT-BEER ook voor chlorophyloplossingen geldig is, werd niet verder nagegaan. Het chlorophylgehalte van rhododendron-bladeren, volgens deze methode bepaald, is echter van dezelfde grootteorde als dat der bladeren van andere planten, volgens andere methoden bepaald (Literatuuroverzicht hoofdstuk IX). Hoe dit ook zij, de gevonden cijfers zijn direct met elkaar vergelijkbaar en hiermede was het hoofddoel, de kleurverschillen tussen de bladeren in cijfers uit te drukken, bereikt.

C *Voorbereiding plantmateriaal voor de analyse der elementen*

Het luchtdroge plantmateriaal werd in een kruisslagmolen met motoraandrijving gemalen en verpoeierd tot deeltjes kleiner dan 2 mm. Het gemalen monster werd gedurende 2 uren, op een

papier uitgespreid, aan de lucht blootgesteld, ten einde zogenaamd „luchtdroog" te worden.

D *Vochtgehalte van luchtdroog plantmateriaal*

Dit werd bepaald door het materiaal te drogen tot constant gewicht bij 105° C.

E *Stikstofbepaling*

Deze geschiedde volgens methode KJELDAHL-LAURO, waarvan enkele bijzonderheden beschreven werden door LAURO (109) en TENNANT c.s. (204).

F *Fosfaatbepaling*

Toegepast werd de methode NEUMANN-FLEISCHMANN, door laatstgenoemden onderzoeker (45) beschreven.

G *Asgehalte en assamenstelling*

Voor de bepaling van Ca, Mg, K en Na in de plantenas werd 10 g luchtdroge stof in gloeischaaltjes van bekend gewicht afgewogen, en aanvankelijk zacht boven een paddestoelbrander verhit, tot het materiaal verkoold was, doch daarna gedurende 3 uren sterker boven een Bunsenbrander. Na afkoeling werd aan de as 5 cm^3 sterke alcohol toegevoegd en weer ingedampt en de droogrest weer gegloeid. Dezelfde bewerking werd nog eens herhaald, eerst met 5 cm^3 verzadigde $(NH_4)_2CO_3$-oplossing en toen met 5 cm^3 verzadigde oxaalzuuroplossing en vervolgens het residu tot constant gewicht gegloeid. Hierdoor was het (carbonaat) asgehalte bekend.

H *Calciumbepaling*

Calcium werd, na de acetaatscheiding en de dubbele praecipitatie als calciumoxalaat door titratie met $KMnO_4$-oplossing van bekende sterkte bepaald. Verwezen wordt naar TREADWELL (206 p. 74) en naar KOLTHOFF en SANDELL (104 p. 576).

I *Magnesiumbepaling*

Dit element werd in het filtraat van de calciumbepaling neergeslagen als $MgNH_4PO_4$ en vervolgens door titratie bepaald volgens TRAEDWELL (206 p. 56) en GEDROIZ (52 p. 66).

J *Kaliumbepaling*

Kalium werd bepaald als $KClO_4$ volgens de voorschriften van het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht (133).

K *Natriumbepaling*

Natrium werd in het filtraat van de kaliumbepaling als tripelacetaat van uranyl, magnesium en natrium neergeslagen volgens voorschrift van VAN KAMPEN en WESTENBERG (95).

L *IJzer- en mangaanbepalingen*

Deze bepalingen geschiedden volgens de werkwijze, door SCHOORL (185) met de naam „tastende colorimetrie" aangeduid. IJzer werd bepaald met KCNS, mangaan als MnO_4-ion na oxydatie van mangaan met persulfaat, in beide gevallen volgens de voorschriften van KARSTEN (97).

§ 3 TAKONDERZOEK

A *Gemiddelde lengte*

Deze werd berekend door de lengte te bepalen van totaal twintig takken van vier planten van elk object.

B *Voorbehandeling, asgehalte en assamenstelling*

De voorbehandeling en de bepaling van het asgehalte en de assamenstelling geschiedde op dezelfde wijze als bij de bladeren.

§ 4 WORTELONDERZOEK

Alleen het wortelgewicht werd bepaald.

Daartoe werden de wortelkluiten zo nodig met een hakmes stukgeslagen en de wortelmassa in luchtdroge toestand gezeefd over een plaatzeef met openingen van 2 mm diameter. Practisch alle wortels bleven in de zeef achter. Slechts de haarwortels der planten werden verzameld en gewogen. Het percentage van de haarwortels, dat in het niet zeefbare gedeelte van de grond achterbleef, werd bepaald en als correctie bij het gewicht van de haarwortels uit het zeefbare

gedeelte van de grond opgeteld. Dit percentage bedroeg in de turfstrooiselserie (hoofdstuk VI) gemiddeld 15,7%, in de andere series met cultuurgrond 4%.

§ 5 GRONDONDERZOEK

A *Vochtgehalte van de grond*

Dit werd bepaald door de grond bij 105° C tot constant gewicht te drogen.

B *Organische stof*

Bij alle gebruikelijke bepalingen wordt de organische stof geoxydeerd en dit geoxydeerde materiaal als humus in rekening gebracht. Afhankelijk van de kracht, waarmede de oxydatie wordt ondernomen, is de organische stof de som van humus en nog niet of slechts gedeeltelijk gehumificeerde plantenresten of ander organisch materiaal. Wij pasten de volgende methoden toe:

1 *Gloeiverliesmethode.*

Bij de bepaling van de organische stof volgens de gloeiverliesmethode wordt de grond tot gloeihitte (800 à 900° C) gebracht. Hierdoor verbranden niet slechts alle organische stoffen, doch tevens ontwijkt 6,3% van de afslibbare fractie, dus die fractie, welke kleiner is dan 16 μ [Hissink (75 p. 26), Spithost (197)], dat hierin als gebonden water aanwezig was en niet bij 105° C verdampt. Verder ontleden bij deze hoge temperatuur sommige bestanddelen, b.v. $CaCO_3$, dat echter in deze veengronden niet voorkomt. Op het totale gloeiverlies moet dus een correctie worden aangebracht als gevolg van de gewichtsverliezen, die niet door oxydatie van organische stof worden veroorzaakt. De gehalten aan organische stof zonder nadere aanduiding in de verschillende tabellen, zijn bepaald volgens deze methode door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek te Groningen [De Vries en Dechering (217)].

2 *Methode van* Ischtscherekow.

De methode van Ischtscherekow [Gedroiz (52)] werd toegepast volgens het voorschrift van het Landbouwscheikundig Laboratorium te Wageningen en slechts gebruikt bij het volledig onderzoek

van twee grondmonsters van gronden, waarop de rhododendrons in de cultuur respectievelijk bladeren ontwikkelden met een uitnemende bladkleur en met bladrandchlorose.

Deze onderzoeker past een zwak oxydans toe, nl. aangezuurd 0,1 N $KMnO_4$. Bij toepassing van deze methode wordt verondersteld, dat alleen de eigenlijke humus aangetast wordt. Omdat dit een empirische bepaling is, moet deze nauwkeurig volgens voorschrift worden uitgevoerd, daar de oxydatie met $KMnO_4$ van zeer vele factoren afhankelijk is. Daar de werkmethode slechts geldig is voor de bepaling van het organische stofgehalte van gronden met minder dan 4,5% organische stof, werd in verband met de grote rijkdom van de Boskoopse veengronden aan deze stof (gemiddeld 26% gloeiverlies), in zoverre van het voorschrift afgeweken, dat in plaats van 500 mg grond uitgegaan werd van slechts 150 mg grond.

De som van de percentages water, totale fracties volgens OLMSTED en organische stof volgens ISCHTSCHEREKOW, op luchtdroge grond berekend, naderde hierdoor vrijwel de 100% (tabel VI).

C *Granulaire samenstelling*

De granulaire samenstelling der gronden werd bepaald volgens de spoelmethode van KOPECKY en de pipet-methode van OLMSTED.

1 *Spoelmethode van* KOPECKY.

De granulaire samcnstellingen van de gronden zonder nadere aanduiding in de verschillende tabellen, werden bepaald door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek te Groningen.

2 *Pipetmethode van* OLMSTED c.s. [ROBORGH (169 p. 77, 78)].

Deze methode werd slechts toegepast bij het volledig onderzoek van beide gronden, waarin de organische stof bepaald werd volgens de methode ISCHTSCHEREKOW. De volgende fracties werden bepaald: $> 50\ \mu$, $50–10\ \mu$, $10–5\ \mu$, $5–2\ \mu$ en $< 2\ \mu$.

D *pH*

De bepaling van de zuurgraad van de grond geschiedde electrometrisch, in de Laboratoria van Landbouwscheikunde te Wageningen en van de Vereniging „De Proeftuin" te Boskoop, met de glaselectrode (electrometer van COLEMAN), in het Bedrijfslaboratorium

voor Grondonderzoek te Groningen volgens de chinhydronmethode. Een vergelijking van de pH-waarden van dezelfde standaardmonsters en vloeistoffen, in beide laatstgenoemde laboratoria opgemeten, leverde een bevredigend resultaat op.

Volgens beide methoden wordt van 10 g luchtdroge grond en 50 cm^3 gedestilleerd water een suspensie gemaakt, welke enige malen flink wordt omgeschud en dan een nacht blijft overstaan.

E *Adsorptiecapaciteit of uitwisselend vermogen*

Sedert men weet, dat deze grootheid het best bepaald kan worden door het maken van een eenzijdig Ca-complex, bij een bepaalde pH, werd de grond ook door ons aan een percolatie onderworpen met een $\frac{N}{2}$ Ca-acetaatoplossing van pH = 6,5. Daarna werd uitgewassen met water en tenslotte het calcium met $\frac{N}{10}$ HCl weer verdreven. In het filtraat werd Ca bepaald op de onder § 2 H beschreven wijze, nadat eerst SiO_2 verwijderd was door herhaald indampen met geconcentreerd HCl. De methode, welke toegepast werd, is die, welke door Prillwitz (162) in zijn proefschrift werd gevolgd en die later uitvoerig door Van der Marel (125) in zijn dissertatie werd uitgewerkt. De adsorptiecapaciteit wordt uitgedrukt in milligramaequivalenten (mÆ) per 100 g actief materiaal en is een bepaalde grootheid, afhankelijk van de pH-waarde van het milieu en het kation, waarmede gepercoleerd wordt.

F *De complexbezetting*

Ook deze werd door percolatie met ammoniumacetaat van halve normaliteit en pH = 6,5 bepaald. Wij verwijzen ook hier naar Van der Marel's studie.

In het filtraat werden Ca, Mg, K en Na volgens de gebruikelijke analytische methoden, welke onder § 2 H, I, J en K beschreven werden, bepaald. Het is nodig, er de nadruk op te leggen, dat voor gronden, die als basen overwegend Ca bevatten, de som der basen + de hoeveelheid H gelijk is aan de adsorptie capaciteit volgens E bepaald. Ook hier geldt de volstrekte afhankelijkheid van de pH-waarde van het milieu.

G *Bereiding grondextract voor ijzer- en mangaanbepalingen*

100 g luchtdroge grond werden vermengd met een vijfvoudige hoeveelheid gedestilleerd water. Na goed omschudden werd de suspensie een nacht weggezet. De volgende morgen werd in de suspensie eerst de pH bepaald. Vervolgens werd zij door een membraanfilter afgefiltreerd. De oplossingen der verschillende gronden werden hierna drooggedampt en geoxydeerd met H_2O_2, het residu opgenomen in verdund HCl, deze oplossing gefiltreerd en in het filtraat ijzer en mangaan bepaald volgens de reeds genoemde voorschriften.

H *P-totaal, P-getal, P-citr., K_2O-percentage, mg P_2O_5 en K_2O per 100 g grond volgens methode* NEUBAUER

Deze bepalingen werden verricht in het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek te Groningen.

Voor de methodiek der vier eerste bepalingen zij verwezen naar de „Beschrijving en Toelichting bij het Grondonderzoek, zoals dit in het Bedrijfslaboratorium verricht wordt" (217).

NEUBAUER (143) beschreef de naar hem genoemde methode in „die Keimpflanzenmethode".

§ 6 BEREIDING PERSSAP

Het perssap van bladeren en takken werd verkregen in het Technisch Laboratorium voor Botanie te Delft.

In een granieten steenwals, bestaande uit twee met verschillende snelheden draaiende rollen, werd het materiaal tot een min of meer homogene massa fijngemalen. De groene massa werd vervolgens in een hydraulische pers, omwikkeld met kameelhaarweefsel, tussen twee metalen platen op een platte bak met afvoer, onder 300 atm. druk gebracht.

De perssappen werden zo spoedig mogelijk geanalyseerd.

HOOFDSTUK IV

GRONDONDERZOEK

§ 1 EIGEN ONDERZOEK

Daar de bladrandchlorose een voedingsphysiologisch verschijnsel zou kunnen zijn, werd, om een aanknopingspunt te krijgen, een aantal cultuurgronden, waarin de proefplanten zich hadden ontwikkeld tot respectievelijk gezonde en zieke exemplaren, op verschillende grootheden onderzocht.

De methodiek van deze bepalingen werd in hoofdstuk II aangegeven. In tabel III zijn de resultaten van een gedeelte van dit onderzoek samengevoegd. De cijfers uit kolommen 3, 6, 7, 8 en 9 werden vastgesteld door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek te Groningen, die uit kolom 10 gedeeltelijk door genoemd Laboratorium (grondmonsters 1, 2, 5 en 6), gedeeltelijk door het Landwirtschaftliche Versuchstation Berlin Lichterfelde Süd (grondmonsters 3 en 7). De andere cijfers werden in het Laboratorium van de Vereniging „De Proeftuin" te Boskoop door mijzelf vastgesteld.

Voor de betekenis van de kali- en fosfaatgetallen van de grond volgens NEUBAUER (kolommen 8 en 10) voor de plantengroei in het algemeen, zij naar dezen onderzoeker (143 p. 161) verwezen. De kaligetallen volgens NEUBAUER van de drie goede gronden voor de rhododendron-cultuur zijn respectievelijk middelmatig, middelmatig en laag, van de drie slechte cultuurgronden hoog. Tussen de percentages kali van goede en slechte cultuurgrond (kolom 9) bestaan geen wezenlijke verschillen. Een laag kalipercentage (= 0,021%) kan dus voor een optimale ontwikkeling van rhododendrons reeds als voldoende worden beschouwd. Hieruit volgt, dat de opvatting van JACOBI (89), als zou de bladrandchlorose door kali-„gebrek" bij een kalipercentage = 0,019% worden veroorzaakt, niet waarschijnlijk is. Bovendien zien de kalium-deficiëntieverschijnselen van dit gewas er geheel anders uit, zoals later zal blijken in hoofdstuk VI. De fosfaatgetallen volgens NEUBAUER (kolom 8) van goede cultuur-

TABEL III *Onderzoek van een aantal goede en slechte gronden voor rhododendron-cultuur*

1	2	3				4	5	6	7	8	9	10
		Granulaire samenstelling										
		Zand			Afslibbare fractie							
Grond-monster no	Beoordeeling	Totaal 2000-16 μ %	Grof > 90 μ %	Fijn 90-16 μ %	< 16 μ %	Org. stof %	pH	P-citr.	P-getal (H_2O)	mg P_2O_5 per 100 g grond volgens NEUBAUER	K_2O %	mg K_2O per 100 g grond volgens NEUBAUER
1	goed	49	39	10	26	26,1	4,65	28	0	6,2	0,021	26,7
2	goed	20	9	11	38	42,10	4,20	47	2	5,4	0,025	17,5
3	goed	–	–	–	–	25,61	4,35	–	–	–	–	13,7
4	goed	–	–	–	–	29,53	4,65	–	–	–	–	–
5	slecht	29	19	10	40	31,50	5,35	62	3	16,3	0,021	32,5
6	slecht	27	14	13	48	25,40	5,55	48	1	14,6	0,049	83,8
7	slecht	–	–	–	–	23,52	5,25	–	–	–	–	40,9
8	slecht	–	–	–	–	31,28	5,20	–	–	–	–	–
9	slecht	–	–	–	–	37,35	5,25	–	–	–	–	–

TABEL IV

Bepaling gemiddelde pH van goede Boskoopse cultuurgrond voor rhododendrons

Grondmonster no	pH	[H·]	Grondmonster no	pH	[H·]
10	3,85	$14{,}12 \times 10^{-5}$	19	4,60	$2{,}51 \times 10^{-5}$
11	4,15	$7{,}08 \times 10^{-5}$	20	4,65	$2{,}24 \times 10^{-5}$
12	4,15	$7{,}08 \times 10^{-5}$	21	4,65	$2{,}24 \times 10^{-5}$
13	4,20	$6{,}31 \times 10^{-5}$	22	4,65	$2{,}24 \times 10^{-5}$
14	4,25	$5{,}62 \times 10^{-5}$	23	4,70	$2{,}00 \times 10^{-5}$
15	4,25	$4{,}62 \times 10^{-5}$	24	4,70	$2{,}00 \times 10^{-5}$
16	4,35	$4{,}47 \times 10^{-5}$	25	4,75	$1{,}78 \times 10^{-5}$
17	4,50	$3{,}16 \times 10^{-5}$			
18	4,55	$2{,}82 \times 10^{-5}$	**Gem.**	**4,35**	$\mathbf{4{,}46 \times 10^{-5}}$

TABEL V

Bepaling gemiddelde pH van slechte Boskoopse cultuurgrond voor rhododendrons

Grondmonster no	pH	[H·]	Grondmonster no	pH	[H·]
26	5,00	$1{,}00 \times 10^{-5}$	38	5,35	$0{,}45 \times 10^{-5}$
27	5,05	$0{,}89 \times 10^{-5}$	39	5,35	$0{,}45 \times 10^{-5}$
28	5,10	$0{,}79 \times 10^{-5}$	40	5,35	$0{,}45 \times 10^{-5}$
29	5,10	$0{,}79 \times 10^{-5}$	41	5,35	$0{,}45 \times 10^{-5}$
30	5,10	$0{,}79 \times 10^{-5}$	42	5,40	$0{,}40 \times 10^{-5}$
31	5,10	$0{,}79 \times 10^{-5}$	43	5,40	$0{,}40 \times 10^{-5}$
32	5,20	$0{,}63 \times 10^{-5}$	44	5,45	$0{,}35 \times 10^{-5}$
33	5,20	$0{,}63 \times 10^{-5}$	45	5,50	$0{,}32 \times 10^{-5}$
34	5,25	$0{,}56 \times 10^{-5}$	46	5,52	$0{,}30 \times 10^{-5}$
35	5,25	$0{,}56 \times 10^{-5}$	47	5,60	$0{,}25 \times 10^{-5}$
36	5,25	$0{,}56 \times 10^{-5}$	48	5,75	$0{,}18 \times 10^{-5}$
37	5,35	$0{,}45 \times 10^{-5}$	**Gem.**	**5,27**	$\mathbf{0{,}54 \times 10^{-5}}$

grond zijn middelmatig, van slechte cultuurgrond hoog. Tussen de P- en P-citr.-getallen (kolommen 6 en 7) van goede en slechte cultuurgronden bestaan geen wezenlijke verschillen. De lage P- en P-citr.-getallen van goede cultuurgrond, vooral van no 1, zijn opvallend. Blijkbaar is dus *Rhod. catawbiense* Grdfl. een oligotrooph gewas, dat genoegen neemt met lage concentraties van kalium en fosfaten in het groeisubstraat.

Bij beschouwing van tabel III blijkt, dat de goede en slechte gronden steeds in één opzicht, nl. in zuurgraad, constant van elkaar verschillen. Goede cultuurgronden zijn alle zuurder dan slechte

cultuurgronden. Daar het aantal waarnemingen (9) betrekkelijk gering was, werd nog in meer grondmonsters van goede en slechte cultuurgronden de pH bepaald. De resultaten van dit onderzoek werden samengevoegd in tabellen IV en V. De gemiddelde pH van goede en slechte grond werd indirect berekend uit de gemiddelde waterstofionenconcentratie. Uit dit nader onderzoek kan de conclusie worden getrokken, dat de zuurgraad van goede Boskoopse cultuurgrond voor rhododendrons gemiddeld ruim acht malen hoger is dan van slechte cultuurgrond $\left(\frac{4.46 \times 10^{-5}}{0.54 \times 10^{-5}} = 8{,}3\right)$.

Een verdere uitbreiding van het onderzoek van een goede en een slechte cultuurgrond, waarvan de resultaten werden samengevoegd in tabel VI, toont het volgende aan:

Een eventueel verband tussen de organische stof van de grond en de bladrandchlorose kan in elk geval niet van kwantitatieve aard zijn, aangezien juist de slechte cultuurgrond rijker is aan organische stof. Ook de granulaire samenstelling en de adsorptiecapaciteit van de grond bieden geen duidelijke aanknopingspunten. Wel wijzen wij er op, dat de slechte cultuurgrond fijner is en een grotere adsorptie-capaciteit bezit dan de goede cultuurgrond. Dit zou kunnen wijzen op een slechtere waterhuishouding van de slechte cultuurgrond. Hiertegenover staat echter, dat deze grond een hoger gehalte aan organische stof bezit, zoals reeds eerder werd opgemerkt.

Voor de berekening van de hoeveelheid actief materiaal werd aangenomen, dat het adsorptievermogen van organische stof 4,5 maal groter is dan van de fractie $< 2\,\mu$ [Hissink (74 p. 237) (75 p. 15)]. Per 25 g luchtdroge goede cultuurgrond is dus aanwezig $0{,}25 \times 27{,}25 = 6{,}81$ g actief materiaal in de vorm van fractie $< 2\,\mu$ en in de vorm van organische stof $0{,}25 \times 13{,}20 \times 4{,}5 = 14{,}85$ g. De totale hoeveelheid actief materiaal per 25 g luchtdroge cultuurgrond bedraagt dus 21,66 g. Deze hoeveelheid luchtdroge cultuurgrond (21,66 g actief materiaal) bleek bij pH = 6,5 in totaal 11,86 mÆ Ca te kunnen binden of per 100 g actief materiaal 54,7 mÆ Ca. Uit de hoeveelheid calcium, die de slechte cultuurgrond bij pH = 6,5 kan binden (18,13 mÆ Ca per 25 g luchtdroge grond), is op soortgelijke wijze te berekenen, dat de adsorptiecapaciteit van deze grond bij pH = 6,5 67,8 mÆ bedraagt. Tussen beide typemonsters bestaat dus verschil in adsorptiecapaciteit. Het verschil

TABEL VI *Onderzoek van een goede en een slechte cultuurgrond voor rhododendrons*

Beoordeeling	% luchtdroog								Adsorptie capaciteit per 100 g actief materiaal bij pH = 6,5 in mÆ	Complexbezetting per 100 g actief materiaal					pH
	Vocht geh. bij 105° C	Org. stof (ISCHT-SCHEREKOW)	Fracties volgens OLMSTED							mÆ Ca	mÆ Mg	mÆ K	mÆ Na	Som	
			Totaal	> 50 μ	50-10 μ	10-5 μ	5-2 μ	< 2 μ							
Goed . . .	6,85	13,20	79,95	37,81	9,24	2,95	2,70	27,25	54,7	10,7	1,9	1,0	1,5	15,1	3,98
Slecht . . .	9,28	16,60	74,12	20,12	15,45	2,67	3,60	32,28	67,8	39,1	4,8	0,7	1,6	46,2	5,20

TABEL VII *Oplosbaarheid van Fe en Mn bij verschillende pH*

Grondmonster van	Behandeling slechte cultuurgrond	pH grond	mg Fe per 100 g luchtdroge grond		mg Mn per 100 g luchtdroge grond
			H_2O extract	$\frac{n}{20}$ HCl extract	H_2O extract
Goede cultuurgrond	–	3,98	0,67	2,30	0,60
Slechte „	4 S	4,70	0,25	10,50	0,14
„ „	4 $Al_2(SO_4)_3$	4,75	0,44	1,10	0,69
„ „	4 $FeSO_4$	4,90	0,25	1,25	0,02
„ „	1 S	5,10	0,13	0,25	0,23
„ „	1 $Al_2(SO_4)_3$	5,10	0,31	1,63	0,14
„ „	1 $FeSO_4$	5,18	0,40	3,50	0,40
„ „	–	5,20	0,66	1,30	0,56

tussen de hoeveelheden adsorptief gebonden basen, die deze beide gronden blijken te bevatten, is echter nog groter, waaruit weer volgt, dat het adsorptiecomplex van de slechte cultuurgrond minder H-ionen bevat dan dat van goede cultuurgrond, een verschil, dat van principieele betekenis voor de diagnose van deze rhododendron-ziekte is. Verder blijkt uit dit onderzoek, dat de hogere pH van de slechte cultuurgrond in de eerste plaats wordt veroorzaakt door een hogere calciumverzadiging van het adsorptiecomplex, een verband, dat in de meeste cultuurgronden wordt aangetroffen.

Daar het niet uitgesloten was, dat door de hogere pH van de slechte cultuurgrond het ijzer en mangaan min of meer onoplosbaar worden en als gevolg hiervan de bladrandchlorose ontstaat, evenals de mangaanchlorose van soja door bekalking van de grond ontstaat [MANN (124)], werden vervolgens de oplosbaarheidscurven voor ijzer en mangaan bij verschillende pH-waarden bepaald.

De gehalten aan oplosbaar Fe en Mn werden bepaald in goede cultuurgrond en in op verschillende wijzen behandelde slechte cultuurgrond van proef VIII. De resultaten van dit onderzoek zijn samengevoegd in tabel VII. Hierin zijn de gronden gerangschikt volgens toenemende pH.

Wij stelden vast, dat de oplosbaarheid van ijzer in verband met de pH van de suspensie niet op een bepaald verloop wijst. Wel blijkt hieruit, dat ofschoon ijzer bij een pH = 6,5 neerslaat, dit in de grond niet het geval is en bij hogere pH waarschijnlijk als ijzerhumaat in oplossing blijft.

De onderzoekingen van MANN (124) wijzen in dezelfde richting. Door dit onderzoek is in elk geval gebleken, dat bij pH's, waarbij de proefplant bladrandchlorose vertoont, ijzer in oplossing blijft. Dit verschijnsel kan dus niet zijn ontstaan door een ijzertekort in de grond. Het bestrijken van chlorotische bladeren met een verdunde ferrosulfaatoplossing, dat bij verschillende gewassen, o.a. bij ananas [MAC GEORGE (119)], lupine [PARSCHE (154)] en druif [MANN (140)] met succes werd toegepast, leverde bij *Rhod. catawbiense* Grdfl. niet het minste resultaat op. Hierop komen wij nog in hoofdstuk VII terug. De bladrandchlorose kan dus ook niet als gevolg van een ijzertekort in de plant zijn ontstaan. Bovendien ligt de pH van het perssap van zieke bladeren (pH = 5,25) beneden het praecipitatiepunt (pH = 6,5) van ijzer, waarvoor naar hoofdstuk IX wordt verwezen.

Ook de oplosbaarheid van Mn, in verband met de pH van het milieu, wijst niet op een bepaald verloop van een curve, hetgeen in tegenstelling is met de onderzoekingen van MANN (124). Ook in gronden met een pH = 5,2, konden wij aanzienlijke hoeveelheden oplosbaar Mn aantonen, terwijl bij deze pH *Rhod. catawbiense* Grdfl. sterke bladrandchlorose vertoont. Dit verschijnsel kan dus niet zijn ontstaan door een mangaantekort in de bodemoplossing. Daar het bestrijken van chlorotische bladeren met een verdunde mangaansulfaatoplossing (hoofdstuk VII) evenmin resultaten opleverde, kan genoemd verschijnsel dus ook niet als gevolg van een mangaantekort in de plant zijn ontstaan.

§ 2 SLOTOPMERKINGEN

De resultaten van de onderzoekingen, welke in dit hoofdstuk beschreven werden, kunnen nu als volgt samengevat worden:

1 *Rhod. catawbiense* Grdfl. met uitnemend gekleurde bladeren ontwikkelt zich slechts in zeer zure grond (pH < 5,0).
2 In basenrijkere gronden met pH-waarden hoger dan 5,0 ontwikkelen zich rhododendrons, die aan bladrandchlorose lijden.
3 De pH van de onderzochte Boskoopse veengronden, waarop de rhododendron-cultuur wordt bedreven, variëert tussen 3,85 en 5,75.
4 De gemiddelde waterstofionenconcentratie (cH of [H·]) van goede cultuurgrond voor *Rhod. catawbiense* Grdfl. is ruim acht malen hoger dan die van slechte cultuurgrond.

5 De hogere pH van deze veengronden is evenals bij bijna alle gronden het gevolg van een hogere calciumverzadiging van het adsorptiecomplex.

6 Bovengenoemd gewas is oligotrooph; het neemt genoegen met o.a. lage tot middelmatige concentraties van kalium en fosfaten in het groeisubstraat.

7 IJzer en mangaan blijven in organisch milieu bij een pH = 5,0 en hoger in oplossing.

8 Het is niet waarschijnlijk, dat de bladrandchlorose door een tekort aan ijzer of mangaan in bodem of plant ontstaat.

HOOFDSTUK V

DE INVLOED VAN DE Ca-H-VERHOUDING IN HET ADSORPTIECOMPLEX OP DE ONTWIKKELING VAN *RHOD. CATAWBIENSE* GRDFL.

§ 1 LITERATUUROVERZICHT

Wat is nu de oorzaak van het verschijnsel, dat sommige zgn. kalkmijdende planten (calcifuges, kalkfeindliche oder kalkscheue, kieselstete oder kieselholde Pflanzen) bij voorkeur op kalkarme grond en andere zgn. kalkminnende planten (calcicoles or chalk plants, kalkliebende, kalkstete oder kalkholde Pflanzen) op kalkrijke grond groeien?

LINK (1789) was de eerste, die op de kalkschuwheid van sommige gewassen wees. De literatuur over dit onderwerp tot 1836 werd verzameld door UNGER, tot 1854 door SENDTNER en tot 1919 door EHRENBERG (40).

Als gevolg van UNGER's waarnemingen ontstond reeds in de negentiende eeuw tussen verschillende onderzoekers verschil van mening, of deze voorkeur het gevolg was van physische dan wel van chemische bodemeigenschappen. Volgens de hypothese van KRAUS (108 p. 61–65), die haar weg gevonden heeft in verschillende handboeken [ARISZ (2 p. 472), BENECKE-JOST (14 p. 165) en RUSSELL (177 p. 596)], zouden kalkminnende planten op kalkrijke grond groeien als gevolg van de voorkeur van deze planten voor bepaalde physische eigenschappen van de grond, die hiermede samenhangen, b.v. goede aeratietoestand, hoge temperatuur en matig tot gering vochtgehalte. Om dezelfde redenen maakt WHERRY (222) onderscheid tussen de termen calciphile en calcicole: „The terms calciphile (lime lover) and calcicole (lime grower) are often applied to this class of plants. Since plants may grow in calcareous habitats for various other reason than love of lime, the latter term is the preferable one; but neither is really necessary". Hieruit volgt dus, dat het verschijnsel van deze bepaalde voorkeur gecompliceerder was dan men aan-

vankelijk vermoedde. Bovendien bleek de betere ontwikkeling van kalkminnende en kalkmijdende planten in respectievelijk kalkrijke en kalkarme grond geen constante eigenschap van de meeste van deze planten te zijn, doch door het klimaat, mededinging van andere planten in de strijd om het bestaan, waarop o.a. BENECKE-JOST (14 p. 166) en RUSSELL (177 p. 594) wezen, en andere factoren beïnvloed te worden. Volgens RUSSELL (177 p. 549) maken *Calluna* en *Rhododendron* hierop een uitzondering: „Some are always calcifugous, e.g. Calluna and Rhododendrons; in general, however, neither the calcicolous nor the calcifugous habits are constant properties of the plant, but are affected by climate or other external conditions, and particularly by the competition of other plants."

Over de oorzaak van de kalkschuwheid van verschillende gewassen bestaan uiteenlopende meningen: „Es wird der Pflanzengeographie nicht leicht sein, eine generelle Erklärung für die Kalkempfindlichkeit zu finden," aldus BOAS en MERKENSCHLAGER (19 p. 66). Zelfs voor een bepaald gewas, b.v. lupine, zijn verschillende auteurs het niet met elkaar eens, of de schadelijke werking uitgaat van:

1 Een te hoge OH-ionenconcentratie [MEVIUS (135)].
2 Een te hoge Ca-concentratie [BOAS en MERKENSCHLAGER (19), REINCKE (168)].
3 Een combinatie van te hoge Ca- en OH-ionenconcentraties, in de terminologie van PFEIFFER en BLANCK (156) een combinatie van respectievelijk „Kalkwirkung" en „Karbonatwirkung".

In latere jaren wijst s' JACOB (90 p. 18) op de fout, dat de directe werking van een verhoogde Ca-concentratie op de plant en de indirecte werking op de samenstelling van de voedingsoplossing bij de oudere onderzoekingen niet voldoende uit elkaar werden gehouden. Onder bepaalde omstandigheden is het moeilijk de verschillende oorzaken uit elkaar te houden. Volgens RUSSELL (177 p. 535) zijn hoge Ca- en OH-ionenconcentraties „so closely interwoven that it is not possible in field conditions to distinguish between them." (Zie hoofdstuk IV).

De volgende auteurs zijn van mening, dat de schadelijke werking van kalkrijke grond op bepaalde gewassen uitgaat van de OH-ionen o.a. bij *Sphagnum* [MEVIUS (134), PAUL (155)], *Pinus Pinaster*, *Sarothamnus scoparius* en *Lupinus* [MEVIUS (134)]. In een latere publicatie

wordt de gevoeligheid van deze gewassen voor OH-ionen nader door MEVIUS (135) toegelicht. De slechte groei van *Pinus Pinaster* in een groeisubstraat met hoge pH is volgens dezen onderzoeker het gevolg van:

1 Een verminderde ijzeropname.
2 Een giftwerking van alkalizouten, die bij een hoge pH-waarde niet door Ca kan worden opgeheven (wel bij lage pH).

Naar aanleiding van zijn proeven merkt hij op: „Es trat also bei stark sauerer Reaktion (pH 4,8–5,0) trotz sehr starker Ca-Gaben bei allen drei Lupinearten, falls die Temperatur nicht zu niedrig war, niemals Kalkchlorose auf." In „Pflanzenphysiologie" van BENECKE-JOST (14) wordt eveneens de mening verkondigd, dat de kalkgevoeligheid van gewassen in de eerste plaats op een specifieke gevoeligheid voor OH-ionen berust. De verminderde K-, Fe- en Mg-opname, die onder deze omstandigheden vaak door verschillende onderzoekers werd vastgesteld, zou op een secundaire werking van calcium berusten. Dezelfde mening is KOSTYTSCHEW (106 p. 283) toegedaan: „Die schädliche Wirkung von Calciumcarbonat ist einzig und allein auf die alkalische Reaktion dieses Salzes zurückzuführen."

De volgende auteurs zijn daarentegen van mening, dat de schadelijke werking van kalkrijke grond op kalkmijdende gewassen in eerste instantie van calcium uitgaat [BOAS en MERKENSCHLAGER (19), REINCKE (168), WILLIS en CARRERO (225)]. Volgens TRUOG (207) wordt de kalkbehoefte van een plant bepaald door:

1 Het kalkgehalte van de plant.
2 De groeisnelheid.
3 Het vermogen van de plant om kalk uit de grond op te nemen („the feeding power of the plant for lime"), hetgeen weer bepaald wordt door:

a De ontwikkeling van het wortelstelsel.
b De aard van het wortelstelsel (fijn of grof).
c De zuurgraad der wortelcellen.
d De mate van koolzuurafscheiding.

Beïnvloed door deze hypothese, verklaart o.a. RAYNER (163) de kalkschuwheid van *Calluna vulgaris* HULL. op de volgende wijze: „The presence of abundant calcium oxalate in the tissues of Calluna

correlated with the growth of the plant in soils deficient in lime salts, indicates that „the feeding power of the plant for lime" is very high and this is supported by the character of the root system and also by observations on the sensitiveness of the roots to concentration of salts." Verderop merkt zij op: „It may well be that the power of satisfying the necessary lime requirement upon acid soils involves disabilities which unfit the species for growth in calcareous soils." Bij *Lupinus* en *Calluna* is „the determining factor probably not preference for acidity but intolerance of calcium", aldus RUSSELL (177 p. 546).

Deze tweede groep onderzoekers zijn van mening, dat kalkmijdende planten, juist door hun aanpassing aan kalkarme grond, naar verhouding veel calcium uit het groeisubstraat opnemen, waardoor zij op kalkrijke grond te veel calcium opnemen, terwijl parallel hiermede de opname van verschillende, doch niet steeds dezelfde voedingselementen, wordt belemmerd als gevolg van de concurrerende werking van calcium bij de zoutabsorptie. Deze hypothese werd in de loop der jaren door talrijke vergelijkende analysen van gezond en ziek plantenmateriaal bevestigd. Hoewel uit deze vergelijkende analysen blijkt, dat door het kalkmijdende gewas niet één, doch vaak meer elementen in mindere mate worden opgenomen, legden verschillende onderzoekers min of meer de nadruk op de verminderde opname van een bepaald element. Enkele voorbeelden hiervan mogen hier volgen.

Door LOEW (113) werd de gevoeligheid van een gewas voor kalk in verband gebracht met een verminderde magnesiumabsorptie.

EHRENBERG (40) legt meer de nadruk op zijn kalk-kaliwet, als hij schrijft: „Durch Verstärkung der Kalkaufnahme leidet die Kaliversorgung der Pflanze und damit ihre ganze Entwicklung." Hij geeft echter zelf toe, dat „eine ungünstige Wirkung erhöhter Kalkzufuhr zu den Pflanzen nicht selten auch noch in anderer Weise als nur nach dem Kalk-Kaligesetz" verklaard moet worden en dat deze wet slechts „eine Seite der ebenso wichtigen wie bislang zumeist unbekannten Kalkwirkungen" voorstelt. „Allerdings bin ich hier auch völlig der Ansicht PFEIFFERS, dass wir die Erklärung der Kalkfeindlichkeit nach dieser Richtung nur zum Teil erreichen," aldus EHRENBERG op p. 107.

HANNSTEEN-CRANNER (67) stelt niet alleen vast, dat de kalium-, doch ook de wateropname door een te hoge Ca-concentratie van de

voedingsoplossing wordt verhinderd. Dat echter de verminderde kaliumopname der gewassen zeker niet als algemene oorzaak van de kalkschuwheid kan worden beschouwd, blijkt o.a. uit de analysen van PFEIFFER en BLANCK (156) bij gele lupine. Door bekalking van de grond steeg zelfs het kaliumgehalte van de zieke gele lupineplanten (Tabel I p. 203). Bovendien toonden GREGORY, RICHARDS en SHIH aan, dat de kalk-kaliwet van EHRENBERG niet voor natronrijke gronden geldt [RUSSELL (177 p. 118, 119)].

Talrijk zijn de onderzoekers, die de ziektesymptomen van verschillende kalkmijdende gewassen, o.a. lupine, wijten aan:

1 Een verminderde ijzeropname [MEVIUS (135), SCHMALFUSS (182), SCHOLZ (186)], of

2 Een verminderde werkzaamheid van het ijzer in de plant [BOAS en MERKENSCHLAGER (19), INGALLS en SHIVE (85), MAC GEORGE (119), PARSCHE (154) en WILLIS en CARRERO (225)].

WILLIS en CARRERO (225) zijn van mening, dat de verschillende vatbaarheid van gewassen voor „ijzerchlorose" op verschil in CO_2-afscheiding der wortels berust. De intensiteit van deze chlorose zou bepaald worden door het evenwicht tussen de factoren, die het ijzer in de grond onoplosbaar maken en de oplossende werking van CO_2, dat door de wortels wordt afgescheiden. Volgens MEVIUS (134) echter is deze hypothese niet in overeenstemming met de feiten. Wortels van sommige als kalklievend bekend staande gewassen, blijken juist weinig zuren of CO_2 af te scheiden en die van sommige kalkschuwe gewassen juist veel.

Andere auteurs wijzen weer op de verminderde mangaan-absorptie in kalkrijke grond. MANN (124) b.v. beschreef een geval van mangaantekort bij soja door bekalking van de grond. De ijzerabsorptie daarentegen werd door deze behandeling niet beïnvloed. BORTELS [vgl. SCHARRER en SCHROPP (180)] is zelfs van mening, dat de manganophilie van sommige gewassen de oorzaak is van hun kalkschuwheid. Kalkplanten zouden weinig mangaan nodig hebben en worden op zure grond spoedig door mangaan „vergiftigd". Aan de andere kant zouden acidophiele gewassen op kalkrijke gronden hun mangaanbehoefte niet kunnen dekken.

Door andere onderzoekers, o.a. PFEIFFER en BLANCK (156) en VON WRANGELL [vgl. s' JACOB (90)] wordt weer een verminderde fosfaat-

opname geheel of gedeeltelijk als oorzaak van de kalkgevoeligheid van planten beschouwd.

De verminderde stikstofabsorptie van rhododendron in kalkrijke grond is de oorzaak van de bladrandchlorose (hoofdstukken VI en IX). Toch kan ook de „kalkchlorose" van gewassen niet onder alle omstandigheden in verband worden gebracht met stikstofhonger. Bij de chlorose van lupine b.v., als gevolg van het gebruik van de physiologisch alkalische zouten kaliumnitraat en calciumnitraat, kwam volgens PFEIFFER en BLANCK (156 p. 224) „ein Stickstoffmangel auch nach Ausweis der Analyseergebnisse sicherlich nicht in Frage". Vergeleken met normale planten, hadden de chlorotische lupineplanten een hoger N-, Ca- en K-gehalte, doch een lager PO_4- en Fe-gehalte (tabel 5 p. 222). Een soortgelijk geval beschreef MAC HARGUE (120). De door hem gekweekte chlorotische erwtenplanten, die aan mangaanhonger leden, bezaten eveneens een hoger stikstofgehalte dan hun gezonde soortgenoten. Een typisch voorbeeld van magnesiumhonger bij gelijkblijvend N-gehalte van *Pinus silvestris* beschreef BECKER DILLINGEN (13).

Uit bovenstaande beschouwingen blijkt, dat de term „kalkchlorose" voor de chlorotische verschijnselen van gewassen op kalkrijke grond als een verzamelbegrip moet opgevat worden en slechts de indirecte aanleiding van deze verschijnselen aanduidt. Behalve in chlorose uit zich de kalkovermaat in de bodem aan de planten „nicht in Bleichsucht, sondern in Wachstumsdepressionen bei dunklerem Grün, als die Norm war" [MERKENSCHLAGER (130 Tafel V)].

In tegenstelling nu met de kalkmijdende gewassen wordt de zoutabsorptie van kalkminnende planten in belangrijk mindere mate door calcium beïnvloed [EHRENBERG (40 p. 81), PFEIFFER en BLANCK (156 p. 228)]. De schadelijke invloed van een zure reactie op deze planten wordt niet zozeer veroorzaakt door deze reactie, „sondern weil die für einen normalen Permeabilitätszustand erforderlichen Ionen nicht in ausreichender Menge zur Verfügung stehen; denn ich konnte die kalkliebende *Onobrychis* in Gegenwart von Kalzium noch bei pH = 4,1 mit normalen Wurzeln ziehen," aldus MEVIUS (135 p. 249).

Volgens de derde en laatste groep auteurs tenslotte wordt de „giftigheid" van kalkrijke grond op kalkmijdende gewassen veroorzaakt door een combinatie van te hoge Ca- en OH-ionenconcentraties. Deze mening wordt o.a. gedeeld door PFEIFFER en BLANCK

Fig. 5
Rhododendron-plant uit object 1 van proef I (18 April 1938)

Fig. 6
Rhododendron-plant uit object 8 van proef I (18 Apr. 1938)
Rhododendronplant from object 8 of Exp. I (18 Apr. 1938)
Rhododendronpflanze aus Objekt 8, Versuch I (18 Apr. '38)
Plante de Rhododendron de l'objet 8, 1° exp. (le 18 avril '38)

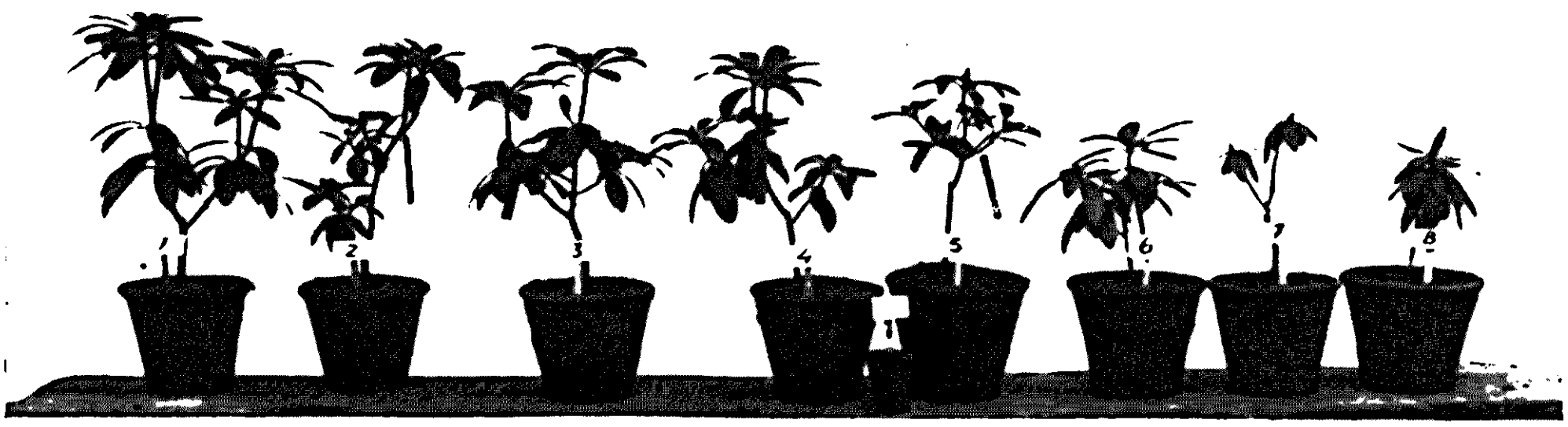


Fig. 7

Groeiverschillen tussen rhododendrons van links naar rechts uit de objecten 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 en 8 van proef I na twee vegetatieperioden (21 April 1939)

Differences in growth between Rhododendrons from left to right from the objects 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 of Exp. I after two vegetationperiods (21 April 1939)

Wachstumsunterschiede zwischen Rhododendren von links nach rechts aus den Objekten 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 von Versuch I nach zwei Vegetationsperioden (21 April 1939)

Différences de croissance entre des Rhododendrons de gauche à droite des objets 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 du premier expériment après deux periodes de végétation (le 21 avril 1939)

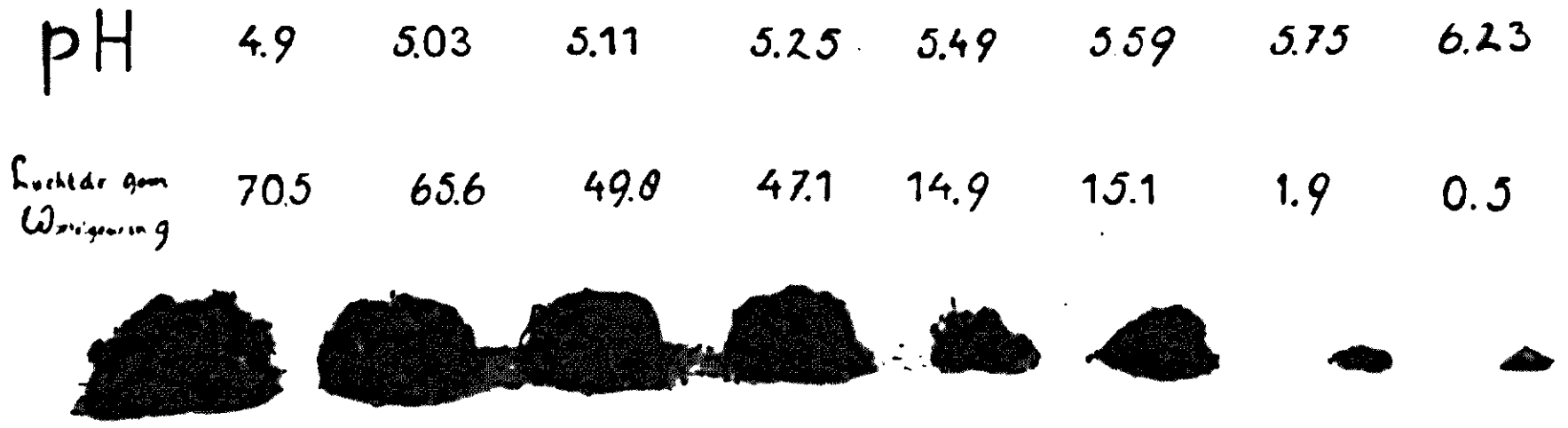


Fig. 8

Verschillen in wortelontwikkeling tussen rhododendrons van links naar rechts uit de objecten 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 en 8 van proef I na drie vegetatieperioden (September 1939)

Differences in rootformation between Rhododendrons from left to right from the objects 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 of Exp. I after three vegetationperiods (Sept. 1939)

Unterschiede in Wurzelbildung zwischen Rhododendren von links nach rechts aus den Objekten 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 von Versuch I nach drei Vegetationsperioden (Sept. 1939)

Différences en radification entre Rhododendrons de gauche à droite des objets 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 du premier expériment après trois periodes de végétation (Sept. 1939)

(156): „Die Kalkempfindlichkeit der Lupinen ist zum Teil auf eine Kalkwirkung, eine Überschwimmung mit aufnehmbaren Kalkverbindungen zurückzuführen, sei es dasz indirekt die Aufnahme von anderen unentbehrlichen Nährstoffen behindert wird, sei es dasz es sich um eine direkte Giftwirkung handelt."

De Silva toonde aan „that in the South of England, the distribution of the calcifuges generally follows the soil reaction, while that of the calcicoles is more closely connected with the amount of exchangeable calcium in the soil: calcicoles will grow on acid soils if sufficient exchangeable calcium is present, while calcifuges will tolerate exchangeable calcium so long as the soil reaction is acid," aldus Russell (177 p. 595). Deze waarneming kan door middel van de bekende Ca-H-concurrentie, waarvan o.a. Mevius (135) en Aslander (3) enkele voorbeelden geven, worden verklaard. In een minder zure grond zullen kalkmijdende planten minder calcium verdragen, waarschijnlijk omdat door de geringe H-ionenconcentratie een te sterke Ca-opname niet kan worden verhinderd.

Uit dit literatuuroverzicht blijkt wel, dat het niet mogelijk is, een algemene verklaring voor de kalkschuwheid van verschillende gewassen te geven. In hoofdstuk VII hebben wij een poging gewaagd, hierop meer licht te laten schijnen.

§ 2 EIGEN ONDERZOEK

Proef I (1937).

Om de resultaten van het oriënterend grondonderzoek experimenteel te bevestigen, werd in deze proef nagegaan, in welke mate groei en samenstelling van *Rhod. catawbiense* Grdfl. beïnvloed worden door variaties in pH van de grond.

De proefgrond, uitstekende grond voor rhododendron-cultuur, had de samenstelling van tabel VIII. Ter verkrijging van 8 pH-trappen, werden op 28 April 1937 aan deze grond verschillende hoeveelheden koolzure kalk toegediend. De toegevoegde hoeveelheden met de

TABEL VIII *Samenstelling proefgrond van proef I*

pH	Organische stof (gloeiverlies) %	Afslibbare fractie <16 μ %	Zand		
			Totaal 2000–16 μ %	Grof >90 μ %	Fijn 90–16 μ %
4,75	23,5	31	45	36	9

TABEL IX *Behandeling proefgrond van proef I met de bereikte resultaten*

Object	mg $CaCO_3$ per kg droge grond (105° C)	pH (1939)	Object	mg $CaCO_3$ per kg droge grond (105° C)	pH (1939)
1	0	4,90	5	5500	5,49
2	500	5,03	6	7000	5,59
3	2150	5,11	7	12260	5,75
4	3900	5,25	8	24120	6,23

bereikte pH-waarden, na afloop van vegetatieperiode 1939, zijn samengevoegd in tabel IX.

Het aantal parallelpotten bedroeg vier per object. Op 3 Mei 1937 werden in alle potten uit deze proefserie nagenoeg even grote éénjarige rhododendron-zinkelingen met uitgespoelde wortels geplant en daarna tot de randen in met turfstrooisel gevulde kweekbedden buiten geplaatst (fig. 4 achtergrond, t.o. blz. 25). Wat hun watervoorziening betreft, waren de planten afhankelijk van de neerslag, en in droge perioden van gietwater (slootwater). Een algemene bemesting met één A.S.F.-tablet (5 g) 15 : 20 : 25 ($N : P_2O_5 : K_2O$) per pot, werd toegepast op 5 Mei 1937 en in de voorjaren 1938 en 1939.

Reeds na afloop van de eerste vegetatieperiode waren duidelijke verschillen ontstaan tussen de planten uit de verschillende objecten, wat bladkleur en bladafmeting betreft. De rhododendrons uit object 1 hadden grote, donkergroene bladeren gevormd (fig. 5), die uit object 8 kleine, lichtgroen gemarmerde bladeren (fig. 6). Beide opnamen dateren van 18 April 1938. Een jaar later, op 20 April 1939, werden van de planten uit elk der acht objecten de gemiddelden bepaald van: grootste hoogte, lengte der in 1938 gevormde takken en lengte, grootste breedte en bladoppervlak der in 1938 gevormde bladeren. In de herfst werden, nadat de bladeren der planten uit objecten 1 en 8 geoogst waren, de gemiddelde wortelgewichten bepaald. De resultaten van deze bepalingen zijn samengevoegd in tabel X. Een aanschouwelijke voorstelling van de groeiverschillen tussen de planten uit de acht objecten geven fig. 7 en 8.

Uit de onderlinge vergelijking der getallen van tabel X is de conclusie te trekken, dat de beste ontwikkeling van rhododendrons, zowel boven- als ondergronds, heeft plaats gehad in objecten 1 en 2 en dat deze ontwikkeling in de volgende objecten gaandeweg afneemt. De beste bladkleur vertoonden de planten uit objecten 1, 2 en 3.

De bladeren der planten uit objecten 4, 5 en 6 waren egaal lichtgroen, die der planten uit object 7 en 8 chlorotisch. De sterke daling van het wortelgewicht der planten bij pH = 5,49 is opvallend.

In de herfst van 1939 werden de bladeren der planten uit objecten 1 en 8 te Wageningen geanalyseerd. De resultaten van dit onderzoek werden vastgelegd in tabel XI.

Uit de cijfers van tabel XI blijkt, dat de planten uit object 8 in verhouding meer calcium, doch minder N, PO_4, K en Mg opnemen. Uit de proeven III en IV en uit het onderzoek van bladmateriaal uit de cultuur zal blijken, waardoor de bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl., het gevolg van de verhoogde calciumopname, wordt veroorzaakt.

TABEL X *Uitkomsten van pH-trappenproef I*

Object	Gemiddelde grootste hoogte in cm [1])	Gemiddelde luchtdroog wortelgewicht in g	Gemiddelde lengte takken (1938) in cm	Bladeren		
				Gemiddelde lengte in cm	Gemiddelde grootste breedte in cm	Gemiddelde bladopp. in cm^2
1	39,0 ± 2,0	70,5 ± 5,9	8,2 ± 1,4	7,4 ± 0,5	3,0 ± 0,2	16,7
2	34,5 ± 3,0	65,6 ± 5,1	7,5 ± 0,6	6,5 ± 0,3	2,9 ± 0,2	15,4
3	31,5 ± 2,5	49,8 ± 4,6	6,5 ± 1,1	7,0 ± 0,3	2,9 ± 0,1	15,8
4	31,0 ± 1,8	47,1 ± 4,8	6,0 ± 0,4	6,5 ± 0,3	2,8 ± 0,1	13,9
5	27,0 ± 2,1	14,9 ± 1,4	3,3 ± 0,6	5,5 ± 0,3	2,4 ± 0,3	9,4
6	22,0 ± 1,5	15,1 ± 4,5	2,4 ± 0,6	5,0 ± 0,4	2,4 ± 0,1	8,1
7	20,5 ± 1,6	1,9 ± 0,2	1,0 ± 0,1	4,5 ± 0,3	1,7 ± 0,1	5,9
8	19,0 ± 1,3	0,5 ± 0,1	1,1 ± 0,4	3,9 ± 0,02	1,9 ± 0,1	5,3

[1]) Voor de bepaling van de middelbare fout werd gebruik gemaakt van de formule:

$$mf = \pm \sqrt{\frac{E\,v^2}{n\,(n-1)}}$$

Middelbare fout van het verschil:

$$mf\,V = \sqrt{mf_1^2 + mf_2^2}$$

TABEL XI

Object	Per 100 g droge stof					
	As %	mÆ K	mÆ Ca	mÆ Mg	mMol PO_4	mMol N
1	3,6	14,4	40,2	23,1	2,33	124,1
8	4,1	13,4	58,3	18,5	1,34	102,8

Proef II (1939).

Om de invloed van verschillende Ca:H-verhoudingen in het adsorptiecomplex op de groei van *Rhod. catawbiense* Grdfl. te bepalen, werd de door Hudig en Schuffelen (191) uitgewerkte dusariet-methode toegepast. Het bezwaar van voedingsexperimenten in zand- en waterculturen is immers, dat men met kationen altijd anionen toevoegt. Bij verandering van de verhouding tussen bepaalde kationen verandert men derhalve automatisch de verhouding tussen de anionen. Om deze complicatie te vermijden, kwamen genoemde onderzoekers op het idee, de kationen geadsorbeerd aan een of ander colloïd aan het groeisubstraat toe te voegen, waardoor zij in staat waren, de kationenverhoudingen in het groeisubstraat willekeurig te veranderen bij onveranderde anionenvoorziening der planten. Proeven met klei gaven moeilijkheden door het dichtslibben van de grond bij ongelijke verdeling van het colloïd in het zand. Vooral het fijne Na- en Mg-materiaal gedroeg zich slecht. Ook permutieten waren om dezelfde reden moeilijk te gebruiken. Het uit steenkool bereide dusariet mist deze eigenschap. De eenzijdige adsorptieverbindingen (Ca-, K-, H-dusarieten) zijn zeer gemakkelijk te bereiden. Zij zijn moeilijk dispergeerbaar, staan aan water practisch niets af en zijn ook in het experiment onveranderbaar gebleken, daar zij niets van hun adsorptievermogen inboeten. Uitvoerige onderzoekingen met klei en humusverbindingen en dusarieten, in het Landbouwscheikundig Laboratorium te Wageningen genomen, toonden aan, dat om adsorptiecomplexen met gevariëerde kationenbezetting te bereiden, het niet noodzakelijk was, met gemengde oplossingen te percoleren. Een mengsel van diverse eenzijdige complexen gedraagt zich ten opzichte van de plantengroei als een veelzijdig complex.

Dit betekende een belangrijke vereenvoudiging van de methodiek. Dusariet bezit bij pH = 6,5 een uitwisselend vermogen van 2 mÆ per gram, d.w.z. deze stof bezit een adsorptiecapaciteit, die vier malen groter is dan die van klei.

De cultuurvaten van wit email (zie o.a. fig. 9), aan de onderzijden voorzien van openingen voor de doorlopende voedingsoplossingen, werden gevuld met een mengsel van 14 kg zand en 600 g dusariet-mengsel (= 4,3%) met acht verschillende Ca:H-verhoudingen (zie tabel XII). De aldus ontstane kunstmatige gronden kunnen derhalve vergeleken worden met zandgronden met $4 \times 4{,}3 = 17{,}2\%$ actief kleimateriaal. Het PO_4-ion werd als $Ca_3(PO_4)_2$ (3,6 g) door het

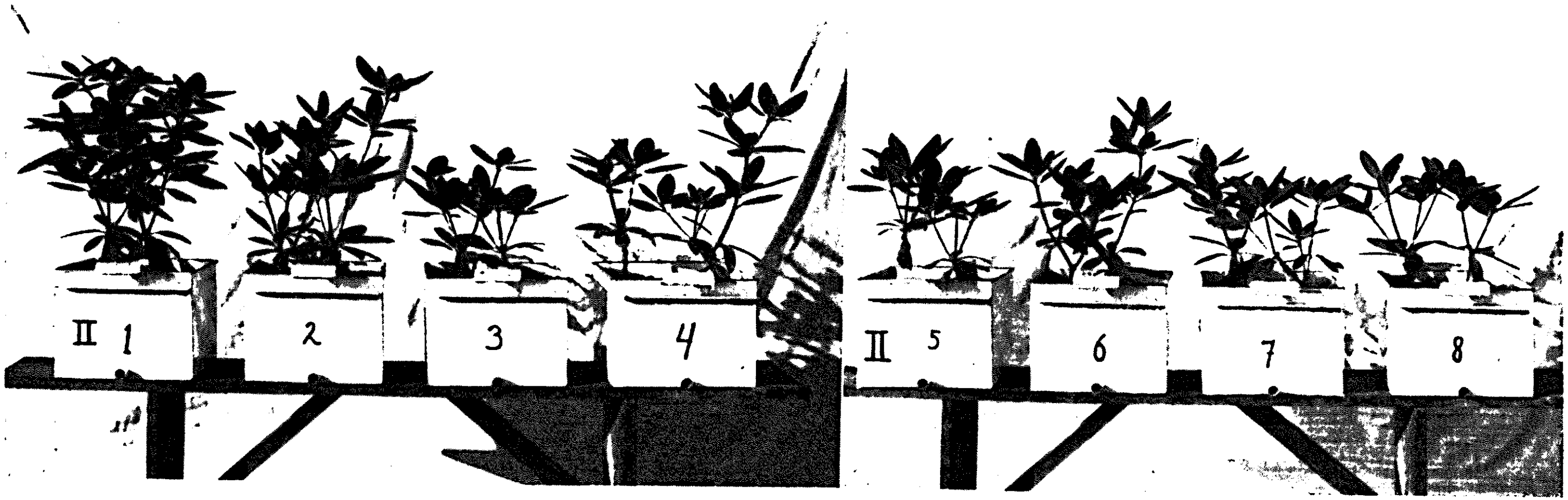


Fig. 9
Groeiverschillen tussen rhododendrons van links naar rechts uit de objecten 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 en 8 van proef II na één vegetatieperiode

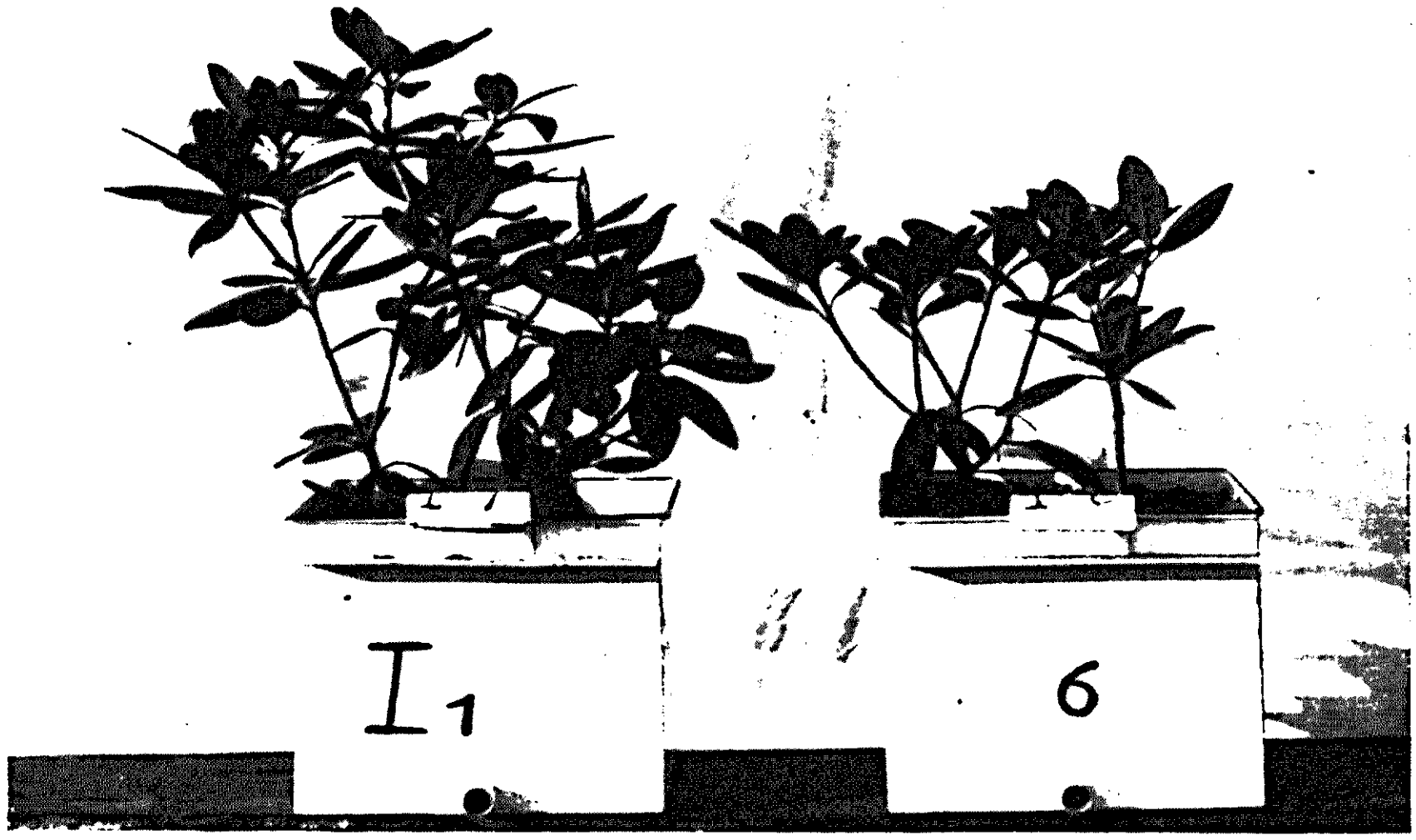


Fig. 10
Groeiverschillen tussen rhododendrons: links uit object 1 (pH = 2,62), rechts uit object 6 (pH = 5,32) van serie I van proef II na één vegetatieperiode

Fig. 11
Groeiverschillen tussen rhododendrons: links uit object 1 (pH = 2,62), rechts uit object 7 (pH = 5,76) van serie II van proef II na één vegetatieperiode

Fig. 12
Wortelvorming van rhododendron in object 1 (pH = 2,62) van serie I van proef II

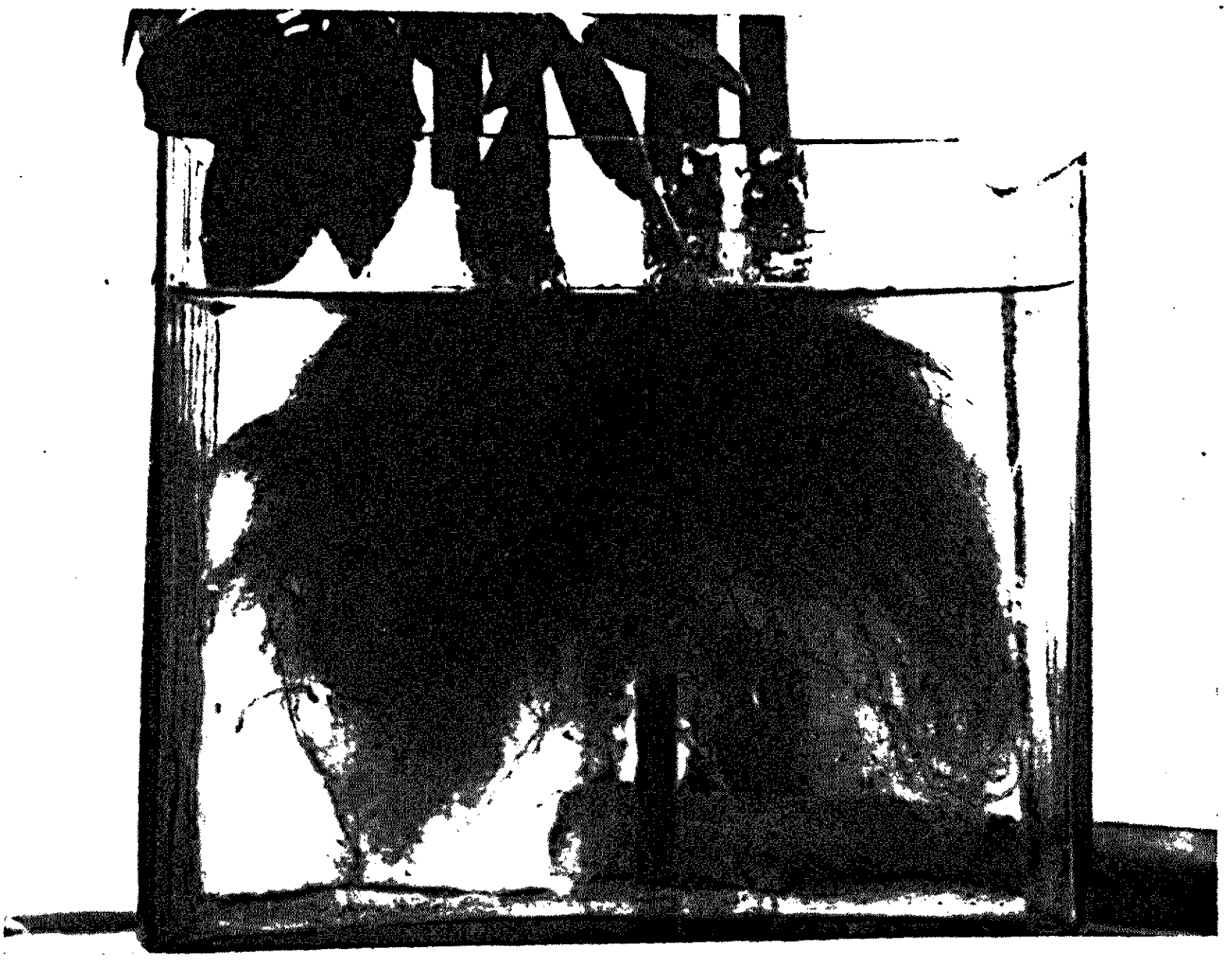


Fig. 13
Wortelvorming van rhododendron in object 1 (pH = 2,62) van serie I van proef II

Fig. 14
Wortelvorming van rhododendron in object 6 (pH = 5,32) van serie I van proef II

Fig. 15
Wortelvorming van rhododendron in object 1 (pH = 2,62) van serie II van proef II

TABEL XII

Ontstaan der verschillende pH-trappen van series I en II van proef II als gevolg van gevariëerde Ca:H-verhoudingen in het adsorptiecomplex en $CaCO_3$-toediening

Object	Gewenste pH	Gevonden pH in dus. mengsels	g $Ca_3(PO_4)_2$	g $CaCO_3$	Na	K	Mg	Ca	H	Verdere behandeling	
					dusariet in g					serie I	serie II
1	3,0	2,62	3,6	–	30	48	36	186	300	15 mg N/L + sporenelementen	25 mg N/L + sporenelementen
2	4,0	3,89	3,6	–	30	48	36	286	200		
3	4,5	4,48	3,6	–	30	48	36	336	150		
4	4,8	4,77	3,6	–	30	48	36	361	125		
5	5,0	5,10	3,6	–	30	48	36	386	100		
6	5,3	5,32	3,6	–	30	48	36	411	75		
7	5,5	5,76	3,6	–	30	48	36	436	50		
8	7,5	6,50	3,6	20	30	48	36	486	–		

zanddusarietmengsel vermengd en stikstof als NH_4NO_3 tezamen met sulfaten van enkele sporenelementen (Mn, Zn, B en Cu) in opgeloste toestand door middel van glazen druppelaars op de grond gedruppeld. Fe- en SO_4-ionen werden geleverd door het dusariet zelf. De fout, die gemaakt werd door Ca behalve als Ca-dusariet ook als $Ca_3(PO_4)_2$ en $CaCO_3$ (object 8) te geven, is gering, aangezien bij normale complexbezetting Ca verre overheerst.

In elk cultuurvat werden op 25 April 1939 twee rhododendronzinkelingen gepoot. Af- en aanvoer van de voedingsoplossingen hadden dus plaats door middel van het „drain- and dripsystem [Ingalis en Shive (85)]. De aanvoersnelheid werd zo geregeld, dat per dag door elk cultuurvat ongeveer 0,5 liter voedingsoplossing liep.

Serie I bestond uit acht objecten met acht verschillende Ca:H-verhoudingen in het adsorptiecomplex. De concentratie van de ammoniumnitraatoplossing bedroeg aanvankelijk 5 mg N per liter. Daar de kleur der bladeren van alle planten uit deze serie half Juni te wensen overliet, werd de concentratie opgevoerd tot 15 mg N per liter. Per liter ammoniumnitraatoplossing werd 0,5 cm^3 van een sporenelementoplossing van de volgende samenstelling, op 1 liter betrokken, toegevoegd:

1,69 g H_3BO_3
1,69 „ $MnSO_4$ 7 aq
1,69 „ $ZnSO_4$ 7 aq
0,211 „ $CuSO_4$ 5 aq

Serie II bestond eveneens uit acht objecten met dezelfde acht Ca-H-verhoudingen in het adsorptiecomplex. Slechts de stikstofvoeding der planten uit deze serie verschilde van die der planten uit serie I. Aanvankelijk bedroeg de concentratie van de ammoniumnitraatoplossing 15 mg, van 22 Juni af 25 mg N per liter.

De wijze, waarop de verschillende pH-trappen in de acht objecten van serie I en II tot stand kwamen als gevolg van de gevariëerde Ca-H-verhoudingen, de $CaCO_3$ toediening en de verdere behandeling van de groeisubstraten zijn samengevoegd in tabel XII.

Het verschil in ontwikkeling tussen de planten der verschillende objecten van serie I en II was opmerkelijk (fig. 9, 10 en 11). In de groeisubstraten met complexen, die in verhouding minder Ca en meer H bevatten, waren zowel de loof- als wortelontwikkeling uitgesproken beter dan in die met complexen, welke meer Ca en minder H bevatten. De vaten 1 en 2 uit beide series waren het best doorworteld. Hoe meer Ca en hoe minder H het adsorptiecomplex bevatte, hoe minder de beworteling werd. In de objecten 5, 6, 7 en 8 met een pH = 5,1 en hoger vormde *Rhod. Catawbiense* Grdfl. vrijwel geen wortels meer. Het verschil in wortelvorming van *Rhod. Catawbiense* Grdfl. bij pH = 2,62 en 5,32 werd vastgelegd in de figuren 12, 13 en 14.

De planten uit de verschillende objecten verschilden ook sterk in bladkleur. In grote trekken kwam het hierop neer, dat de planten uit objecten 5, 6, 7 en 8 bladeren hadden gevormd, die bladmarmering en bladrandchlorose vertoonden, in tegenstelling met de planten uit objecten 1, 2 ,3 en 4, die donkergroene bladeren hadden geproduceerd.

In vergelijking met de planten uit serie I (met weinig N) hadden de planten uit serie II (met veel N) een minder sterk ontwikkeld wortelstelsel (vergelijk figuren 12 en 15), doch een betere bovengrondse ontwikkeling (vergelijk figuren 10 en 11). Deze veranderde verhouding tussen loof- en wortelontwikkeling van *Rhod. catawbiense* Grdfl. bij gevariëerde N-voeding is volkomen in overeenstemming met hetgeen door andere auteurs bij verschillende gewassen, o.a. door s' Jacob (90) bij koffie werd vastgesteld.

§ 3 SLOTOPMERKINGEN

Wij menen naar aanleiding van deze proeven op de volgende punten de aandacht te moeten vestigen:

1 De beste bovengrondse ontwikkeling en wortelvorming vertoont *Rhod. catawbiense* Grdfl. in een grond met een in verhouding aan H-rijk en aan Ca-arm adsorptiecomplex met een pH $< 5{,}1$.
Bij een pH van de grond van 5,1 en hoger oefent calcium in toenemende mate een schadelijke invloed uit op de ontwikkeling van dit gewas, dat onder deze omstandigheden gekenmerkt is door bladeren met bladrandchlorose of bladmarmering en een slecht wortelstelsel.
2 Een overmatige stikstofvoeding oefent een nadelige invloed uit op de wortelvorming van bovengenoemd gewas.
3 De uitkomsten van het grondonderzoek (hoofdstuk IV) worden door deze beide experimenten volkomen bevestigd.

HOOFDSTUK VI

DEFICIËNTIEVERSCHIJNSELEN

§ 1 LITERATUUR OVERZICHT

Slechts in bepaalde, voor elke plantensoort min of meer specifieke, zogenaamde gebalanceerde voedingsoplossingen, waarin de onderlinge verhouding der ionen aan de gestelde eisen voldoet, kan een plant zich optimaal ontwikkelen. Daar de plant de ionen zowel aan de bodemoplossing als direct aan de grond kan onttrekken door middel van contactuitwisseling [JENNY en OVERSTREET (93)], is haar ontwikkeling afhankelijk van de samenstelling van de bodemoplossing en vaste bodemdeeltjes. Tussen de verschillende bodemcomponenten onderling en tussen bodem en plant bestaan nauwe betrekkingen, die door de bekende tentfiguur van HUDIG (82) worden weergegeven. Een verstoring van de ionenevenwichten, welke van fundamentele betekenis voor de plantengroei zijn, heeft ernstige gevolgen. Bij een tekort of een overmaat aan één of meerdere noodzakelijke voedingselementen in de rhizospheer vertonen de planten respectievelijk bepaalde deficiëntie- en surplusverschijnselen. In dit hoofdstuk moge iets verder worden ingegaan op eerstgenoemde verschijnselen, in het volgende op de surplusverschijnselen.

Wij achten het noodzakelijk, vooraf een beschouwing in te lassen over de verschijnselen, die in de literatuur vaak ten onrechte „gebrekverschijnselen" worden genoemd. Wanneer een plant gebrek lijdt aan de nodige elementaire voedingsstoffen, treden typische verschijnselen op, die een belangrijke diagnostische waarde kunnen bezitten. Deze behoeven allerminst gebrekverschijnselen te zijn, zodra men het systeem grond-plant in het oog vat. Het woord „gebrek" heeft een tweeledige betekenis: het wordt gebruikt in kwantitatieve- en in kwalitatieve zin. Beide betekenissen vinden hun oorsprong in het werkwoord ontbreken. Vaak ontbreekt het element, waaraan een plant tekort heeft, in bovengenoemd systeem niet, doch kan door bijzondere omstandigheden, b.v. door een te hoge

concentratie van andere elementen, in onvoldoende mate worden opgenomen als gevolg van de ionenconcurrentie, waarop wij verderop terugkomen. In de praktijk komt een ontbreken in absolute zin, zelden of nooit voor. Van de plant uit gezien, kan men daarom beter spreken van een tekort of honger, dan van gebrek. De Engelsen gebruiken hiervoor het woord „deficiency", terwijl in de medische wetenschap het begrip „deficiëntie" in gebruik is. Door de landbouwscheikundige onderzoekingen, welke het systeem grond-plant in het oog houden, evenals dit in ons onderzoek steeds het geval is geweest, werd het duidelijk, dat overmaatsverhoudingen deficiënties of honger kunnen teweegbrengen. Wij verwijzen naar de onderzoekingen van HUDIG (83) en SCHUFFELEN (191), waarbij sterke deficiënties aan sommige voedingselementen ontstonden bij concentratieverhoging van andere voedingsionen en die wederom verdwenen, wanneer gezorgd werd voor de juiste verhoudingen van de voedingsionen onderling. Zoals gezegd, komt in de praktijk een totaal ontbreken van stikstof, fosfaat, kalium of kalk in de grond vrijwel nooit voor. Afgezien van de juistere benaming, is het nodig, deze begripsaanduiding scherp te stellen, omdat de term „gebrek" mogelijk tot misverstanden aanleiding geeft, b.v. tot bemestingen, die niet alleen overbodig, doch zelfs schadelijk zijn, omdat men hierdoor het gevaar loopt, de noodzakelijke verhouding der voedingsionen opnieuw te verstoren. Bij de elkaar tegenwerkende of beconcurrerende K- en Mg-ionen b.v. is dit beslist het geval. Dit overbiedingssysteem leidt tot oneconomische bemestingen [HUDIG (83)]. Zo kan in de gewraakte terminologie „kaliumgebrek" magnesiumovermaat en „magnesiumgebrek" kaliumovermaat zijn. Noemt men dit gecompliceerde verschijnsel honger, dan is men dichter bij de waarheid. Immers, de honger kan ook pathologisch zijn, wat zelfs bij de hoogste meststofgiften, waarbij van gebrek in het geheel geen sprake meer is, het geval kan wezen [HUDIG (81)]. Wanneer men eenmaal beseft, dat de plantenvoeding door de ionenverhoudingen beheerst wordt en niet door de kwantitatieve aanwezigheid der ionen onafhankelijk van elkaar, is het goed, dit besef door een goede terminologie levendig te houden.

Met deze opvatting in overeenstemming is, dat volgens VOLK en TIEMANN (216) stikstofhongerverschijnselen overeenkomen met die, welke ontstaan, wanneer de planten een overmaat aan kaliumzouten of fosfaten ontvangen.

In de 4e regel van boven leze men Landbouwkundig gezien, i.p.v. Van de plant uit gezien,.

Daar in dit hoofdstuk beschreven wordt, op welke wijze *Rhod. catawbiense* Grdfl. reageert op onthouding van K, PO_4, Mg en N aan het groeisubstraat, interesseren ons de verschijnselen, die zich bij andere gewassen onder soortgelijke omstandigheden voordoen. Alle deficiëntieverschijnselen zijn gekenmerkt door groeidepressies, die zich echter op verschillende wijzen kunnen uiten. Bij stikstof- en fosfaathonger zijn b.v. de verschijnselen eerder zichtbaar doch minder acuut dan bij kaliumtekort [Gregory en Richards (64), Nightingale c.s. (149) en Wilfarth en Wimmer (224)]. Het bleek, dat een tekort aan een bepaald element niet bij alle planten, zelfs niet van dezelfde familie, dezelfde verschijnselen te voorschijn roept [Klinkowski (99)]. Elke plantensoort bezit een specifiek reactievermogen.

Een andere complicatie is, dat verschillende symptomen niet specifiek voor een bepaalde oorzaak zijn. Hier volgen enkele voorbeelden.

De donkergroene bladkleur van verschillende planten, lijdende aan kalium- [Van Schreven (187)] en fosfaathonger [Merkenschlager (131)], heeft als secundair verschijnsel voor de diagnostiek geen betekenis. Volgens Klinkowski (99) treedt dit verschijnsel als gevolg van kaliumtekort op bij de Solanaceeën, doch ontbreekt b.v. bij de Leguminosen, die chlorotisch worden. Naast de door Merkenschlager (131) beschreven sterkere chlorophylvorming („Hyperchlorophyllierung") van b.v. bladeren van *Quercus*, die aan fosfaathonger lijden, beschrijft Vogel (215) enkele gevallen van anthocyaanvorming bij o.a. sla, tomaat, roos, *Hydrangea*, aster en phlox, en lichtere bladkleur („Hypochlorophyllierung") bij o.a. andijvie, dahlia en rode bes door fosfaattekort. Wilfarth en Wimmer (224) toonden aan, dat het stikstofgehalte van dergelijke, onder K- en PO_4-honger gevormde donkergroene bladeren van tabak hoger was dan normaal: „Die Blätter sind, da sie unter dem Einflusz des Stickstoffüberschusses stehen, dunkelgrün gefärbt. Bei Phosphorsäuremangel erhalten dagegen die Blätter oft fast blaugrüne Färbung, gemäss dem gröszeren oder kleineren Stickstoffüberschuss, unter dem sie sich entwickeln." Van Schreven (187) stelde tenslotte vast, dat de bladkleur van aardappelplanten, die een tekort hebben zowel aan stikstof als aan fosfor (serie K), lichter was dan die van planten, die uitsluitend lijden aan fosfaathonger (serie KN). Het zal dus van de stikstofrijkdom van het groeisubstraat en

van het vermogen van de planten, om de stikstofverbindingen hieruit op te nemen, afhangen, hoe de bladkleur bij kalium- en fosfaathonger uitvalt.

De bladrol is evenmin een specifiek verschijnsel. Het hangt volgens MERKENSCHLAGER (131) en SCHROPP (189) samen met een verstoorde waterhuishouding in de plant. Dit ombuigen is volgens MERKENSCHLAGER (130) het gevolg van spanningsverschillen tussen boven- en onderzijden der bladeren. Het zijn normale verschijnselen, die pathologisch worden, indien door bepaalde oorzaken deze toestand gefixeerd wordt. Zij treden veelvuldig op door kaliumhonger. ECKSTEIN, BRUNO en TURRENTINE (39) vermelden in hun boek op p. 12 een groot aantal gevallen. Verder treedt bladrol op bij magnesiumhonger van tabak [MES (132)], bij calciumhonger van tabak [MAC MURTREY (122)] en van koffie [s' JACOB (90)], bij fosfaathonger van gerst [GREGORY en RICHARDS (64)], bij mangaanhonger van rogge, haver en maïs [SCHARRER en SCHROPP (180)], bij chloorvergiftiging van de aardappelplant [SCHROPP (189)], bij zuurvergiftiging van de aardappel en tomatenplant [ROTHMALER (176)], kortom als gevolg van verschillende oorzaken.

De bladmarmering, een typische bladtekening van donkergroene nerven op lichtgroen bladmoes, een vorm van chlorose, komt zowel bij een tekort als een surplus van verschillende elementen voor, zoals trouwens wel te verwachten was naar aanleiding van het vooraf behandelde. In hoofdstuk II werden hier enkele voorbeelden van gegeven.

De afwijkingen van de normale bladvorm, de bladanomalieën, zijn ook allerminst specifiek voor een tekort aan een bepaald element. Zij komen voor bij *Phaseolus multifloris* door fosfaathonger [MERKENSCHLAGER (130)], bij de sojaboon door kaliumhonger [ECKSTEIN c.s. (39)], bij verschillende andere planten door stikstof- en fosfaathonger [VOLK en TIEMANN (216)].

Anthocyaanvorming tenslotte is evenmin karakteristiek voor fosfaathonger [MERKENSCHLAGER (131)] als voor stikstofhonger [VOLK en TIEMANN (216)]. Volgens MERKENSCHLAGER (130 Tafeln 2 u. 3) doet dit verschijnsel zich ook voor bij gerst als gevolg van een te zure reactie van het groeimedium en bij lupine als gevolg van te lage temperatuur, te zure reactie of te hoge zoutconcentratie van het groeisubstraat [KLINKOWSKI en RICHTER (100)].

De inleidende beschouwingen in dit hoofdstuk hangen nauw

samen met de huidige opvattingen omtrent de ionenopname der plant. Men is het er nu wel over eens, dat de verhouding der voedingsionen in het milieu van minstens even groot, zo niet van groter belang is voor de plantengroei dan de concentratie [ARISZ (2) BAAS BECKING (5), en SCHUFFELEN (191)]. In verband met de verder te gebruiken terminologie is het gewenst, ook hier in het kort deze nieuwere opvattingen weer te geven. Hierbij zullen wij niet in bijzonderheden treden, omdat dit buiten het bestek van dit proefschrift ligt.

De oude opvatting, dat de ionenopname veroorzaakt zou worden door de waterstroom, die door de plant gaat, is verlaten, toen gebleken was, dat de ionenopname onafhankelijk van de transpiratie verloopt [HOAGLAND (76) (77)]. Men heeft toen naar een ander mechanisme gezocht, dat een min of meer kwantitatieve beschrijving van de opname zou kunnen geven. LUNDEGÅRDH en zijn leerlingen schenken vooral aandacht aan de concentratie der ionen in het milieu. De energie voor de anionenopname wordt volgens de hypothese van dezen Zweedsen onderzoeker (115) geleverd door een extra worteladem haling, terwijl de kationen zonder energietoevoer worden geabsorbeerd. Door HOAGLAND en STEWARD (78) en hun medewerkers, wordt meer de nadruk gelegd op de factoren (temperatuur en zuurstofdruk), die de levensverrichtingen van de plant direct beïnvloeden. Deze richting wil de ionenopname slechts zien als een gecompliceerde functie van de levensverrichtingen der plant. Zij gaan niet zover op details in als LUNDEGÅRDH. De werkhypothese van SCHUFFELEN en LOOSJES (192) (193) poogt beide opvattingen te overbruggen. Zij beschouwen het ionentransport van het milieu naar de wortel als een diffusieproces. De mate van diffusie wordt bepaald door het verschil in activiteit tussen het milieu en de wortelperipherie, dat voor de verschillende ionen bestaat. Hun metingen hebben geen betrekking op de concentratie van het milieu, maar op de activiteit, die zowel van de eigen concentratie als van die der andere ionen (eventueel colloïdale deeltjes) afhangt. Behalve dit gedeelte, dat ontleend is aan LUNDEGÅRDH, zijn de denkbeelden van HOAGLAND op de volgende wijze in deze werkhypothese verwerkt. Als gevolg van het optreden van opeenvolgende stationnaire toestanden, is tijdelijk de activiteit in de wortelperipherie constant. Om deze activiteit, die door de toevoer van ionen zou moeten veranderen, constant te houden, is echter energie nodig, die door

de levensprocessen geleverd wordt. Het is wel zeer waarschijnlijk, dat de ademhaling voor de toevoer van deze energie zorgt. Voor ons doel is het van belang, dat het transport van ionen van de grond naar en in de wortel kan worden beschreven als een diffusieproces. Hieruit volgt dus, dat de activiteit (eventueel ionenconcentratie) van het milieu een belangrijke factor in het kwantitatieve proces is. Deze ionen oefenen als het ware een druk op de wortelwand uit. Een kinetische beschouwing doet dan dadelijk inzien, dat de verhouding der ionen, die tegen de wand botsen, een belangrijke factor is. In de samenstelling der plant weerspiegelt zich dan ook de activiteitsverhouding van het milieu. Uit een en ander blijkt, dat het eigenlijk niet juist is van een tegenwerking van twee ionen te spreken. Alle ionen immers zijn, voor zover het de opname betreft, gelijksoortig in eigenschappen. Zo weten wij, dat het gecompliceerde verschijnsel, dat bekend is onder de naam Hooghalense ziekte, ontstaat als gevolg van een wanverhouding der ionen in de grond. Bij deze wanverhouding zijn niet slechts de H- en Mg-ionen betrokken, zoals men vroeger meende, ook de Ca-, K- en Na-ionen doen hun invloed gelden, terwijl ook de N-voeding niet zonder betekenis is [SCHUFFELEN (191)].

Door sommige onderzoekers wordt het verschijnsel, dat de aanwezigheid van een ander ion de opname van een bepaald ion beperkt, met ionenantagonisme aangeduid [BURSTRÜM (31), GESSNER (58), LUNDEGÅRDH (114), PHILIPSON (157) en REED (166)]. Andere onderzoekers zijn het met deze opvatting niet eens, o.a. FREY-WYSSLING (48) en LOEHWING (111) (112). Het is nu zo, dat de term antagonisme voor allerlei tegenwerkingen, zowel in de physiologie als in de chemie gebruikt wordt. Veelal wordt in de physiologie er het begrip tegengiftige werking aan verbonden. In deze betekenis is zij bij de ionenopname niet te gebruiken. Een wezenlijke tegenwerking kan nooit aanwezig zijn, daar de ionen zich bij het opnameproces eigenlijk passief gedragen. Door FREY-WYSSLING (48 p. 210) wordt in een voetnoot het woord „Ionenkonkurrenz" genoemd, terwijl hij „Konzentrationseffekt" voor deze onderlinge tegenwerking der ionen gebruikt. Wij menen, dat dit laatste minder juist is en zullen de term ionenconcurrentie gebruiken, daar deze het beste de betekenis der onderlinge ionenverhouding voor de zoutabsorptie weergeeft.

Als de ionen in het plantenlichaam zijn opgenomen, vervullen zij

daar verschillende functies. Zij kunnen fungeren als bouwstenen van organische verbindingen. Dit is b.v. het geval met stikstof, dat één der eiwitconstituenten is en met fosfor, dat een bestanddeel der nucleozuren is. Ook de kationen magnesium, dat in het chlorophyl voorkomt en ijzer, dat een bestanddeel van het ademhalingsferment is, zijn hiervan typische voorbeelden. Een groot deel der opgenomen ionen vervullen de taak, de plantencolloïden in een bepaalde toestand te houden. Door hun absorptie en door hun activiteit in het celsap houden zij het protoplasma in een voor het leven min of meer gunstige conditie. Het is bekend, dat het calciumion coagulerend op het protoplasma werkt, terwijl het natriumion de viscositeit juist verlaagt. Is nu het woord antagonisme een goede uitdrukking voor het aangeven van deze twee laatstgenoemde, tegenwerkende effecten? De onderzoekingen van BUNGENBERG DE JONG (28 p. 116) hebben aangetoond, dat de beide bovengenoemde ionen dezelfde werking kunnen uitoefenen, zij het dan ook, dat het ene ion voor hetzelfde effect een geheel andere concentratie nodig heeft dan het andere. Zo wordt het tegenwerkende effect van Ca en Na bij de omlading van coacervaten veroorzaakt door het begeleidend Cl-ion en niet door een Ca-Na „antagonisme". De verschijnselen, die zich bij ionenwerkingen voordoen, zijn echter meestal onvoldoende gepreciseerd. Om nu misverstand te voorkomen, spreken wij bij de kationenopname met FREY-WYSSLING bij voorkeur van ionenconcurrentie, terwijl wij de term antagonisme reserveren voor tegenwerkingen, waarvan nog een minder gedetailleerd beeld gevormd is.

A *Verschijnselen bij afwijkende N-voeding*

Planten, die aan stikstoftekort lijden, komen in alle opzichten overeen met die, welke een overmatige K- of PO_4-voeding ontvangen, door VOLK en TIEMANN (216) respectievelijk aangeduid met N^-, K^+ en P^+-planten. Ons inziens ten onrechte, gebruiken zij hier, zoals vele anderen, voor het ontbreken van een voedingsion een minteken. Wij duiden het geheel ontbreken van een voedingsion in watercultuur- of bemestingsproeven bij voorkeur aan met een nulteken, aangezien het minteken een negatieve waarde aanduidt en dit zeer zeker niet bedoeld wordt.

Dergelijke 0 N-planten zijn gekenmerkt door:

1 Een min of meer gedrongen habitus met de krachtige structuur van lichtplanten [SCHAFFNIT en VOLK (178), VOLK en TIEMANN (216)], doordat in verhouding meer mechanisch en minder parenchymatisch weefsel wordt gevormd en wel van links naar rechts respectievelijk toe- en afnemend in de volgorde: 0 P, 0 K, N^+, n (normaal), K^+, P^+ en 0 N [VOLK en TIEMANN (216)]. Volgens deze auteurs beperkt zich de secundaire diktegroei bij 0 N-planten vrijwel tot het xyleem. De bladeren van dergelijke dwergplanten zijn gekenmerkt door een steil opgerichte houding, waardoor volgens SCHROPP (189) en MERKENSCHLAGER (311) de zogenaamde „Starrform" ontstaat, verder door geringe afmeting en plasticiteit, een bleekgroene bladkleur, geringe dikte, minder sponsparenchym [VOLK en TIEMANN (216)] en een snelle reactie van de sluitcellen der huidmondjes op verschillen in lucht- en bodemvochtigheid [SCHAFFNIT (179)].

2 Een sterkere bloei [SCHAFFNIT en VOLK (178)] met een grotere kiemkracht der zaden [SCHAFFNIT (179)]. De vruchtzetting en de ontwikkeling der vruchten worden echter nadelig beïnvloed [BRYAN (27), HOFFMANN (80)].

3 Een in verhouding beter ontwikkeld en gezonder wortelstelsel [SCHAFFNIT (179)] en een minder ontwikkelde spruit [HOFFMANN (80), s' JACOB (90), ROHDE (174)]. Door N-tekort daalt het quotient $\frac{\text{spruitgewicht}}{\text{wortelgewicht}}$.

4 Een kortere vegetatieperiode [SCHAFFNIT en VOLK (178), VOLK en TIEMANN (216)], waardoor de afrijping van het hout wordt bevorderd. Hierdoor zijn planten, die een relatief stikstoftekort hebben, resistenter tegen vorst en lenen zich als onderstam of griffel beter voor veredeling [SCHAFFNIT (179)].

5 Een grotere resistentie tegen plantenziekten [MERKENSCHLAGER (131), SCHAFFNIT en VOLK (178), SCHAFFNIT (179)].

Een relatief stikstoftekort biedt voor enkele tuinbouwgewassen, o.a. verschillende boomkwekerij- en de meeste bloemisterijgewassen, verschillende voordelen.

Omgekeerd zijn stikstofsurplus (N^+)-planten gekenmerkt door:

1 Een bepaalde mate van slapheid, donkergroen gekleurde, zeer dikke bladeren met een groot bladoppervlak, spoedig verwelken bij droogte, evenals 0 K-planten, hetgeen in beide gevallen volgens

Schaffnit (179) veroorzaakt wordt door te trage reactie van de sluitcellen der huidmondjes op verschillen in lucht- en bodemvochtigheid.

2 Een sterkere vegatatieve groei.

3 Een slecht ontwikkeld wortelstelsel [Schaffnit (179)]. Door N-surplus stijgt het quotient $\frac{\text{spruitgewicht}}{\text{wortelgewicht}}$. Mede als gevolg van de beperkte groeiperiode produceren hakvruchten naar verhouding meer loof doch minder knollen en koolhydraten [Wilfarth en Wimmer (223)].

4 Een verlengde vegetatieperiode [Schaffnit en Volk (178), Volk en Tiemann (216)] met de kans op vorstbeschadiging in de gematigde luchtstreken.

5 Een grotere vatbaarheid voor plantenziekten [Bartmann-Luedicke (10)].

Een relatieve N-overmaat in de rhizospheer kan wellicht voor sommige gewassen (bladgewassen) van nut zijn; voor andere gewassen (vele boomkwekerij- en bloemisterijgewassen, hakvruchten) echter is deze overmaat niet gewenst.

B *Verschijnselen bij afwijkende fosfaatvoeding*

De kleine, teergebouwde, aan fosfaathonger lijdende planten [Schaffnit en Volk (178)] met dunne, meestal donkergroen gekleurde bladeren [Merkenschlager (131)] en met steil opgerichte houding zijn gekenmerkt door:

1 Een spichtige habitus („Starrform"). De tere bouw van deze planten, die door Schaffnit en Volk (178) en Volk en Tiemann (216) met schaduwplanten vergeleken worden, is het gevolg van het achterwege blijven van de vorming van secundair xyleem en phloëem. De verkorting van de cellen van de palissadeparenchymcellen [Volk en Tiemann (216)] is in verband met dit onderzoek van minder belang dan de uitwendige bladsymptomen, die echter geen van alle specifiek voor fosfaathonger blijken te zijn: blauwgroene of rode verkleuring der bladeren [Gregory en Richards (64), Mac Murtrey (122),. Merkenschlager (131)], verdroging van bladranden [Herschler (71)] of bladpunten [Klinkowski en Richter (100)], het naar beneden [Herschler (71)] of spiraalvor-

ming om de hoofdnerf krullen der bladeren [KLINKOWSKI en RICHTER (100)], het verwelken en de vroegtijdige bladval [HERSCHLER (71) KLINKOWSKI en RICHTER (100)].

2 Een slecht ontwikkeld wortelstelsel [SCHAFFNIT en VOLK (178)].

Daar de spruitontwikkeling door fosfaattekort nog meer wordt geschaad dan de wortelontwikkeling [RUSSELL (77 p. 74), ROHDE (174)], daalt door fosfaathonger het quotient $\frac{\text{spruitgewicht}}{\text{wortelgewicht}}$, evenals door stikstoftekort.

3 Een zwakkere bloei [SCHAFFNIT en VOLK (178)].

4 Een geringere resistentie tegen plantenziekten o.a. volgens BARTMANN-LUEDICKE (10). Volgens MERKENSCHLAGER (131), SCHAFFNIT en VOLK (178) en SCHAFFNIT (179), staat dit nog niet vast.

5 Een langere vegetatie- en een kortere rustperiode [SCHAFFNIT en VOLK (178)].

Omgekeerd heeft men de volgende werkingen van een fosfaatbemesting kunnen constateren:

1 Bespoediging van de ontwikkeling der gewassen, versnelling van het rijpingsproces en vervroeging van de oogst [MERKENSCHLAGER (131), OTTEN en VEENSTRA (151)].

2 Vergroting van de weerstand der gewassen tegen voor- en najaarsvorsten, hetgeen niet slechts in verband kan worden gebracht met de onder sub 1 vermelde versnelde afrijping, doch bovendien met de onder invloed van fosfaten verbeterde opname en werking van kalium in de plant [ROHDE (175)].

3 Verbetering van kwaliteit en houdbaarheid der oogstproducten [GEHRING (55)].

C *Verschijnselen bij afwijkende kaliumvoeding*

1 Van alle door kaliumhonger veroorzaakte uitwendige ziektesymptomen is de „bladverbranding" het meest opvallende verschijnsel. In de Engelse, Duitse en Franse vakliteratuur wordt dit verschijnsel respectievelijk aangeduid met de namen Leaf Scorch, Blattbräune of Blattrandkrankheit [ELSNER-TRIERENBERG (41)] en Brûlure des bords des feuilles [ECKSTEIN, BRUNO en TURRENTINE (39)]. In Noord-Holland lijdt de sluitkool aan „branderigheid", in Zeeland verschillende gewassen, o.a. rode en zwarte bessen, kruisbessen, frambozen en

appelen, aan de „randjesziekte" [Bosma (21)]. Dit verschijnsel kan kennelijk in verband worden gebracht met de beweeglijkheid van kalium in de plant en met de ongunstige invloed van kaliumtekort op de waterhuishouding. Daar kalium hoofdzakelijk als ion in de plant voorkomt [Kostytschew (106 p. 272), Noack (150)], kan het zich steeds daarheen verplaatsen, waar een sterke stofwisseling plaats heeft, b.v. van oudere weefsels naar meristematische weefsels [Alten en Goeze (1), Lundegårdh (114 p. 342), Rohde (175)]. Vandaar ook, dat de kaliumdeficiëntieverschijnselen, evenals trouwens die van stikstof, fosfor en magnesium [Nightingale c.s. (149)], zich hoofdzakelijk en duidelijker op de oudere bladeren van de plant vertonen [Mac Murtrey (122)] en bij de bladpunt, het oudste gedeelte der bladeren, eerder zichtbaar zijn dan bij de bladbasis [Rohde (175)]. In overeenstemming hiermede stelden Wallace en Warne (vgl. 41) niet alleen vast, dat het kaliumgehalte van bladeren, die kaliumdeficiëntieverschijnselen vertonen, lager was dan dat van gezonde bladeren, doch bovendien, dat in het algemeen het kaliumgehalte van bladtop en bladranden lager was dan dat van bladbasis en bladcentrum. Lundegårdh (114 p. 341) deed soortgelijke waarnemingen. De bruine vlekken op aan kaliumhonger lijdende haverbladeren, bevatten volgens hem minder kalium dan de nog groene delen van dezelfde bladeren. Door kaliumhonger neemt het zwellingsvermogen der hydrophiele colloïden af, waardoor de plant niet alleen minder water kan opnemen, doch dit bovendien bij droogte gemakkelijker weer afstaat [Wöstmann (226)]. Gedeeltelijk is volgens Schaffnit (179) en Schmalfuss (183 p. 45) de uitdroging ook het gevolg van een door kaliumtekort veroorzaakte trage reactie van de sluitcellen der huidmondjes op verschillen in lucht- en bodemvochtigheid. Kaliumdeficiëntieverschijnselen uiten zich bij droogte duidelijker en worden door schaduwwerking verzwakt. In dit verband is het van belang erop te wijzen, dat door Bosma (21) vastgesteld werd, dat de „randjesziekte" van bessen onder bomen minder sterk optreedt dan in het open veld. Fickendey (43) deed bij de oliepalm een soortgelijke waarneming. Hierbij moet de uitschakeling van de directe bestraling door de zon van meer belang worden geacht dan de stijging van de relatieve luchtvochtigheid [Gandrup (50)].

Wanneer men de kaliumdeficiëntieverschijnselen bij verschillende planten met elkaar vergelijkt, blijkt er geen algemeen typisch symp-

toom van kaliumhonger te bestaan. Het uit zich zelfs bij gewassen van dezelfde familie op verschillende wijzen [KLINKOWSKI (99)]. De „bladverbranding", die gepaard gaat met bladrol- (Einrollungs- und Kräuselerscheinungen) en verwelkingsverschijnselen, wordt meestal, hoewel niet altijd, b.v. bij luzerne [KLINKOWSKI (99)], voorafgegaan door witte, gele, bruine of gecombineerde verkleuringen (vlekken, stippen of strepen) van de vaak boluitstaande intercostaalvelden. Volgens ROHDE (170) zijn echter aan kaliumhonger lijdende bladeren evenals aan ijzerhonger lijdende bladeren, in het beginstadium donkergroen gekleurd. Dat beide hongerverschijnselen identiek zijn, moet volgens dezen auteur verband houden met het feit, dat kalium de verdeling en de werking van het ijzer in de plant bevordert. Volgens hem wordt de donkergroene bladkleur veroorzaakt door een verminderde bladgroenafbraak, een lager gehalte aan carotinoïden en de vorming van anthocyaan. Door hun donkere bladeren komen volgens ROHDE (172) aan kaliumhonger lijdende planten in eigenschappen overeen met schaduwplanten. In een later stadium, bij langdurig aanhoudend kaliumtekort, verandert deze bladkleur in geelgroen. GASSNER en GOEZE (51) zijn van mening dat de donkergroene bladkleur van de planten uit hun „Kaliarmut" serie veroorzaakt wordt door een geringe verhoging van het bladgroengehalte als gevolg van een relatief stikstofsurplus in het groeisubstraat. De donkergroene bladkleur, als beginnend symptoom van kaliumhonger, is echter geen algemeen voorkomend verschijnsel. Volgens KLINKOWSKI (99) treedt het wel op bij de *Solanaceae*, doch niet bij *Gramineae* en *Leguminoseae*.

2 Behalve dat kaliumhonger „bladverbranding" veroorzaakt, beïnvloedt het de gehele habitus en inwendige bouw der planten. Men bedenke echter wel, dat de invloed van verschillende wijzen van voeding op vorm en structuur der planten in de schaduw gesteld kan worden door sterker werkende factoren, zoals vochtgehalte van de bodem, warmte, licht en koolzuurgehalte van de lucht [TEODORESCO (205), VAGELER (210)]. Wanneer de N-, PO_4- en K-deficiëntieverschijnselen onder gelijke omstandigheden met elkaar vergeleken worden, blijkt toch wel, dat zij zich op verschillende wijzen uiten [GREGORY en RICHARDS (64), NIGHTINGALE c.s. (149), WILFARTH en WIMMER (224)]. Volgens SCHAFFNIT en VOLK (178) ontstaat door stikstof- en fosfaathonger de „Starrtracht", door kaliumhonger daarentegen de typische „Welketracht" of het „Flaggbild" [MER-

KENSCHLAGER (131)]. De slapheid der aan kaliumhongerlijdende planten vindt zijn oorzaak in de anatomische bouw dezer planten. Zij vormen in verhouding meer parenchymatisch en minder mechanisch weefsel, terwijl de geringe diktegroei zich hoofdzakelijk tot het phloëem beperkt [VOLK en TIEMANN (216)]. Een goede kaliumvoorziening zou zich omgekeerd o.a. uiten in een volumevergroting van de als waterreservoir fungerende epidermiscellen, in een dunnere cuticula [WÖSTMANN (226)] en in een sterkere houtvorming.

3 Verder zijn aan kaliumhonger lijdende planten gekenmerkt door een naar verhouding slecht ontwikkeld wortelstelsel. Door kaliumtekort stijgt het quotient $\frac{\text{spruitgewicht}}{\text{wortelgewicht}}$ [KLINKOWSKI (99), ROHDE (171) (173), HOFFER (vgl. 174), RUSSELL (177 p. 86)].

4 Vervolgens wordt door kaliumtekort de vegetatieperiode der plant verlengd [KLINKOWSKI (99), SCHAFFNIT en VOLK (178)].

5 De vatbaarheid voor plantenziekten neemt erdoor toe [JANSSEN (91)]. De grotere vatbaarheid van aan kaliumhonger lijdende aardappelplanten voor bladluizen werd door LOEW op de volgende wijze verklaard: In de bladeren bevordert kalium de zetmeelvorming uit suikers. Het sap der rijkelijk met kaliumzouten bemeste planten is hierdoor minder zoet dan dat van aan kaliumtekort lijdende planten. Daar de bladluizen het zoete sap prefereren, zullen zij zich bij voorkeur op deze planten afzetten. Deze mening van LOEW werd door de proeven van JANSSEN (91) bevestigd.

6 Door kaliumhonger neemt tenslotte het gevaar voor vorstbeschadiging toe [BOLHUIS (20), ROHDE (175)] en volgens talrijke door ECKSTEIN, BRUNO en TURRENTINE (39) op p. 55 geciteerde onderzoekers, de kwaliteit van de oogst af.

Omgekeerd zijn dus de tegengestelde werkingen van een doelmatige K-bemesting te verwachten. Speciaal wordt de ontwikkeling bevorderd van die organen, waarin reservevoedsel wordt opgeslagen, of die voor de voortplanting dienen, zoals knollen, bollen en zaden [BREMER (24)].

D *Verschijnselen bij afwijkende magnesiumvoeding*

1 De door een storing in de magnesiumvoeding (combinatie van lage pH en laag magnesiumgehalte van de grond) veroorzaakte ver-

schijnselen, die in Nederland bij verschillende gewassen onder de naam „Hooghalense ziekte" bekend staan, komen voornamelijk voor op de lichtere, zuurreagerende gronden [Balks en Wehrmann (7), Balks (8), Scharrer en Schropp (181)]. Ook in Amerika is een soortgelijk verschijnsel bij de tabaksplant onder de naam van „Sanddrown" bekend [Lutman en Walbridge (116), Zehentner (227)]. Zij houden verband met de functies van dit element als bouwsteen van chlorophyl en als hydratieregulator der celcolloïden. Behalve dat door magnesiumtekort de algehele ontwikkeling der gewassen wordt geschaad, ontstaan op de bladeren meestal als beginstadium chlorotische verschijnselen, terwijl in een later stadium de aangetaste plaatsen verschijnselen van uitdroging vertonen. Bij sommige gewassen echter wordt de chlorosetoestand overgeslagen, o.a. bij spinazie [Beaumont en Snell (12)]. Het feit, dat de verschijnselen van magnesiumhonger het eerst zichtbaar zijn op de oudste bladeren van een plant [Beaumont en Snell (12), Camp en Fudge (32), Carolus en Brown (33), Mac Murtrey (121), Nightingale c.s. (149)] wijst erop, dat magnesium in de plant betrekkelijk gemakkelijk verplaatsbaar is en van de oudere naar de jongere bladeren wordt vervoerd.

Dat deze verplaatsing gepaard gaat met chlorophylontleding en dehydratatie der celcolloïden, is duidelijk. De chlorotische bladtekening wordt volgens Beaumont en Snell (12) bepaald door de nervatuur der bladeren. Op planten met rechtnervige bladeren, b.v. de *Gramineae*, zouden witte strepen ontstaan, zeer duidelijk bij maïs zichtbaar, terwijl zich op planten met hand- of vinnervige bladeren chlorotische vlekken ontwikkelen. Dat elke plantensoort echter een specifiek reactievermogen bezit ten opzichte van een uitwendige prikkel, in casu magnesiumhonger, blijkt ook hier weer. Zelfs binnen dezelfde familie, b.v. de *Gramineae*, vertonen de chlorotische verschijnselen als gevolg van magnesiumdeficiëntie niet hetzelfde beeld. Bij rijst ontstaan volgens Martin (126) op de lichtgroene bladeren witte stippen („White stip"), terwijl op de bladeren van verschillende zomer- en wintergranen in de gematigde luchtstreken, die Hooghalensziek zijn, een typische vlekkentekening van groene moppen op een geel veld ontstaat, die men in Nederland met „tijgering", in Duitsland met „Marmorierung" bestempelt [Balks en Wehrmann (7), Balks (8)]. Het naar binnen krullen der bladeren [Balks en Wehrmann (7), Zehentner (227 p. 519)], de slap neerhangende chloro-

tische bladeren van tabak [Mes (132 p. 81)] en koffie [s' Jacob (90)], het verdrogen van de te velde staande gewassen, o.a. kool [Carolus en Brown (33)], zijn op te vatten als aanpassingen aan of uitingen van een verstoorde waterhuishouding in de plant. Dat bladeren, onder dergelijke omstandigheden gevormd, spoedig ouderdomsverschijnselen vertonen en vroegtijdig afvallen [Camp en Fudge (32), Carolus en Brown (33), Russell (177 p. 100)], is niet te verwonderen.

2 Het is verder gebleken, dat door magnesiumhonger de wortelontwikkeling nog meer wordt geschaad dan de spruitontwikkeling, evenals dit bij kaliumhonger het geval is. Bij met magnesium bemeste radijs bedroeg het quotient $\frac{\text{spruitgewicht}}{\text{wortelgewicht}}$ 0,678, bij niet met magnesium bemeste radijs 0,744 [Carolus en Brown (33)].

3 Tenslotte blijken aan magnesium-, evenals aan kaliumhonger lijdende planten, vatbaar te zijn voor plantenziekten. Taksterfte van dergelijke planten door schimmelaantasting beschreven Camp en Fudge (32) bij citroen.

Omgekeerd hebben Carolus en Brown (33) van een magnesiumbemesting op magnesiumarme grond dezelfde werkingen kunnen constateren als van PO_4- en K-bemestingen op respectievelijk PO_4- en K-arme gronden, nl.:

1 Bespoediging van de ontwikkeling en rijping der gewassen.
2 Belangrijke oogstvermeerderingen tot over de 200% [Scharrer en Schropp (181)] en kwaliteitsverhoging van het product.
3 Verhoging van de resistentie tegen vorst.
4 Verhoging van de resistentie tegen parasitaire ziekten.

§ 2 EIGEN ONDERZOEK

Proef III (1937).

Daar de bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl. een deficiëntieverschijnsel zou kunnen zijn, werd in deze proef onderzocht, hoe dit gewas reageert op onthouding van enkele belangrijke voedingselementen aan het groeisubstraat met de bedoeling, bovengenoemd verschijnsel kunstmatig op te wekken.

Ter oriëntering werden aan het groeimedium zoutmengsels toegevoegd zonder kalium, magnesium, fosfor en calcium. Zo nodig zou deze proef later kunnen worden herhaald met zoutmengsels zonder één of meer andere noodzakelijke voedingselementen. Als

TABEL XIII *Basisbemesting per pot in grammen der objecten in 1937*

	Contrôle	0 K	0 Mg	0 PO_4	0 Ca
$Ca(NO_3)_2$ 4 H_2O . . .	0,80	1,12	0,93	0,80	0,0
KNO_3	0,32	0,0	0,45	0,64	1,12
KH_2PO_4	0,32	0,0	0,46	0,0	0,32
Na_2HPO_4 12 H_2O . . .	0,0	0,32	0,0	0,0	0,0
$MgSO_4$ 7 H_2O	0,40	0,40	0,0	0,40	0,40
$NH_4Fe(SO_4)_2$	0,06	0.06	0,06	0,06	0,06

kunstmatig groeimedium werd turfstrooisel gebruikt, een aan minerale voedingsstoffen buitengewoon arme stof [BLANCK (18 p. 135)], in plaats van zand vanwege de grotere watercapaciteit van deze stof en de grotere overeenkomst hiervan met humusrijke rhododendron-grond.

De pH van dit turfstrooisel bedroeg 3,9. Het geringe K-, Mg-, PO_4 en Ca-gehalte van het turfstrooisel bleek, zoals te verwachten was, voor de kunstmatige opwekking van de respectievelijke deficiëntieverschijnselen geen bezwaar te zijn, aangezien deze zowel bij absoluut als bij relatief tekort aan bepaalde elementen optreden.

Daar het onbekend was, aan welke eisen het contrôle-zoutmengsel voor deze rhododendron in kwantitatief en kwalitatief opzicht moest voldoen, werden dit mengsel en die zonder K, Mg, PO_4 en Ca willekeurig gekozen. Om de verschillen in osmotische waarden der voedingsoplossingen uit te schakelen, ontvingen alle potten gelijke hoeveelheden der verschillende zoutmengsels. Tabel XIII geeft een overzicht van de hoeveelheden en de samenstellingen der zoutmengsels, die met de voor elke pot bestemde gelijke hoeveelheid turfstrooisel werden vermengd. [1])

Wij wijzen er nog op, dat in object 0 K het fosfaat als Na_2HPO_4 werd gegeven. Daar wij achteraf meenden, dat deze basisbemestingen te gering waren, werden de potten tijdens groeiperiode 1937 begoten met voedingsoplossingen van HOAGLAND [SCHROPP (190)], die in tabel XIV zijn samengevoegd.

De planten werden op 22 Maart 1937 in de potten gepoot. Het plantmateriaal bestond uit zinkelingen met uitgespoelde wortels. De potten der verschillende objecten, die gedurende 1937 boven de

[1]) Over het algemeen maakten wij bij onze proeven gebruik van de zuivere zouten van KAHLBAUM. Slechts in enkele gevallen gebruikten wij handelspraeparaten.

TABEL XIV

Samenstelling der voedingsoplossingen van HOAGLAND *per 1000 delen gedestilleerd water*

	Contrôle	0 K	0 Mg	0 PO_4	0 Ca
$Ca(NO_3)_2$	0,821	1,231	0,821	1,231	
KNO_3	0,506		0,506		1,518
$MgSO_4$	0,120	0,241		0,241	0,241
KH_2PO_4	0,136		0,136		0,136
$Ca(H_2PO_4)_2$		0,117			
K_2SO_4			0,436	0,871	

grond op porceleinen schalen werden geplaatst en beschaduwd werden door horren, werden zodanig met de voedingsoplossingen van HOAGLAND begoten, dat de schalen steeds doorgelopen gietvloeistof bevatten. Daar de begieting der boven de grond staande potten in 1937 vrij veel tijd had gekost, werd in 1938 de volgende vereenvoudiging in de proeftechniek aangebracht.

De potten werden in met turfstrooisel gevulde, in de grond gegraven bimsbetoncylinders van 25 cm doorsnede en 37,5 cm hoogte geplaatst. De bovenranden van deze cylinders staken 5 cm boven het grondoppervlak uit, terwijl de bovenranden der potten op laatstgenoemd niveau werden gebracht (zie fig. 4 voorgrond). Diffusie van grondvocht tussen de verschillende potten onderling was hierdoor uitgeschakeld. De hoeveelheid zoutmengsel, die elke pot op 16 April 1938 ontving, werd bovendien belangrijk opgevoerd en wel tot 11,186 g. In vergelijking met bemesting 1937 was bemesting 1938 ongeveer zes malen sterker. Tabel XV geeft een overzicht van de hoeveelheden der verschillende zouten, waarmede de potten der vijf verschillende objecten in 1938 werden bemest.

Gedurende deze vegetatieperiode werden de planten noch dagelijks begoten, noch beschaduwd. Zij waren, wat hun watervoorziening betreft, aangewezen op de neerslag. Als bijzonderheid moet vermeld worden, dat voorjaar en zomer van 1938 gekenmerkt waren door bijzondere droogte. De oorlogstoestand laat niet toe nadere bijzonderheden over de verdeling van de neerslag gedurende 1937 en 1938 te publiceren. Te Boskoop bedroeg de neerslag in de maanden April, Mei en Juni van 1938 slechts 38% van de hoeveelheid regen, die in de overeenkomstige maanden van 1937 viel.

Dat de afwezigheid van de hydratatieregulatoren K en Mg in het

a *b* *c*

Fig. 16
Kaliumhongerverschijnselen (2 Mei 1938)

Fig. 19
Kaliumhonger: Op roodbruin gestippelde eenjarige takken ontwikkelen zich sterk gekrulde bladeren (28 Mei 1938)

a *b* *c* *d*

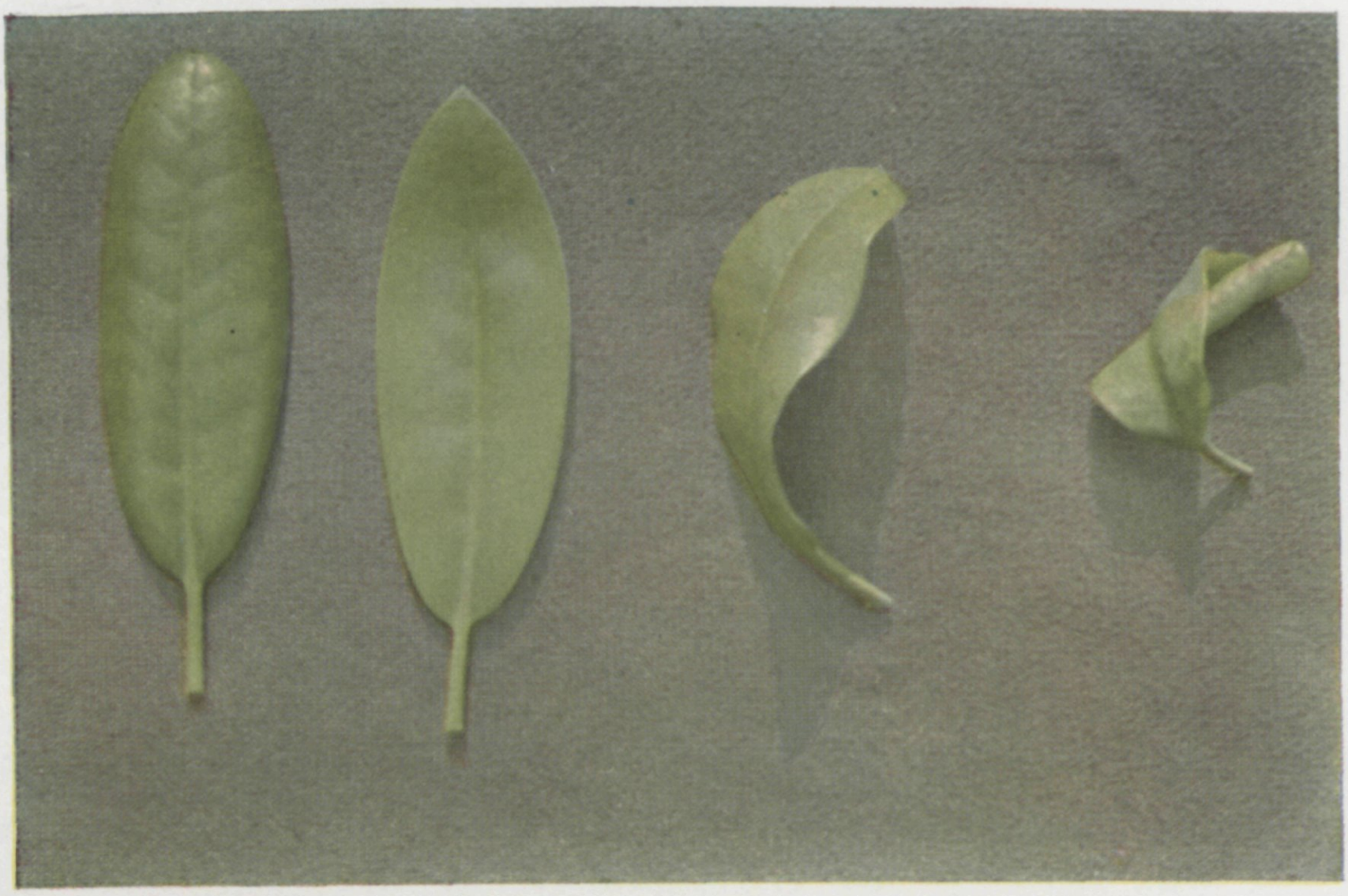
Fig. 17

Van links naar rechts bladeren van planten uit objecten 0 Ca, 0 K, 0 Mg en 0 PO_4 (5 Mei 1938)

a *b* *c* *d*

Fig. 18

Van links naar rechts bladeren van planten uit objecten 0 Ca, 0 PO_4, 0 Mg en 0 K (5 Mei 1938)



a *b* *c* *d*

Fig. 20

Van links naar rechts bladeren van planten uit objecten 0 Ca, 0 PO_4, 0 Mg en 0 K (10 Juni 1938)

a *b* *c*

Fig. 21

Links symptomen van Mg-, rechts van K-honger (10 Juni 1938)

Fig. 22

Van links naar rechts rhododendrons uit objecten: contrôle, 0 Ca, 0 PO_4, 0 Mg en 0 K van proef III (21 April 1939)

From left to right Rhododendrons from objects: control, 0 Ca, 0 PO_4, 0 Mg and 0 K of Exp. III (21 April 1939)

Von links nach rechts Rhododendren aus Objekten: Kontroll, 0 Ca, 0 PO_4, 0 Mg und 0 K von Versuch III (21 April 1939)

De gauche à droite des Rhododendrons des objets: témoin, 0 Ca, 0 PO_4, 0 Mg et 0 K de l'expériment III (le 21 avril 1939)

Fig. 23

Bloeiende, aan kaliumhonger lijdende plant (19 Juni 1939)

Fig. 24

Aan kaliumhonger lijdende plant. Gekrulde bladeren 1938. Niet gekrulde bladeren 1939 (30 Juni 1939)

TABEL XV *Bemesting per pot in grammen der objecten in 1938*

	Contrôle	0 K	0 Mg	0 PO_4	0 Ca
$Ca(NO_3)_2$ 4 H_2O . . .	4,70	6,58	5,452	4,70	0,0
KNO_3	1,88	0,0	2,632	3,76	6,58
KH_2PO_4	1,88	0,0	2,726	0,0	1,88
Na_2HPO_4 12 H_2O . . .	0,0	1,88	0,0	0,0	0,0
$MgSO_4$ 7 H_2O	2,35	2,35	0,0	2,35	2,35
$NH_4Fe(SO_4)_2$	0,376	0,376	0,376	0,376	0,376

groeisubstraat zich in 1938 sterker zou doen gelden dan in 1937, laat zich indenken. In het literatuuroverzicht werden enkele verschijnselen vermeld, die hierop betrekking hebben. Een andere oorzaak voor het sterker optreden der deficiëntieverschijnselen in 1938, vergeleken met 1937, moet gezocht worden in de zwaardere bemesting. In dit verband is het van belang erop te wijzen, dat volgens De Turk (208) deficiëntieverschijnselen niet optreden door de armoede van de grond aan de desbetreffende elementen, doch door de overmatige toediening van andere voedingsionen. Gedurende 1939 werden de planten, evenals in 1938, niet beschaduwd, doch wel dagelijks begoten. Zij ontvingen geen bemesting.

Alvorens tot de bespreking van de resultaten van deze proef over te gaan, zij op deze plaats medegedeeld, dat de uitkomsten van het grondonderzoek (tabel XVII) een onvolledig beeld geven van de verschillen in bemesting, terwijl juist de reacties der planten hiermede in overeenstemming waren.

A *Kaliumdeficiëntieverschijnselen bij Rhod. catawbiense Grdfl.*

1937.

Gedurende de vegetatieperiode deden zich geen bijzondere verschijnselen aan de planten van object 0 K voor. In het voorjaar van 1938 waren de bladranden van enkele oudere bladeren plaatselijk verdroogd. Het verschijnsel was echter weinig opvallend (zie fig. 16*c*).

1938.

Op 26 April nam met het zwellen der knoppen groeiperiode 1938 een aanvang. De eerste kaliumhongersymptomen deden zich op 2 Mei voor en wel het eerst op de onderzijden der bladeren van die

planten, waarvan de knoppen het verst ontwikkeld waren. Dit feit moet in verband worden gebracht met de verplaatsing van kalium van de oudere naar de meristematische weefsels, waarop reeds eerder gewezen werd. Op genoemde plaatsen ontstonden op de onderzijden der bladeren willekeurig verspreide, donkergroene vlekken, alsof plaatselijk de erwtengroenkleurige epidermislaag was verwijderd (fig. 16*b*), terwijl de onderzijden van andere bladeren een peperkleurig uiterlijk kregen (fig. 16*a*). In dit stadium hadden de bladnerven een donkerblauwe kleur. Aan de bovenzijden der bladeren kon van 5 Mei af het volgende worden waargenomen. De kleur der bladranden veranderde van donkergroen over erwtengroen in roodbruin (fig. 17*b*, fig. 18*d*). Op enkele bladeren traden deze verkleuringen op als vlekken, verspreid over het bladoppervlak, zoals bij magnesiumtekort. Deze verkleuringen waren het begin van de algehele necrose. Bij verdere uitdroging krulden zich alle bladeren om hun lengteas naar beneden om en vielen vroegtijdig af, nadat op de eenjarige takken roodbruine stippen waren ontstaan (fig. 19). Drie van de vier oorspronkelijke planten waren reeds op 15 Mei volkomen afgestorven, voordat zij takken hadden kunnen vormen. Het cambium van deze planten was bruin gekleurd. De vierde plant was nog in staat abnormaal korte takken te vormen met kleine, sterk gekrulde bladeren (fig. 19). De drie afgestorven planten werden op 16 Mei vervangen door drie gezonde zinkelingen met uitgespoelde wortels. De verschijnselen, die zich aan deze drie planten voordeden, waren nagenoeg identiek aan die, welke zich hadden voorgedaan op de afgestorven planten. Op 10 Juni, dus binnen een maand, hadden ook deze planten hun bladeren, die in het vorige seizoen 1937 onder normale omstandigheden waren gevormd, reeds laten vallen. Zij vielen af met normale kleur, of nadat zich grote bruine vlekken, willekeurig over het bladoppervlak verspreid, hadden gevormd. Op de schors der eenjarige takken waren weer roodbruine stippen ontstaan, hoewel in mindere mate. De nieuw gevormde bladeren waren weer buitengewoon sterk gekruld. Zij rolden zich van de bladpunt uit naar de bladvoet op (fig. 20*d*) (fig. 21*c*) (fig. 22*e*).

Op 15 Juni werden van de planten van alle objecten de gemiddelde lengte en de gemiddelde grootste breedte der bladeren, het gemiddelde bladoppervlak en de gemiddelde lengte der takken bepaald. De uitkomsten hiervan zijn samengevoegd in tabel XVI.

TABEL XVI

Gemiddelde lengte, grootste breedte en bladoppervlak der bladeren en gemiddelde lengte der takken, in 1938 gevormd (proef III)

Object	Bladeren			Takken
	Lengte in cm	Grootste breedte in cm	Bladoppervlakte in cm²	Lengte in cm
Contrôle	4,0 ± 0,30	2,3 ± 0,16	5,7	2,4 ± 0,30
0 K	4,8 ± 0,28	2,1 ± 0,10	7,2	3,9 ± 0,42
0 Mg	6,5 ± 0,34	2,8 ± 0,14	13,1	5,0 ± 0,47
0 PO_4	8,9 ± 0,36	3,8 ± 0,18	21,1	3,5 ± 0,37
0 Ca	9,6 ± 0,26	3,5 ± 0,14	23,5	6,9 ± 0,46

De gekrulde, aan kaliumhonger lijdende bladeren van 1938, behoren dus met de bladeren der planten uit het contrôle-object tot de kleinste van deze gehele proefserie. De lengte der in 1938 gevormde takken uit object 0 K is, vergeleken met die uit object 0 Ca, eveneens buitengewoon gering. In tegenstelling met de eenjarige takken ontstonden op de nieuw gevormde takken geen bruine stippen meer. De gekrulde, olijfgroene bladeren was geen lang leven beschoren. Van 24 Juni af begonnen zij vroegtijdig af te vallen, waardoor op 20 Juli drie der vier planten volkomen kaal stonden. Slechts de takken der vierde plant behielden op één na hun bladeren (fig. 22*e*). In afgerijpte toestand waren de nerven van deze gekrulde bladeren geelbruin gekleurd. De vertakking van deze, aan kaliumhonger lijdende plant, bleef tot een minimum beperkt. Op zes tweejarige takken vormden zich slechts zes eenjarige takken. Figuur 22, op 21 April 1939 opgenomen, vóór de aanvang van groeiperiode 1939, geeft een overzicht van de stand van het gewas in de verschillende objecten.

1939.

In vergelijking met de planten uit de objecten 0 Ca, 0 Mg en 0 PO_4 liepen de knoppen van de aan kaliumhonger lijdende plant ongeveer twee weken later uit. Op 31 Mei 1939 konden de kleuren der bloemen uit de objecten 0 Ca, 0 Mg en 0 PO_4, die overigens geen onderlinge verschillen vertoonden, niet vergeleken worden met die der aan kaliumhonger lijdende plant, daar deze pas op 13 Juni bloeide, toen de planten uit genoemde objecten reeds uitgebloeid waren. Het aantal bloemen van de schermvormige bloemtros bedroeg slechts 8 en de grootste diameter van een bloempje gemiddeld

slechts 5 cm (fig. 23). De kleine, olijfgroene bladeren, die in deze vegetatieperiode gevormd werden, waren in tegenstelling met die, welke in 1938 gevormd werden, niet gekruld (fig. 24). Wel waren zij zeer klein. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in de verschillende watervoorzieningen gedurende beide vegetatieperioden. Na afloop van vegetatieperiode 1939 werden in September de bladeren der planten uit alle objecten geoogst. In het Laboratorium voor Landbouwscheikunde te Wageningen en het Botanisch Laboratorium te Leiden werden respectievelijk de chemische samenstellingen en de chlorophylgehalten bepaald. De wortels werden door zeven geïsoleerd en de wortelgewichten door weging bepaald. De bijbehorende grondmonsters werden in het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek te Groningen geanalyseerd. De uitkomsten, die betrekking hebben op bovengenoemd onderzoek, zijn samengevoegd in tabel XVII. Hieruit blijkt o.a., dat de wortelontwikkeling van de aan kaliumhonger lijdende plant buitengewoon slecht is geweest, hetgeen door verschillende onderzoekers bij andere gewassen reeds eerder werd geconstateerd. De rhododendrons hebben uit het groeisubstraat zonder kaliumbemesting zeer weinig kalium en stikstof kunnen opnemen, doch in vergelijking met de planten uit het object 0 Ca meer calcium en magnesium.

De verhouding tussen mÆ Ca en mÆ K was in de droge stof van aan kaliumhonger lijdende bladeren het hoogst en wel = 19,2 (tabel XVIII). In vergelijking met de kaliumgehalten van Boskoopse veengronden, die tussen ongeveer 0,014 en 0,045% K_2O variëren, traden de kaliumdeficiëntieverschijnselen dus op bij een betrekkelijk hoog K_2O-gehalte van het groeisubstraat en wel bij 0,034% K_2O, een gehalte, dat in de Boskoopse culturen voor de meeste gewassen voldoende wordt geacht, ongeacht echter de ionenconcurrentieverschijnselen, die zich bij de K-opname van verschillende gewassen in het algemeen en van de rhododendron in het bijzonder, welke in hoofdstuk VII behandeld zullen worden, kunnen voordoen. Hoe dit hoge K-gehalte in dit met speciale voorzorgen behandelde groeisubstraat ontstond, schijnt intussen onverklaarbaar.

B *Magnesiumdeficiëntieverschijnselen bij Rhod. catawbiense Grdfl.*

1937.

Gedurende deze vegetatieperiode waren geen bijzondere verschijnselen op de planten uit object 0 Mg waarneembaar.

TABEL XVII

Onderzoek van grond- en plantmateriaal uit proef III

Object	Grond					Wortels	Bladeren						
	pH	Fosforzuuronderzoek			K_2O %	Luchtdroog gewicht in g	mg chlorophyl per 100 g vers blad	As %	Per 100 g droge stof				
		P-totaal	P-getal	P-citr.					mÆ K	mÆ Ca	mÆ Mg	mMol PO_4	mMol N
Contrôle . . .	5,35	0,159	17	52	0,067	5,4 ± 1,54	85	4,0	7,2	53,0	26,1	4,03	76,9
0 K	5,40	0,165	12	57	0,034	3,2	93	3,8	2,3	44,1	39,1	–	61,0
0 Mg	5,40	0,175	17	60	0,047	13,2 ± 3,22	72	4,4	29,5	42,3	8,3	4,54	75,6
0 PO_4	5,00	0,133	15	42	0,039	29,7 ± 3,26	72	4,0	19,0	46,0	23,5	2,26	65,3
0 Ca	5,15	0,188	31	76	0,064	34,7 ± 3,85	251	5,0	34,6	32,8	22,2	5,45	150,0

1938.

Ongeveer een week na het zichtbaar worden van de eerste groeiverschijnselen (opzwelling der knoppen) ontstonden op 2 Mei plotseling op de bovenzijden der bladeren van 1937 willekeurig verspreide, erwtengroenkleurige vlekken, die spoedig tot één geheel samenvloeiden over een groter of kleiner gedeelte van het bladoppervlak. Hierin ontstonden steeds groter wordende bruine vlekken (fig. 17*c* en 18*c*). Op de schors der eenjarige takken vormden zich al spoedig dezelfde bruine vlekjes als op de eenjarige takken der aan kaliumtekort lijdende planten (fig. 19). Enkele dagen later krulden zich deze bladeren om hun lengteas naar beneden om en vielen zeer vroegtijdig af. Drie van de vier oorspronkelijke planten waren reeds op 15 Mei, voordat zij takken hadden kunnen vormen, afgestorven. Het cambium van deze planten was bruin gekleurd. Deze drie planten werden op 16 Mei vervangen door drie gezonde rhododendron-zinkelingen met uitgespoelde wortels. Op 10 Juni hadden ook deze planten hun bladeren van 1937 laten vallen. Hierop hadden zich eerst nog grote bruine, verdroogde vlekken, willekeurig over het bladoppervlak verspreid, gevormd. Op de schors van de eenjarige takken van deze drie planten ontwikkelden zich weer dezelfde bruine vlekken als op de schors van de eenjarige takken der overgebleven plant, doch in mindere mate. De nieuw gevormde scheuten van de aan Mg-honger lijdende planten en de bladeren, die hieraan tot ontwikkeling kwamen, waren langer en de laatste minder gekruld dan die der aan kaliumtekort lijdende planten (fig. 20, 21 en 22 en tabel XVI). Reeds op 10 Juni hadden de gekrulde, aan magnesiumhonger lijdende bladeren (fig. 20*c*), evenals trouwens de aan kalium- en fosfaathonger lijdende bladeren, een lichtere kleur dan de bladeren uit object 0 Ca (fig. 20*a*). In tegenstelling echter met de gekrulde, aan kaliumhonger lijdende bladeren, vielen zij niet gedurende deze vegetatieperiode vroegtijdig af. In een later, meer volwassen stadium waren de nerven van deze olijfkleurige bladeren, evenals die van aan kaliumhonger lijdende bladeren, geelbruin gekleurd. Ook op de nieuw gevormde scheuten ontwikkelden zich, zoals bij kaliumtekort, niet meer dezelfde bruine vlekken, als op de eenjarige takken. De vertakking van deze planten was buitengewoon gebrekkig (fig. 22*d*). Op 28 tweejarige takken hadden zich slechts 29 eenjarige takken ontwikkeld.

1939.

De planten uit object 0 Mg hadden vrijwel geen bloemknoppen gevormd. Slechts één der vier planten bloeide op 31 Mei met slechts één tros, bestaande uit achttien kleine bloemen. De grootste diameter van één bloem bedroeg gemiddeld slechts 6,7 cm. Als gevolg van de betere watervoorziening in 1939 waren de kleine, olijfgroene, aan Mg-honger lijdende bladeren, die in deze groeiperiode gevormd werden, in tegenstelling met die, welke in 1938 gevormd werden, niet gekruld, doch normaal van vorm. De wortelvorming van de aan magnesiumhonger lijdende planten liet ook te wensen over. Het gemiddelde wortelgewicht van deze planten was betrouwbaar lager dan dat der planten uit object 0 Ca, doch hoger dan dat der aan kaliumhonger lijdende plant. In vergelijking met de planten uit object 0 Ca hadden deze planten meer calcium opgenomen, doch minder N, PO_4, K en Mg (tabel XVII).

C *Fosfaatdeficiëntieverschijnselen bij Rhod. catawbiense Grdfl.*

1937.

Gedurende deze vegetatieperiode hadden de planten uit object 0 PO_4 bronskleurige bladeren gevormd, die, wat hun grootte betreft, niet van de bladeren der planten uit object 0 Ca verschilden.

1938.

Tegen de tijd, dat de knoppen begonnen te zwellen (eind April), ontstonden meestal aan de bladranden van deze bronskleurige bladeren donkerpaarse verkleuringen, die later bruin werden; op deze plaatsen was het bladweefsel afgestorven. In tegenstelling met de bladrandverdroging door kaliumtekort bleef dit verschijnsel beperkt tot een groter of kleiner gedeelte van de bladrand en het aangrenzende weefsel (fig. 17*d* en 18*b*). Bij wijze van uitzondering treedt deze eerste bladnecrose ook wel op tussen bladrand en hoofdnerf. De aan fosfaathonger lijdende planten behielden deze bladeren van 1937 langer dan de aan kalium- en magnesiumhonger lijdende planten. Zij werden pas begin September 1938 afgeworpen. In vergelijking met de planten uit object 0 Ca, die op 21 April 1939 hun bladeren van 1937 nog niet hadden laten afvallen, was deze bladval toch nog vroegtijdig te noemen (fig. 22). Voordat deze bij de rand aangetaste, aan fosfaathonger lijdende bladeren afvielen, kleurden zich eerst nog de primaire en secundaire nerven in het bladcentrum

en vervolgens het gehele bladcentrum bruin. De nieuw gevormde bladeren van 1938 waren al direct, op 10 Juni, lichter gekleurd (fig. 20*b*) dan die der planten uit object 0 Ca (fig. 20*a*). Zij ontwikkelden zich tot normaal gevormde (tabel XVI), bronskleurige bladeren met een laag chlorophylgehalte (tabel XVII).

De nieuw gevormde takken van 1938 waren echter zeer kort (tabel XVI). Ook deze planten waren gekenmerkt door een slechte vertakking (fig. 22); op 35 tweejarige takken hadden zich slechts 39 eenjarige takken ontwikkeld.

1939.

Deze planten hadden vrijwel geen bloemknoppen gevormd. Slechts één der vier planten bloeide op 31 Mei met slechts één tros, bestaande uit slechts negen kleine bloemen, waarvan de grootste diameter gemiddeld 6,8 cm bedroeg. Op de in de vorige vegetatieperiode gevormde bronskleurige bladeren ontwikkelden zich niet meer de typische, plaatselijke, bruine vlekken. De wortelontwikkeling bleek door fosfaattekort nauwelijks geschaad te zijn. Het gemiddelde wortelgewicht van deze planten was slechts onbetrouwbaar lager dan dat der planten uit object 0 Ca. In vergelijking met de planten uit object 0 Ca hadden deze planten meer Ca en Mg, doch minder N, PO_4 en K opgenomen (tabel XVII). In vergelijking met de fosfaatgehalten van Boskoopse gronden, waarvan de P-citr.-getallen variëren tussen ongeveer 25 en 110, traden de fosfaatdeficiëntieverschijnselen dus op bij een middelmatig laag P-citr.-getal, namelijk 42, doch bij een hoog P-getal, namelijk 15. De planten namen echter uit dit groeisubstraat de geringste hoeveelheid fosfaat op, doch een betrekkelijk grote hoeveelheid calcium. Later bleek trouwens ook, dat er tussen de fosfaatopname van rhododendrons en het fosfaatgehalte van de bodem, uitgedrukt in P-getal, P-citr. en P-totaal, geen verband bestaat (hoofdstuk VII). Tot een soortgelijke conclusie kwam men ook in de Java-suikerrietcultuur [Geerts (53) en Visser (214)]. De hoge fosfaatgehalten in het groeisubstraat zonder fosfaatbemesting schijnen onverklaarbaar.

D *Ontwikkeling van de rhododendron-planten uit object 0 Ca tot normale planten*

De planten uit bovengenoemd object ontwikkelden zich gedurende de proefperiode in alle opzichten tot standaardplanten. Het ver-

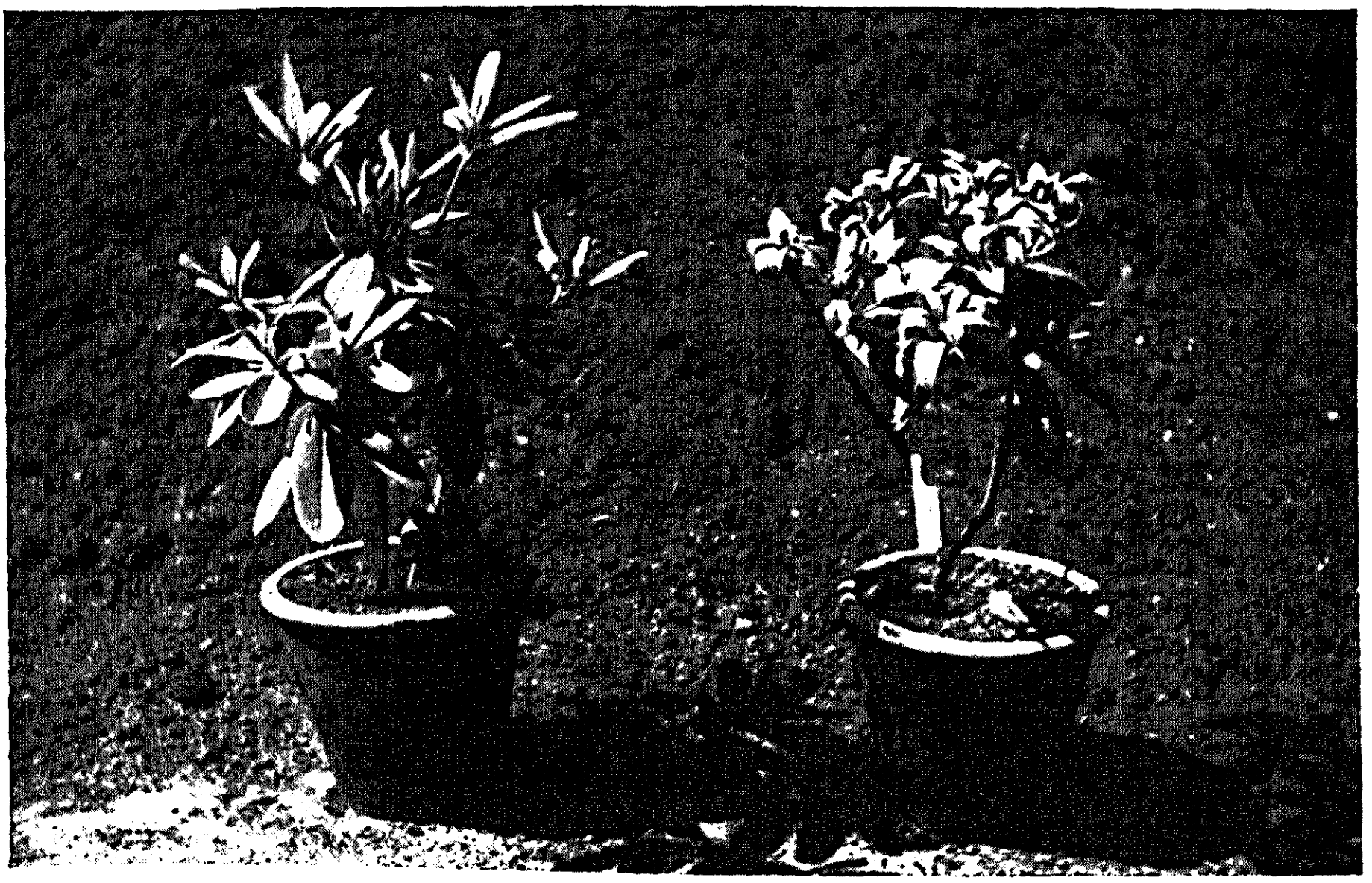
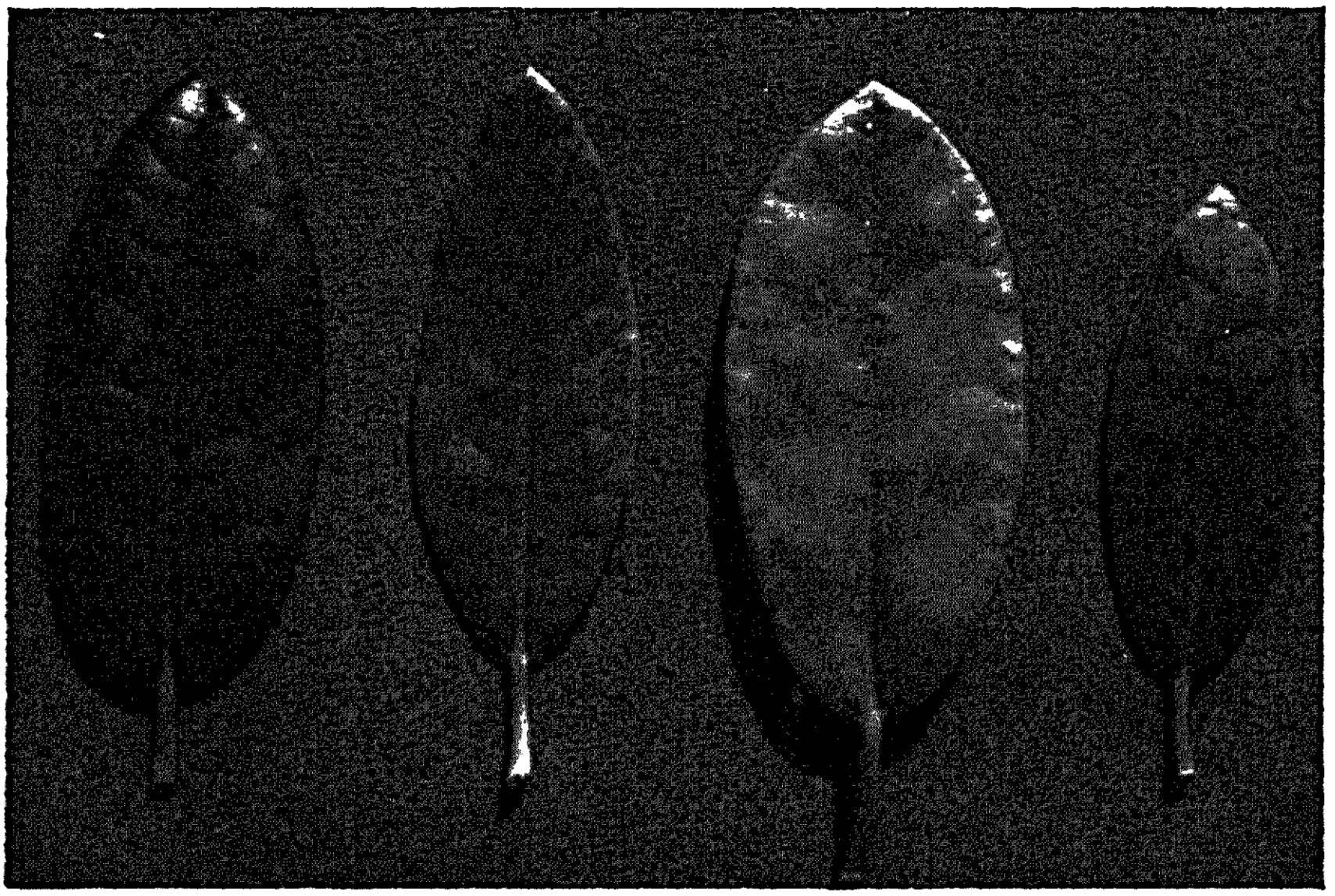


Fig. 25
Links plant uit object 0 Ca, rechts plant uit object 0 K (10 Juni 1938)

Fig. 26
Links: plant uit object contrôle, rechts één uit object 0 K van proef III (10 Juni 1938)
Left: plant from object control, right one from object 0 K of Exp. III (10 June 1938)
Links: Pflanze aus Objekt Kontroll, rechts eine aus Objekt 0 K von Versuch III (10 Juni 1938)
A gauche: plante de l'objet témoin, à droite une de l'objet 0 K de l'expériment III (le dix juin 1938)



a *b* *c* *d*

Fig. 27

Eerste blad van links uit contrôle-object, de andere bladeren uit object met minimale N-bemesting van proef IV. Tweede blad van links vertoont de typische bladrandchlorose

First leaf from left from control object, the other leaves from object with minimum N-fertilisation of Exp. IV. Second leaf from left shows the typical chlorosis of the leaf margin

Erstes Blatt von links aus Kontroll-Objekt, die anderen Blätter aus Objekt mit minimaler N-Düngung von Versuch IV. Zweites Blatt von links zeigt die typische Blattrandchlorose

Première feuille de gauche de l'objet témoin, à droite une de l'objet avec un engraissement de N minimal de l'expériment IV. La deuxième feuille de gauche fait voir la chlorose du contour du limbe

Fig. 28

Aanvankelijke bladmarmering door bekalking bij pH = 4,75 (30 Juni 1939)

Fig. 29

Bladrandchlorose door bekalking bij pH = 6,05 (object 7) (15 Juli 1939)

schil in habitus tussen deze planten en de planten der andere objecten was vooral gedurende de groeiperiode 1938 zeer groot (fig. 25). Reeds spoedig onderscheidden zich deze planten van de andere, niet alleen door de lengte der nieuwgevormde takken (van 1938), doch bovendien door de vorm en vooral de kleur der nieuwgevormde bladeren (fig. 20*a*). De volwassen bladeren waren donkergroen (fig. 17*a*), hadden een vrij hoog chlorophylgehalte en het grootste bladoppervlak. Bovendien hadden deze planten verreweg de langste takken gevormd (tabel XVI). Op 21 April 1939 hadden zij nog niet hun bladeren van 1937 afgeworpen, in tegenstelling met de planten uit de andere objecten (fig. 22). Ook de vertakking van deze planten was zeer normaal. Op 42 tweejarige takken hadden zich 105 eenjarige ontwikkeld. Het waren de best vertakte planten en de knopvorming hiervan was ook zeer geslaagd (fig. 22*b*). Op alle eenjarige takken hadden zich bloemknoppen ontwikkeld, die zich tot de grootste bloemtrossen ontplooiden met gemiddeld 16 bloemen per tros, waarvan de grootste diameter gemiddeld 7,8 cm bedroeg. Tenslotte onderscheidden deze planten zich van die uit de andere objecten door de krachtigste wortelvorming (tabel XVII). Zij namen bovendien in verhouding tot deze minder calcium, doch meer N, PO_4 en K op (tabel XVII).

Niettegenstaande het zoutmengsel, waarmede deze planten bemest werden, het armst aan stikstof was, namen de planten er de grootste hoeveelheid N uit op. Bij deze lage calciumconcentratie oefent de voor rhododendrons reeds vrij hoge pH (= 5,15) van het groeimilieu geen remmende invloed uit op de groei en de zoutabsorptie van deze planten.

E *De betekenis van de Ca : K verhouding in de bodem*

De invloed van deze verhouding was duidelijk waarneembaar bij de planten van het contrôle-object. Deze planten vertoonden nagenoeg dezelfde verschijnselen als de aan kaliumhonger lijdende planten. Ook deze planten moesten op 16 Mei 1938 worden vervangen door vier andere met uitgespoelde wortels; zij hadden op 10 Juni vrijwel alle bladeren laten vallen, terwijl op de schors der eenjarige takken dezelfde bruine stippen ontstonden. De nieuw gevormde takken behoorden evenals die der aan kaliumhonger lijdende planten tot de

kortste der gehele serie, terwijl zich hieraan gemiddeld zelfs nog kleinere, gekrulde bladeren ontwikkelden dan bij kaliumtekort (tabel XVI). De grote overeenkomst in habitus tussen de planten uit dit object en de aan kaliumhonger lijdende planten werd vastgelegd in de figuren 22 en 26. Op 20 Juli 1938 waren van twee der vier planten uit het contrôleobject alle nieuw gevormde bladeren afgevallen. Op de olijfgroene bladeren van beide overgebleven exemplaren waren aan het einde der vegetatieperiode geelbruine nerven ontstaan. Ook de vertakking van deze planten liet te wensen over (fig. 22*a*). Op 10 tweejarige takken ontwikkelden zich slechts 10 eenjarige takken. De knoppen van deze planten liepen, evenals die der aan kaliumhonger lijdende planten, later uit dan normaal.

TABEL XVIII *Ca-K-verhouding in zoutmengsel en bladeren van proef III*

Object	Bladeren mÆ Ca : mÆ K	Zoutmengsel mÆ Ca : mÆ K
Contrôle	7,4	1,8
0 K	19,2	–
0 Mg	1,4	1,4
0 PO_4	2,4	1,5
0 Ca	0,9	–

Er had zich geen enkele bloemknop ontwikkeld. De wortelontwikkeling van deze planten was eveneens buitengewoon slecht (tabel XVII). In vergelijking met de planten uit object 0 Ca hadden deze planten meer calcium en magnesium en minder N, PO_4 en K opgenomen (tabel XVII). Dat speciaal in dit object de Ca-K-concurrentie tot uiting kwam in de habitus der planten en niet in de objecten 0 Mg en 0 PO_4, is in overeenstemming met het feit, dat de Ca-K-verhouding in het mestmengsel, dat in 1938 in eerstgenoemd object werd toegepast, hoger was dan in die van beide laatstgenoemde objecten. De Ca-K-verhoudingen in de bladeren en mestmengsels der verschillende objecten zijn samengevoegd in tabel XVIII.

F *Stikstofdeficiëntieverschijnselen bij Rhod. catawbiense Grdfl.*

Proef IV (1939).

Daar intussen uit het chemisch-analytisch onderzoek van bladeren gebleken was, dat het N-gehalte van bladrandchlorotische bladeren steeds lager was dan dat van normale bladeren, werd in deze

proef, die slechts gedurende één vegetatieperiode (1939) werd aangehouden, getracht, de bladrandchlorose kunstmatig op te wekken door gedeeltelijke onthouding van stikstof aan het groeisubstraat. Bij algehele onthouding van stikstof bestond immers de kans, dat bovengenoemd verschijnsel zich niet zou kunnen manifesteren als gevolg van het totaal achterwege blijven van de groei.

Het kunstmatige groeisubstraat was van dezelfde partij turfstrooisel afkomstig, dat in de vorige proef werd toegepast. De vier parallelpotten van het contrôle-object van deze proef werden op 25 April bemest met een zoutmengsel van dezelfde samenstelling (tabel XV), waarmede de potten uit object 0 Ca van proef III bemest werden en de vier potten van het tweede object met minimale N-bemesting met een zoutmengsel, dat slechts het derde gedeelte van de hoeveelheid KNO_3 bevatte, doch voor de rest dezelfde zouten in dezelfde hoeveelheden. Kaliumdeficiëntieverschijnselen deden zich niet aan de planten uit het tweede object voor, waaruit wij kunnen besluiten, dat de hierdoor eveneens verminderde kaliumvoorziening der planten uit dit object, verder geen invloed heeft uitgeoefend op het eindresultaat. De voorbehandeling van de wortelkluiten der rhododendron-zinkelingen en de plaatsing der potten in met turfstrooisel gevulde bimsbetonbuizen geschiedde op overeenkomstige wijze als in proef III. De planten werden niet beschaduwd, doch wel dagelijks begoten.

De planten uit het contrôle-object ontwikkelden zich wederom in alle opzichten tot standaardplanten met donkergroene bladeren (fig. 27*a*).

Reeds in het begin van Juni was op de bladeren der planten uit het object met minimale N-bemesting een lichtere bladkleur waarneembaar. Het intercostale weefsel van de meeste bladeren kreeg een geelgroene kleur. De nerven met aan weerszijden smalle stroken bladweefsel bleven iets groener van kleur. In een meer volwassen stadium waren deze bladeren egaal geelgroen gekleurd (fig. 27*c*). Op andere bladeren ontwikkelde zich eveneens van begin Juni af de typische bladrandchlorose, die zich in dit stadium vooral bij doorvallend licht openbaarde in geelwitte stippen aan de bladranden en tussen de zijnerven van de eerste orde. In een verder ontwikkeld stadium waren vooral de bladranden van deze bladeren geel gekleurd (fig. 27*b* en *d*).

Aan het einde der vegetatieperiode werden van de bladeren der planten uit beide objecten de gemiddelde lengte, de grootste breedte,

het chlorophylgehalte en de Ca-, K-, Mg-, PO_4- en N-gehalten bepaald. Verder werden van de planten de gemiddelde lengte der takken en het gemiddelde wortelgewicht bepaald. Van een uitgebreid grondonderzoek werd, in verband met de afwezigheid van een geschikte maatstaf voor de N-voeding der planten, afgezien. De resultaten van dit onderzoek zijn samengevoegd in tabel XIX. Hieruit blijkt, dat de wortelontwikkeling niet, de ontwikkeling van het bovengrondse gedeelte van de plant daarentegen wel nadelig is beïnvloed door N-honger. De bladeren van de rhododendron-planten uit objectcontrôle met minimale N-bemesting vertoonden niet alleen de onder deze omstandigheden bij de meeste gewassen optredende egaal geelgroene bladkleur, doch bovendien de typische bladrandchlorose. Deze bladeren bevatten minder N en bladgroen, doch meer as, K, Ca, Mg en PO_4 dan de bladeren der planten uit het contrôle-object.

§ 3 SAMENVATTING DER RESULTATEN

1 De verschijnselen van bladrandchlorose van *Rhododendron catawbiense* Grdfl. in de cultuur komen slechts wat de late bladrandverdroging (hoofdstuk II) betreft, doch overigens in geen enkel opzicht, overeen met de kaliumdeficiëntieverschijnselen, die kunstmatig bij dit gewas werden opgewekt.
De veronderstelling van JACOBI (89), dat één der oorzaken van dit verschijnsel gezocht moet worden in kaliumhonger, werd niet door deze proeven bevestigd.

2 Genoemd verschijnsel komt in geen enkel opzicht overeen met de verschijnselen, waarmede magnesiumhonger gepaard gaat. De magnesiumdeficiëntieverschijnselen van *Rhod. catawbiense* Grdfl. vertonen grote gelijkenis met de kaliumdeficiëntieverschijnselen van dit gewas. Zij zijn echter niet zo uitgesproken en de gevolgen ervan voor het gewas minder catastrophaal.

3 De bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl. doet in geen enkel opzicht denken aan de kunstmatig opgewekte fosfaatdeficiëntieverschijnselen van dit gewas.

4 De bladrandchlorose wordt veroorzaakt door stikstofhonger. Evenals in de rhododendron-cultuur openbaarde zich het stikstoftekort bovendien nog in een meer egaal geelgroene bladkleur.

5 *Rhod. catawbiense* Grdfl. is een kalkmijdend gewas. Calcium vermindert bij de zoutabsorptie de opname van N, PO_4 en K.

TABEL XIX

Onderzoek plantmateriaal uit proef IV

Object	Wortels	Takken	Bladeren									
	Luchtdroog gewicht in g	Lengte in cm	Lengte in cm	Grootste breedte in cm	Gem. bladopp. in cm²	mg chlorophyl per 100 g vers blad	As %	Per 100 g droge stof				
								mÆ K	mÆ Ca	mÆ Mg	mMol PO_4	mMol N
Contrôle	25,6 ± 3,0	6,5 ± 0,31	9,0 ± 0,30	3,4 ± 0,15	21,4	245	4,8	35,1	33,4	20,8	5,30	145,2
Minimale N-bemesting	27,0 ± 2,5	4,0 ± 0,50	6,9 ± 0,21	3,1 ± 0,11	15,0	113	5,3	36,2	38,0	26,5	6,50	101,4

HOOFDSTUK VII

DE INVLOED VAN ENKELE EENZIJDIGE BEMESTINGEN OP *RHOD. CATAWBIENSE* GRDFL. EN DE CONCURRERENDE WERKING VAN CALCIUM BIJ DE ZOUTABSORPTIE

§ 1 LITERATUUR OVERZICHT

De vaak geconstateerde verminderde opname van verschillende elementen door eenzijdige toediening van een ander element zal des te duidelijker aan de dag treden, naarmate het evenwicht tussen de plantenvoedende elementen sterker verstoord wordt. De werking van een bepaalde voedingsstof zal dus niet alleen bepaald worden door de mate, waarin andere noodzakelijke elementen voor de plant beschikbaar zijn, doch bovendien door de reeds in de grond aanwezige en de toegevoegde hoeveelheid van deze voedingsstof. Volgens VOLK en TIEMANN (216) vertonen gewassen, die eenzijdige of overmatige K- of PO_4-voeding ontvangen, het eerst stikstofdeficiëntieverschijnselen, omdat dit element gedurende de gehele vegetatieperiode nodig blijft. De door verschillende onderzoekers vastgestelde verminderde chlorophylvorming, o.a. bij Gramineeën en hakvruchten door eenzijdige PO_4-bemesting [GEHRING (54) (55)] en bij andere gewassen door overmatige K-bemesting [ROHDE (170)], kan inderdaad direct in verband worden gebracht met stikstofhonger van de plant. Bovengenoemde wisselwerkingen zijn in overeenstemming met het chemisch-analytisch onderzoek van plantenmateriaal. WILFARTH en WIMMER (223) stelden vast, dat door K-bemesting het N-gehalte en door N-bemesting het K-gehalte van verschillende gewassen (aardappel, tabak, boekweit, mosterd, haver en suikerbiet) verminderde (tabel IX).

VAN ITALLIE (86) toonde niet alleen aan (Tabel I p. 274), dat door overmatige K-bemesting van de aardappel (Eigenheimer) het K-gehalte in het loof toenam en de N-, PO_4- en Ca-gehalten afnamen, doch bovendien, dat bij te ruime „kaligesteldheid van de grond", een K-bemesting een depressie in zetmeelopbrengst en een

verhoging van het vochtgehalte der knollen veroorzaakte, een verschijnsel, dat in Nederland onder de naam van „verschijnsel van Kok" bekend staat. [1]) In overeenstemming hiermede wordt volgens Dhein (35) de verslechtering van de bladkleur door K-bemesting veroorzaakt door een toename van het vochtgehalte en een hiermede evenredige afname van het schijnbaar chlorophylgehalte der bladeren. Münter (141) toonde aan (tabellen VII en VIII), dat de N-gehalten van tarwekorrels en tarwestro terugliepen door K- en PO_4-bemesting. Door overmatige of eenzijdige N-voeding van gewassen worden de vegetatieve groei en bladkleur verhoogd, doch de generatieve groei (bloemvorming) en wortelvorming sterk geremd, dit laatste door verkorting en verdikking van de zijwortels, althans bij *Coffea arabica* volgens s' Jacob (90). Hij constateerde echter een verkorting van het wortelstelsel van *Coffea arabica* eveneens in zijn proefobjecten met veel fosfor, kalium, magnesium en zwavel, „zodat dit verschijnsel vermoedelijk steeds door een te hoge totaalconcentratie veroorzaakt wordt en niet specifiek voor een bepaald ion is." Enkele mededelingen over de schadelijke invloed van overmatige Mn- en Fe-doseringen worden in hoofdstuk X gedaan.

§ 2 EIGEN ONDERZOEK

Proef V (1939)

Voor de beantwoording van de vraag, door welk element in het bijzonder de donkergroene bladkleur van gezonde rhododendronplanten ontstaat, werd deze proef opgezet. Aan de proefgrond, uitstekende grond voor rhododendron-cultuur, waarvan de samenstelling in tabel VIII is weergegeven, werden de volgende voedingsstoffen toegediend: fosfaat als superfosfaat (handelspraeparaat met 14% P_2O_5), kalium als kaliumsulfaat (44,7% K_2O), vier- en enkelvoudige hoeveelheden stikstof als ammoniumnitraat (35% N), viervoudige hoeveelheid stikstof als kalksalpeter (handelspraeparaat met 15,5% N), mangaan als mangaansulfaat en ijzer als ferrisulfaat. Om de invloed van een calciumbemesting op de zoutabsorptie van enkele van deze voedingselementen te bepalen, werd aan de grond van een gedeelte der objecten bovendien landbouwkalk (handelspraeparaat met 70% $Ca(OH)_2$) toegevoegd.

---

[1]) De Rijkslandbouwconsulent J. Kok, was de eerste, die op dit verschijnsel de aandacht vestigde. Zie de Verslagen der proefboerderijen in de Veenkoloniën van de jaren 1924 e.v.

TABEL XX

Bemesting der objecten van proef V in g per kg droge proefgrond (105° C)

Object	Landbouwkalk	Superfosfaat	Kaliumsulfaat	Ammoniumnitraat	Kalksalpeter	Mangaansulfaat	Ferrisulfaat
1 (contrôle) .	–	–	–	–	–	–	–
2	–	0,71	–	–	–	–	–
3	–	–	3,5	–	–	–	–
4	–	–	–	0,64	–	–	–
5	–	–	–	0,16	–	–	–
6	–	–	–	–	1,44	–	–
7	10,43	–	–	–	–	–	–
8	10,43	0,71	–	–	–	–	–
9	10,43	–	3,5	–	–	–	–
10	10,43	–	–	0,64	–	–	–
11	10,43	–	–	0,16	–	–	–
12	10,43	–	–	–	1,44	–	–
13	–	–	–	–	–	12,0	–
14	–	–	–	–	–	–	10,6

In tabel XX zijn de hoeveelheden der enkelvoudige meststoffen, die in de verschillende objecten aan de grond werden toegediend, in g per kg droge proefgrond uitgedrukt, samengevoegd. De toevoeging van de landbouwkalk had op 6 April 1939, de vermenging van de wel en niet van kalk voorziene grond met superfosfaat, kaliumsulfaat, mangaansulfaat en ferrisulfaat op 7 April plaats. De stikstofmeststoffen werden als overbemesting op 11 Mei gegeven. Op 11 April werden in de potten nagenoeg even grote *Rhod. catawbiense* Grdfl.-zinkelingen met uitgespoelde wortels geplant en daarna tot de randen in met turfstrooisel gevulde kweekbedden geplaatst (fig. 4). Het aantal parallelpotten bedroeg vier per object.

Wat de omstandigheden betreft, waaronder deze proef genomen werd, kan opgemerkt worden, dat de planten tot eind Mei onder een schaduwdak van horren werden gehouden, doch hierna aan het zonlicht werden blootgesteld. Zo nodig werden zij iedere dag met slootwater begoten.

De waargenomen verschijnselen in de objecten 1 t/m 12 en de objecten 13 en 14 kunnen het best besproken worden aan de hand van respectievelijk tabel XXI en XXII.

Object 2.

In vergelijking met onbemest (object 1) heeft de eenzijdige fosfaatbemesting vooral een nadelige invloed uitgeoefend op de wortelvorming en de lengtegroei der takken. De bladeren der planten uit dit object waren kleiner en iets lichter gekleurd, hetgeen een gevolg is van een vermindering in N- en chlorophylgehalte der bladeren.

Object 3.

De gevolgen van de eenzijdige kaliumbemesting waren in dezelfde opzichten funest. De lichte bladkleur van de planten uit dit object wordt behalve door de daling van N-gehalte veroorzaakt door een stijging van het vochtgehalte der bladeren, hetgeen in overeenstemming is met de onderzoekingen van DHEIN (35). In de bladsamenstelling komt de „kalk-kaliwet" van EHRENBERG (40) tot uiting.

De verminderde Ca-opname door K-bemesting of ruime „kaligesteldheid van de grond" zou wel eens één der oorzaken kunnen zijn van de waarneming van GÖRBING en FORTMANN (63), dat in voedselarme grond het pH-optimum van *Azalea indica* lager ligt dan in voedselrijke grond.

Object 4.

De gevolgen van de eenzijdige viervoudige ammoniumnitraatbemesting op de rhododendrons waren in overeenstemming met de verwachtingen. In verband met dit onderzoek echter was het ontstaan van de optimale bladkleur van het allergrootste belang. De bladeren der planten uit dit object hadden, vergeleken met de andere proefplanten, het hoogste N- en chlorophylgehalte. In vergelijking met de planten uit object 1 (contrôle) was de vegetatieve groei van deze planten krachtiger, doch de wortelvorming belangrijk geringer.

Object 5.

De enkelvoudige ammoniumnitraatbemesting heeft vrijwel geen invloed uitgeoefend op groei en bladsamenstelling van de rhododendron-planten.

Object 6.

De bladeren der met kalksalpeter bemeste planten hadden, vergeleken met die uit de andere vijf, niet met kalk behandelde objecten

TABEL XXI — *Onderzoek van grond en plantmateriaal uit proef V*

Object	Behandeling der objecten	Grond					Wortels	Takken	Bladeren										
		pH	Fosforzuur onderzoek			Kali %	Lucht-droog gewicht in g	Lengte in cm	Lengte in cm	Grootste breedte in cm	Bladoppervlak in cm²	mg chlorophyl per 100 g vers blad	Per 100 g droge stof						Vochtgehalte vers blad %
			P-totaal	P-getal	P-citr.								As %	mæ K	mæ Ca	mæ Mg	mMol PO_4	mMol N	
1	geen	4,75	0,215	2	36	0,021	35,0 ±3,3	7,9 ±0,40	7,8 ±0,24	3,3 ±0,10	19,5	207	4,7	10,4	59,4	31,3	2,92	130,0	61,0
2	superfosfaat	4,75	0,234	2	45	0,022	16,8 ±3,0	6,8 ±0,57	7,0 ±0,37	3,2 ±0,14	16,0	197	5,3	11,3	56,6	24,7	3,76	125,0	61,7
3	kaliumsulfaat	4,90	0,217	2	36	0,054	12,7 ±2,1	6,5 ±0,61	7,1 ±0,37	3,1 ±0,14	15,9	151	5,8	41,2	29,9	18,3	3,73	120,0	64,8
4	Am. nitraat (4 N)	4,95	0,252	2	47	0,021	20,0 ±2,6	8,5 ±0,47	8,3 ±0,39	3,5 ±0,14	21,5	302	3,3	8,2	58,4	20,6	3,12	184,1	60,4
5	Am. nitraat (1 N)	4,80	0,213	2	36	0,021	30,0 ±2,5	8,0 ±0,54	8,0 ±0,33	3,3 ±0,10	20,1	210	3,3	8,6	57,2	25,0	3,12	135,0	60,9
6	kalksalpeter (4 N)	4,75	0,210	2	37	0,018	19,2 ±3,3	8,1 ±0,36	8,1 ±0,36	3,2 ±0,14	20,5	265	3,2	10,2	61,3	19,2	3,00	153,7	60,3
7	kalk	6,05	0,235	2	44	0,024	10,5 ±1,4	6,6 ±0,17	7,8 ±0,30	3,1 ±0,10	19,0	140	4,9	9,6	66,9	24,7	2,49	117,0	60,4
8	kalk+superfosfaat	5,80	0,241	2	50	0,022	12,0 ±2,6	5,6 ±0,57	7,1 ±0,37	2,9 ±0,14	15,8	–	4,9	8,9	68,6	18,1	2,56	109,5	60,5
9	kalk+kaliumsulfaat	5,95	0,232	2	44	0,050	11,1 ±2,9	4,1 ±0,36	7,0 ±0,27	2,8 ±0,10	15,5	–	4,4	15,0	63,0	16,6	2,03	120,1	63,3
10	kalk+Am. nitraat (4 N)	5,85	0,230	2	45	0,021	12,2 ±1,1	3,9 ±0,40	6,5 ±0,33	2,6 ±0,14	12,9	125	4,3	6,0	72,6	23,7	1,74	115,6	59,9
11	kalk+Am. nitraat (1 N)	5,85	0,230	2	44	0,022	9,2 ±3,2	5,8 ±0,51	7,6 ±0,36	3,0 ±0,14	17,3	–	3,8	8,0	65,7	16,1	11,5	112,6	60,7
12	kalk+kalksalpeter (4 N)	5,95	0,247	2	56	0,023	10,0 ±2,3	4,5 ±0,27	6,1 ±0,30	2,5 ±0,10	12,3	–	2,5	7,1	74,9	15,9	1,87	101,4	59,9

(1 t/m 5), het hoogste Ca-gehalte. Aanvankelijk waren de bladeren dan ook gemarmerd (fig. 28). In een meer volwassen stadium echter hadden zij een donkergroene kleur als gevolg van een betrekkelijk hoog N- en bladgroengehalte. Dit herstel van de bladkleur was waarschijnlijk niet mogelijk geweest bij dezelfde zuurgraad van de grond uit dit object (pH = 4,75) en een hogere kalksalpeterdosering, evenmin als bij een geringere zuurgraad en dezelfde kalksalpeterdosering. De aanvankelijke bladmarmering demonstreerde echter duidelijk het verschil in werking tussen beide stikstofmeststoffen in zuur milieu en kon niet anders dan een gevolg zijn van de schadelijke kalkwerking. Overigens waren de gevolgen van de overmatige kalksalpeterbemesting identiek aan die van de overmatige ammoniumnitraatbemesting. Ook hierdoor veranderde de $\frac{\text{spruit}}{\text{wortel}}$-verhouding volgens de verwachtingen.

Objecten 7 t/m 12.

De toevoeging van kalk aan de grond heeft een overheersende invloed op de groei van de rhododendrons uitgeoefend. De eerste verschijnselen van bladrandchlorose in alle objecten met gekalkte grond ontstonden reeds begin Juni op halfvolwassen blad. Dit verschijnsel werd in de loop van de vegetatieperiode steeds duidelijker (fig. 29). Het stikstof- en chlorophylgehalte van bladrandchlorotische bladeren is buitengewoon laag. Daar de bladeren uit deze objecten nagenoeg hetzelfde uiterlijk vertoonden, werden de chlorophylgehalten slechts bepaald van de bladeren der planten uit objecten 7 en 10.

De tweede in het oog vallende uiting van de kalkovermaat in de grond was de slechte wortelvorming. Het verschil in wortelvorming tussen de niet en wel met landbouwkalk behandelde grond werd in figuren 30 en 31 vastgelegd. In de onbehandelde grond waren de potkluiten min of meer compact en moesten voor de bepaling van de wortelgewichten met een bijl stukgeslagen worden, terwijl de potkluiten uit de met landbouwkalk behandelde grond bij de geringste aanraking uiteenvielen. De takken en bladeren der planten uit deze zes objecten waren respectievelijk korter en kleiner. De bladeren hadden, vergeleken met de eerste zes objecten, een hoger Ca-, doch een lager N-, K-, Mg- en fosfaatgehalte (tabel XXI). Ook uit deze proefserie blijkt weer de rol, welke calcium bij de zout-

Fig. 32

Bladmarmering door mangaansulfaatbemesting bij pH = 4,55 (30 Juni 1939)

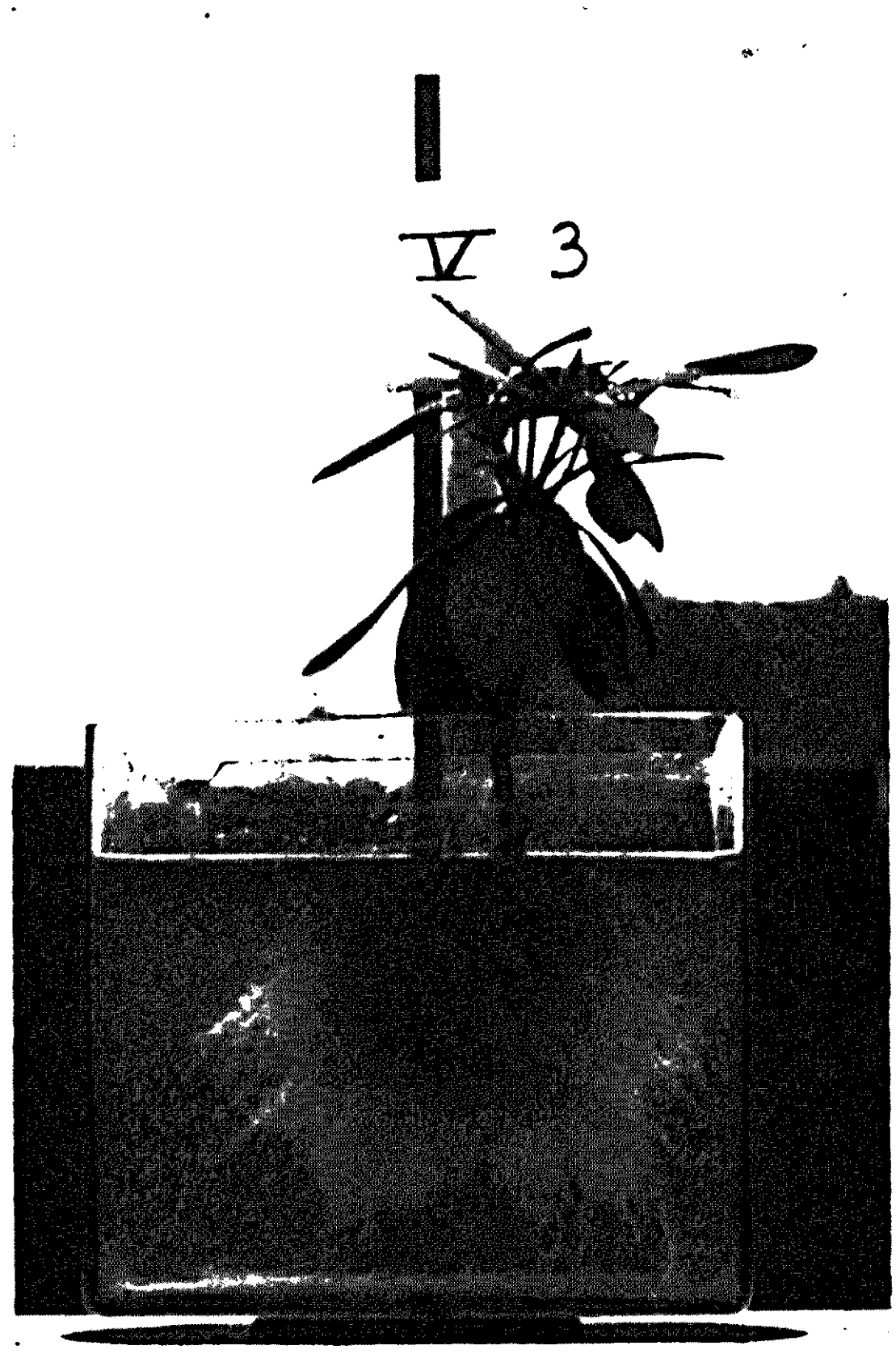


Fig. 33

Rhododendron zonder ijzervoeding bij pH = 4,7

Rhododendron without application of iron with pH = 4,7

Rhododendron ohne Eisennahrung bei pH = 4,7

Rhododendron sans alimentation de fer avec un pH = 4,7

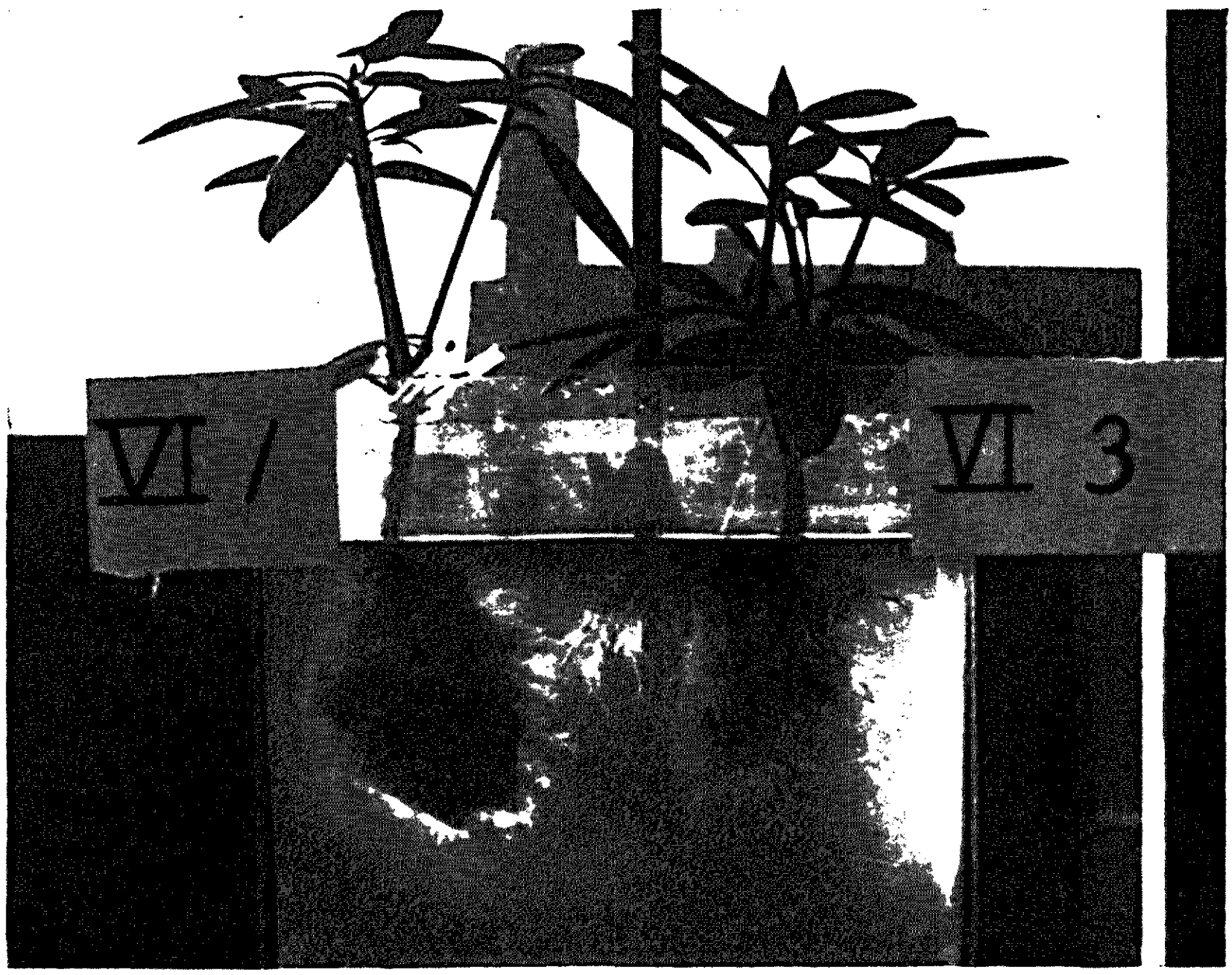


Fig. 34

Rhododendrons met ijzervoeding; links bij pH = 4, rechts bij pH = 4,7

Rhododendrons with application of iron; left with pH = 4, right with pH = 4,7

Rhododendren mit Eisennahrung; links bei pH = 4, rechts bei pH = 4,7

Rhododendrons avec alimentation de fer; à gauche avec un pH = 4 et à droite avec un pH = 4,7

TABEL XXII *Onderzoek van grond en plantmateriaal uit proef V*

Object	Behandeling der objecten	Grond	Wortels	Takken	Bladeren										Vochtgehalte versblad %
									Per 100 g droge stof						
		pH	Luchtdroog gewicht in g	Lengte in cm	Lengte in cm	Grootste breedte in cm	Bladoppervlak in cm²	mg chlorophyl per 100 g vers blad	As %	mÆ K	mÆ Ca	mÆ Mg	mMol PO_4	mMol N	
13	Mangaansulf.	4,55	10,8 ±2,8	3,8 ±0,40	6,1 ±0,32	2,4 ±0,10	12,0	119	5,3	17,5	30,9	14,0	4,47	110,3	65,5
14	Ferrisulfaat	4,35	9,6 ±1,3	2,0 ±0,22	4,6 ±0,30	1,9 ±0,14	7,7	149	3,1	20,1	20,5	27,0	4,84	119,0	64,2

30 Juni 1939 sterk gemarmerde bladeren gevormd (fig. 32) met een gemiddeld bladoppervlak van 16,0 cm² en een chlorophylgehalte van 132. De twee sterker aangetaste planten hadden op deze datum slechts zeer kleine (gem. 8 cm²), gemarmerde bladeren met een chlorophylgehalte van 106 kunnen vormen.

In overeenstemming met bovengenoemd bladbeeld was het gemiddeld N-gehalte der bladeren uit dit object lager dan dat der bladeren der contrôleplanten. Met de bladeren der planten uit object 14 hadden de bladeren der planten uit dit object het laagste Ca-, doch het hoogste fosfaatgehalte, vergeleken met de bladeren der planten uit de eerste twaalf objecten, hetgeen er wederom op wijst, dat bij deze rhododendron, evenals waarschijnlijk bij de meeste rhododendrons, de fosfaatabsorptie omgekeerd evenredig met de calciumabsorptie verloopt. De bladeren uit objecten 13 en 14 waren bovendien gekenmerkt door een hoog vochtgehalte, hetgeen in verband kan worden gebracht met de verdichtende invloed van Ca op het protoplasmamembraan [HANSTEEN-CRANNER (67)]. Aan het einde der vegetatieperiode was één van de beide het sterkst aangetaste planten afgestorven.

Omdat de bladrandchlorose een gevolg zou kunnen zijn van Mn-honger in de plant, werden enige chlorotische bladeren uit de objecten 7 t/m 12 elke dag, vanaf begin Juni, juist toen dit verschijnsel zichtbaar werd, gedurende een maand met een verdunde mangaansulfaatoplossing bestreken. Daar deze behandeling geen resultaat opleverde, is het niet waarschijnlijk, dat dit verschijnsel door Mn-honger werd veroorzaakt.

Object 14.

De sterke ferrisulfaatbemesting van de zure grond heeft de schadelijkste invloed uitgeoefend van alle zouten. De „ijzerbeschadiging" in dit object (pH = 4,35) was veel aanzienlijker dan die in de minder zure grond van proef IX (pH = 5,15). De planten uit dit object lieten al spoedig na het poten hun bladeren hangen. Na enige weken vielen zij af. De knoppen van deze planten liepen eerst uit, toen de takken der planten uit de andere objecten reeds volgroeid waren. De bladeren, die zich tenslotte aan de zeer korte (2,0 cm) takken ontwikkelden, waren abnormaal klein (7,7 cm²), sterk gerold en aan de bladrand geel gekleurd. In tegenstelling met de blad-

randchlorose vertakte zich deze gele band echter niet tussen de zijnerven. Aan het einde der vegetatieperiode waren twee der vier planten afgestorven.

Daar het bestrijken van enige chlorotische bladeren uit de objecten 7 t/m 12 met een verdunde ferrisulfaatoplossing evenmin resultaat opleverde, zoals dit met mangaansulfaat het geval was, is het niet waarschijnlijk, dat de bladrandchlorose door Fe-honger wordt veroorzaakt.

Proef VI

In aansluiting aan bovenbeschreven bepaling van de invloed van ijzerzouten op de ontwikkeling van deze rhododendrons (object 14 vorige proefserie) werd in Wageningen volgens een andere methode nogmaals deze invloed onderzocht, daar aanvankelijk verondersteld werd, dat de bladrandchlorose van deze planten een gevolg van ijzertekort was. Er werden twee objecten, één zonder (V) en één met ijzervoeding (VI) opgezet, met het doel de bladrandchlorose kunstmatig op te wekken in een zuur substraat zonder ijzer. Wij pasten dezelfde stroomcultuurmethode toe van proef II (hoofdstuk V). Nadat de drie parallelvaten van elk object gevuld waren met gezuiverd glaszand, werden in elk dezer vaten twee rhododendronzinkelingen met uitgespoelde wortels geplant. De hoeveelheid voedingsoplossing, die per dag doorstroomde, bedroeg ± 0,5 liter. De samenstelling van de voedingsoplossing, waarmede de planten uit object V gevoed werden, was als volgt:

NH_4NO_3	: 15	mg per liter
$MgSO_4$ 7 aq.	: 272	„ „ „
KCl	: 103	„ „ „
$Ca(H_2PO_4)_2$	: 150	„ „ „

Per liter van deze voedingsoplossing werd 0,5 cm³ van een sporenelementenoplossing van de volgende samenstelling, op 1 liter betrokken, toegevoegd:

1,69	g	H_3BO_3.
1,69	„	$MnSO_4$ 4 aq.
1,69	„	$ZnSO_4$ 7 aq.
0,211	„	$CuSO_4$ 5 aq.

Voor de voeding der planten uit object VI werd nog per liter van de aldus verkregen voedingsoplossing, 10 cm^3 van een ferricitraat-oplossing, welke 1 g ferricitraat per liter bevatte, toegevoegd. De drie vaten uit object V ontvingen de eerste voedingsoplossing met H_2SO_4 aangezuurd tot respectievelijk pH = 4,0 – 4,5 en 4,7; de drie vaten uit object VI de tweede voedingsoplossing, eveneens met H_2SO_4 aangezuurd tot respectievelijk pH = 4,0 – 4,5 en 4,7. De planten uit object V (zonder Fe) ontwikkelden een gezond wortelstelsel (fig. 33). De bladeren waren vrij normaal gekleurd. Blijkbaar was de ijzervoorraad in de plant voldoende voor de vorming van de verschillende nieuwe organen. De planten uit object VI (met ijzer), links bij pH = 4, rechts bij pH = 4,7, ontwikkelden een slecht wortelstelsel (fig. 34), dat niet anders veroorzaakt kan zijn dan door een te hoge ijzerconcentratie in het groeisubstraat.

§ 3 RESULTATEN VAN DE PROEFNEMINGEN

1 De bladkleur van de *Rhod. catawbiense* Grdfl. wordt practisch bepaald door de mate, waarin het voedingselement stikstof kan worden opgenomen. De optimale bladkleur van dit siergewas kan slechts ontstaan, indien de N-absorptie ongestoord kan plaats hebben en dit is mogelijk in een voldoend zuur reagerend groeisubstraat met een pH-waarde kleiner dan 5,1 (hoofdstukken IV en V).
2 In een minder zuur reagerend groeisubstraat werkt Ca niet alleen de N-, doch ook de K-, PO_4- en Mg -absorptie tegen. De bladrandchlorose is echter een gevolg van de verminderde N-absorptie (hoofdstukken VI en IX).
3 Een te hoge calciumconcentratie in het groeisubstraat oefent een zeer nadelige invloed uit op de wortelvorming van *Rhod. catawbiense* Grdfl..
4 Eenzijdige bemestingen van de grond met superfosfaat, kaliumsulfaat, ammoniumnitraat, kalksalpeter, mangaansulfaat en ferrisulfaat oefenen een zeer nadelige invloed uit op dit gewas.
5 Tussen de fosfaatopname van dit gewas en het fosfaatgehalte van de bodem, uitgedrukt in P-totaal, P-citr. en P-getal werd geen verband gevonden. De fosfaatabsorptie van deze rhododendron wordt geregeld door de kalktoestand van het groeisubstraat. In zure grond is de fosfaatabsorptie maximaal.

6 Tussen de kaliumopnamè van deze rhododendron en het kaligehalte van de grond is evenmin een verband gevonden. De kaliumabsorptie van dit gewas wordt geregeld door de kalktoestand van het groeisubstraat en verloopt in de geest van de „kalk-kaliwet" van EHRENBERG (40).

7 Tussen de chlorophyl- en N-gehalten van de *Rhod. catawbiense* Grdfl.-bladeren bestaat een evenredig verband.

8 De „mangaan- en ijzerbeschadigingen" treden sterker op de voorgrond, naarmate de zuurgraad van de grond hoger is.

HOOFDSTUK VIII

DE INVLOED VAN DE DROOGTE OP HET ONTSTAAN VAN DE BLADRANDCHLOROSE

§ 1 LITERATUUROVERZICHT

De grote invloed van het weer op de plantengroei in het algemeen blijkt uit talrijke phenologische gegevens, die in verschillende landen voor diverse gewassen verzameld worden. Uit deze waarnemingen blijkt, dat o.a. de mate van vochtigheid van lucht en bodem een grote invloed uitoefenen op de ontwikkeling der planten. Over het algemeen groeien de vertegenwoordigers van het geslacht *Rhododendron* bij voorkeur in een vochtige omgeving (hoofdstuk I). Toch vertonen de verschillende *Rhododendron*-soorten ten aanzien van hun gevoeligheid voor droogte grote onderlinge verschillen. Volgens Stoker (201) zijn de alpinesoorten het best bestand tegen droogte. De mate van gevoeligheid van de rhododendron voor droogte wordt volgens dezen auteur in de eerste plaats bepaald door de erfelijke aanleg en minder door de anatomische en morphologische bouw dezer planten of door de milieu factoren van de natuurlijke standplaats. Hij is van mening, dat de groeiomstandigheden in de natuur en de cultuur niet volkomen identiek behoeven te zijn: „There are records too of such rhododendrons as decorum, racemosum, and lutescens (all good resisters in cultivation) growing in thickets in western China, where both evaporation from the soil and transpiration from the foliage is limited by the shade of neighbouring shrubs. We are therefore justified in concluding that rhododendrons which require shade in Great Britain do not invariably frequent shady situations in nature, and that species known to be tolerant of exposure and drought in our gardens, are not confined to corresponding positions under their natural environment. If this indicates anything, it means that their natural surroundings have not impressed them with any fixed preference in this direction. In other words, that their hereditary traits (whatever they may be) must be stronger than the influence of environment."

Rhod. catawbiense Michx. is in de natuur een bewoner van vochtige plaatsen (hoofdstuk I). Op overeenkomstige wijze gedraagt *Rhod. catawbiense* Grdfl. zich ook in de cultuur. Het is b.v. de Boskoopse rhododendron-kwekers bekend, dat de chlorotische verschijnselen van dit gewas spoediger optreden in droge dan in vochtige, zogenaamde „opdrachtige" grond. Barnette en Mowry (9) wijzen op de schadelijke invloed van zowel overmatige vochtigheid als van droogte op *Azalea indica:* „In one instance where the water table was only 10 inches below the surface, the plant had an appearance not unlike those affected with lime chlorosis, although the soil was sufficiently acid in reaction. A distinct curtailment of the water supply first causes extreme wilting of the foliage and soon brings about a dying back of twigs and a definite lack of thrift in the plant" (p. 76). De chlorose van lupine op kalkrijke grond komt volgens Parsche (154) door grote bodemvochtigheid eerder tot uiting. Volgens Molz (140) wordt de „kalkchlorose" van de druif zowel door grote vochtigheid als door droogte versterkt. In het eerste geval vertoonden de chlorotische druivenplanten bovendien wortelrotverschijnselen, die echter vermoedelijk primair het gevolg van een zuurstoftekort in de bodem zijn, want op p. 719 schrijft hij: „Es zeigt aber die Tabelle weiter, dasz der Kalkgehalt allein die Chlorose nicht auslöst, denn die Fälle dasz die neben oder oberhalb der chlorosestelle liegenden, gesunden Weinbergsdistrikte einen höheren Kalkgehalt als die ersteren aufweisen, sind ziemlich zahlreich."

Ehrenberg (40) acht een verhoging van de Ca-concentratie in de druivencultuurgrond, volgens Molz (140) een gevolg van te grote bodemvochtigheid, op redelijke gronden niet waarschijnlijk. Volgens dezen onderzoeker ontstaat de hoge Ca-concentratie in het bodemvocht juist door droogte: „Trockene Jahre dagegen bieten durch reichliche Durchlüftung, Wärme und gesteigerte Kapillartätigkeit im Boden alle Bedingungen, um stark mit kohlensauren Kalk angereicherte Bödenlösungen im Bereich der Pflanzenwurzeln zu halten" (p. 133). Op deze wijze verklaart hij de grotere vatbaarheid van gewassen voor „kalkchlorose" door droogte.

Beschouwen wij vervolgens speciaal de wortelontwikkeling onder invloed van de bodemvochtigheid, dan blijkt, dat de wortels zich bezwaarlijk in die delen van het bodemvolume ontwikkelen, waar de verhouding van vocht tot lucht te ruim is geworden of met andere woorden, de zuurstofdruk beneden een bepaald minimum

is gedaald. Volgens de recente onderzoekingen van HENDRICKSON en VEIHMEYER (70) staat aan de andere kant vast, dat voor de wortelontwikkeling van een plant een minimumvochtgehalte van de bodem vereist wordt: „roots will not grow into soil which contains less moisture than the permanent wilting percentage".

§ 2 EIGEN ONDERZOEK

Proef VII (1939)

Om bovenvermelde ervaring uit de Boskoopse culturen te verifiëren, werd deze proef opgezet op de hieronder beschreven wijze. Zij bestond uit twee series objecten, die door een verschillend vochtgehalte van de proefgrond van elkaar onderscheiden waren. Daar het bij deze sterk humeuze grond niet eenvoudig is van een bepaald vochtgehalte van de grond, vastgesteld volgens een der bekende methoden voor de bepaling van de watercapaciteit, uit te gaan, werd als maatstaf voor de maximale hoeveelheid water, welke de grond kan vasthouden, die hoeveelheid water genomen, welke de grond in natuurlijke ligging na een regenrijke periode bevatte. Daartoe werd met een cylindrische bus een monster natte grond uitgestoken, gewogen, daarna gedroogd bij 105° C en vervolgens weer gewogen. De aldus gevonden hoeveelheid water is te beschouwen als het maximale, natuurlijke vochtgehalte van de grond. De vochtgehalten van de grond uit series I en II tussen 17 April en 26 Juni werden behalve in procenten van de grond, in procenten van het maximale natuurlijke vochtgehalte (m.n.v.) uitgedrukt. Daar de hoeveelheid droge stof van de grond uit elke pot bekend was, kon door toevoeging van water, door middel van een glazen cylinder, die tot onder in de potten reikte, op de manier van ECKSTEIN, BRUNO en TURRENTINE (39 fig. XVII), het vochtgehalte van de grond uit beide series op 26 April, 10 Mei, 23 Mei, 2 Juni en 26 Juni op een bepaald niveau gebracht worden. Hiertoe moesten de openingen onder in de potten met gummikurken worden afgesloten. Het gemiddelde vochtgehalte der gronden van beide series in een bepaalde periode werd berekend uit het gemiddelde vochtgehalte aan het begin en aan het einde van deze periode. Tabel XXIII geeft een overzicht van de gemiddelde vochtgehalten van de grond van series I en II in zes perioden tussen 17 April en 26 Juni.

Om na te gaan, of de invloed van droogte op deze rhododendron bij

TABEL XXIII *Vochtgehalte van de grond*

Periode	Serie I		Serie II	
	% m.n.v.	% grond	% m.n.v.	% grond
17–26 April	77,0	46,2	92,0	55,2
26 April–10 Mei	76,2	45,7	92,3	55,4
10–23 Mei	75,2	45,1	92,2	55,3
23 Mei–2 Juni	76,3	45,8	91,5	54,9
2–12 Juni	75,7	45,4	90,8	54,5
12–26 Juni	74,2	44,5	90,5	54,3
Gem. 17 April–26 Juni . . .	**75,8**	**45,4**	**91,6**	**54,9**

verschillende zuurgraden van de grond verschillend is, werden binnen elke serie vier objecten met verschillende pH's ingelast. Door de proefgrond met een pH=5,1 en een humusgehalte (gloeiverlies) van 40,4% (omgerekend op droge stof), werden, ter verkrijging van vier pH-trappen, per 1000 g humus respectievelijk 0, 2,5 g (1 S), 7,5 g (3 S) en 12,5 g (5 S) zwavelpoeder gemengd. Aan het einde der proef bleek uit de pH-metingen, dat het verschil in vochtgehalte der gronden van beide series geen invloed had uitgeoefend op de intensiteit van de bacteriologische zwaveloxydatie. De pH-waarden van de gronden uit de potten van beide overeenkomstige objecten van beide series schommelden dicht om bepaalde gemiddelden. De gemiddelde pH-waarden van de gronden, die per 1000 g humus geen en 2,5, 7,5 en 12,5 g zwavel hadden ontvangen, bedroegen respectievelijk 5,10, 4,90, 4,70 en 4,35. Het aantal parallelpotten bedroeg weer vier per object.

De rhododendron-zinkelingen met uitgespoelde wortels werden op 17 April in de potten geplant en de potten vervolgens in een kas tot aan de randen in een met turfstrooisel gevuld kweekbed geplaatst. Om bladverbranding te voorkomen werd over het kweekbed een schaduwdak van horren aangebracht. Zo nodig werd hier in zonrijke perioden nog een linnen doek over gespannen. Op 26 April ontving elke pot 1 g A.S.F.-tablet van de samenstelling 15 : 20 : 25 ($N : P_2O_5 : K_2O$).

Serie I.

De planten uit deze serie liepen veel later uit dan die uit serie II. Op 19 Mei waren de knoppen van eerstgenoemde planten pas flink gezwollen, toen zich uit die der laatstgenoemde planten reeds tak-

ken met bladeren hadden ontwikkeld. Tussen de planten uit de verschillende objecten van serie I was geen verschil in ontwikkeling waar te nemen. Alle planten vormden tenslotte slechts zeer korte takken met vrij kleine, chlorotische, slappe bladeren, op dezelfde wijze naar beneden omgekruld als de aan kaliumhonger lijdende bladeren van proef III (tabel XXIV) (fig. 35) (fig. 36).

Daar de bladrandchlorose zich reeds begin Juni op alle planten van deze serie voordeed, had het geen zin nog langer dan tot 26 Juni de invloed van het vochtgehalte van de grond op het ontstaan van dit verschijnsel na te gaan. Vanaf deze datum werden daarom alle planten buiten tot de randen in met turfstrooisel gevulde kweekbedden geplaatst. Het hemelwater was niet meer in staat, de chlorose, waaraan alle planten uit serie I leden, te genezen (fig. 37).

TABEL XXIV

Onderzoek van plantmateriaal van proef VII

Serie	Takken	Bladeren	
	Lengte in cm	Lengte in cm	Grootste breedte in cm
I	2,8 ± 0,25	6,0 ± 0,27	2,6 ± 0,12
II	6,0 ± 0,67	8,2 ± 0,27	3,4 ± 0,11

Serie II.

De ontwikkeling der planten uit deze serie was aanmerkelijk beter dan die der planten uit serie I (tabel XXIV) (fig. 36). In tegenstelling met de planten uit de andere objecten van serie II hadden slechts de planten uit het onbehandelde object zwak chlorotische bladeren gevormd.

§ 3 RESULTATEN VAN DEZE PROEF

1 De ervaring uit de Boskoopse culturen, dat de verschijnselen van de bladrandchlorose door droogte van de grond worden versterkt, wordt door deze proeven bevestigd.

2 Bovengenoemd verschijnsel ontwikkelt zich dus niet slechts in normaal vochtige gronden met een pH $> 5,1$, doch bovendien in voor de rhododendron voldoende zuur reagerende grond met een te laag vochtgehalte, dat in deze proef gemiddeld slechts 24% lager was dan het vochtgehalte van de grond na een regenrijke periode.

Fig. 35
Bladrandchlorose door droogte bij pH = 4,35 (30 Juni 1939)

Fig. 36
Ontwikkeling van rhododendrons bij pH = = 4,35, links bij een gemiddeld vochtgehalte van de grond van 45,4 %, rechts bij een gemiddeld vochtgehalte van 54,9 %.

Fig. 37
Bladrandchlorose door droogte bij pH = 4,35 (15 Juli 1939)
Chlorosis of the leaf margin in a sufficiently acid (pH = 4,35) but too dry a soil (15 July '39)
Blattrandchlorose durch Trockenheit bei pH = = 4,35 (15 Juli 1939)
Chlorose du contour du limbe du Rhododendron, qui s'est développé dans une terre suffisamment acide (pH = 4,35) mais trop sèche (le 15 juillet 1939)

HOOFDSTUK IX

CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN GEZONDE EN ZIEKE BLADEREN EN TAKKEN

§ 1 LITERATUUROVERZICHT

A *Asgehalte, assamenstelling en N-gehalte*

Het asgehalte van verschillende planten, die zich in hetzelfde groeisubstraat ontwikkelen, kan zeer uiteenlopend zijn. Kwantiteit en kwaliteit van plantenas worden nl. beïnvloed door het electief vermogen van de plant [Arisz (2 p. 467), Benecke-Jost (14 p. 131)].

Verder is gebleken, dat het asgehalte van dezelfde plant niet constant is onder invloed van uiteenlopende, uitwendige omstandigheden. Door droogte b.v. loopt het asgehalte van planten, dat gewoonlijk uitgedrukt wordt in percenten van het drooggewicht, op. Volgens Münter (141) waren de gehalten aan N, PO_4 en K in tarwestro in ongunstige jaren met lage producties hoger dan in gunstige jaren met hoge producties, omdat in verhouding de productie van droge stof kleiner was dan de zoutabsorptie. Daarom zijn volgens dezen onderzoeker de N-, PO_4- en K-gehalten van plantenorganen geen bruikbare maatstaven voor de beoordeling van de voedselbehoefte van de grond. Neller (141) stelde een soortgelijk verband tussen klimaat en asgehalte van lucerne vast.

De oorzaak van deze verschijnselen ligt in de variatie van een aantal klimatologische factoren, zoals lichtintensiteit, temperatuur, vochtgehalte en zuurstofdruk van het groeimilieu, waardoor zowel de wortelfunctie als de koolzuurassimilatie worden beïnvloed. Behalve deze genoemde factoren, die speciaal betrekking hebben op de algemene groeivoorwaarden van de plant, heeft de voedseltoestand van de grond een meer specifieke invloed op het asgehalte der planten. Het is bewezen, dat het asgehalte van bepaalde planten van zoutrijke gronden hoger is dan dat van dezelfde planten van zoutarme gronden [Arisz (2 p. 464)] en eveneens, dat het asgehalte

toeneemt door bemesting [Mac Hargue (120 tabellen III en IV)]. Dat nitraatstikstof het asgehalte van planten verhoogt en ammoniumstikstof dit verlaagt [Russell (177 tabel XIV), Schropp (189)], houdt verband met het feit, dat een verhoogde anionenopname een verhoogde kationenopname tot gevolg heeft en omgekeerd. Volgens Ziegenspeck (229) bezitten mycotrophe planten, dus ook rhododendron-planten, een laag asgehalte, daar zij de stikstof in de vorm van aminozuren of als ammoniumion opnemen. Chlorotische rijstplanten zijn volgens Willis en Carrero (225) asrijker dan gezonde. Daar de verhoudingen bij deze rhododendrons andersom zijn, is het van belang te weten, hoe zij dit hoger asgehalte verklaren: „It is shown that the green plants had an ash content which was less than that of chlorotic plants, but the high ash content of the latter may have been due to the depression of carbonassimilation and to a consequent small quantity of carbonaceous matter in the plant." Volgens Kostytschew (106 p. 134 en 174) echter is: „ein Fall, wo die Intensität der Photosynthese durch Chlorophyllmangel limitiert wäre, noch nicht verzeichnet worden".

Bij de proefplant is de slechte wortelvorming in een te weinig zuur reagerende grond (hoofdstukken V en VII) en de als gevolg hiervan geringere zoutabsorptie vermoedelijk de oorzaak, dat de door de bladrandchlorose aangetaste bladeren een lager asgehalte bezitten dan gezonde rhododendron-bladeren.

Behalve dat verschillende planten grote onderlinge verschillen in asgehalten vertonen, zijn de asgehalten van verschillende organen van dezelfde plant ook zeer uiteenlopend [Arisz (2 p. 464), Strasburger (203 p. 208)]. De bladeren zijn de asrijkste organen van een plant; takken zijn steeds armer aan as dan bladeren [Benecke-Jost (14 p. 131, 132), Kostytschew (107 p. 227)].Gemiddeld variëert volgens Kostytschew (107 p. 228) het asgehalte van bladeren, in percenten drooggewicht uitgedrukt, tussen 8 en 12. Terloops zij medegedeeld, dat N geen asbestanddeel is, daar dit element zowel in geoxydeerde als in gereduceerde vorm vluchtig is. Enkele planten met een zeer hoog asgehalte in de bladeren, o.a. *Beta vulgaris* met 29,2% en *Nicotiana tabacum* met 22,8% as, worden in het handboek van Kostytschew (107 p. 228) genoemd.

Evenals de kwantiteit loopt ook de kwaliteit van de as van verschillende planten zeer uiteen. Van 34 bekende plantensoorten in rijpe toestand, variëren volgens Parker en Truog (153) de N-, Ca-,

Mg-, K- en P-gehalten, in percenten drooggewicht uitgedrukt, respectievelijk tussen 0,96–4,02, 0,30–2,69, 0,09–0,74, 0,75–3,06 en 0,16–0,72. BERTRAND en SILBERSTEIN (17) stelden bij 27 andere bekende gewassen een variatie in N-gehalte vast van 2,04–5,3% (drooggewicht).

B *Chlorophylgehalte*

Volgens DHEIN (35) wordt de bladkleur bepaald door het bladgroengehalte per oppervlakte eenheid. Aangezien bij dezelfde plant het bladoppervlak evenredig verandert met het gewicht van de verse bladmassa, betrekt hij de hoeveelheid bladgroen op het gewicht van de verse bladmassa. Het aantal mg bladgroen per 10 g verse bladmassa noemt hij het schijnbaar chlorophylgehalte. [1]) Onder het werkelijk chlorophylgehalte verstaat hij het aantal mg bladgroen per gram droge stof. Het schijnbaar chlorophylgehalte zou een betere maatstaf voor de bladkleur zijn, terwijl de bladgroenvorming meer verband houdt met het werkelijk chlorophylgehalte. Het bladgroengehalte van planten is zeer gevariëerd. Volgens verschillende onderzoekers, die door BENECKE-JOST (14 p. 184), VON FABER (42) en KOSTYTSCHEW (106 p. 106) vermeld worden, is over het algemeen het chlorophylgehalte van schaduwbladeren hoger dan dat van zonnebladeren. Ook volgens de onderzoekingen van VON FABER (42) is het chlorophylgehalte van *Rhod. retusum* bij hoge lichtintensiteiten kleiner dan bij lage lichtintensiteiten.

Teneinde een basis voor vergelijking te hebben is het gewenst, de chlorophylgehalten van enige andere gewassen te vermelden. Over het algemeen variëert het chlorophylgehalte van de bladeren van verschillende planten tussen 600 en 1200 mg per 100 g droge stof [BENECKE-JOST (14 p. 183), KOSTYTSCHEW (106 p. 106)]. In tabel XXV zijn de chlorophylgehalten van enkele bekende gewassen volgens JAVILLIER en GOUDCHAUX (92) samengevoegd.

C *Perssap*

Volgens ATKINS [vgl. INGALLS en SHIVE (85)] variëert de reactie van het celsap van verschillende planten tussen pH 1,4 en 8,0. Deze

---

[1]) Gemakshalve handhaven wij deze onjuiste naam voor het op verse bladmassa betrokken chlorophylgehalte.

TABEL XXV

Chlorophylgehalten van de bladeren van enkele gewassen volgens JAVILLIER *en* GOUDCHAU

Gewas		mg chlorophyl per:	
		100 g vers blad	100 g droge sto
Pinus maritima	(Oct.)	12,1	25,7
Salix fragilis	(Oct.)	77,3	258,0
Laurus nobilis	(Oct.)	177,0	442,0
Prunus laurocerasus	(Oct.)	70,0	184,0
Rosa	(Juli)	125,0	–
Syringa vulgaris	(Mei)	265,0	773,0
Aesculus hippocastanum	(Mei)	166,0	662,0
Spinacea oleracea	(Sept.)	84,6	846,0
,, ,,	(Oct.)	88,3	846,0
,, ,,	(Nov.)	106,7	754,0
,, ,,	(Maart)	81,0	699,0
Petrosilinum sativum	(Oct.)	209,8	–
Daucus carota	(Oct.)	81,0	–
Nicotiana tabacum	(Juli)	20,6	–
Triticum vulgare	(Juni)	298,0	1214,0

TABEL XXVI

pH-waarden van het celsap van een aantal gewassen volgens INGALLS *en* SHIVE

Gewas	pH celsap	Bladeren
		mg Fe (totaal) per g droge stof
Bryophyllum	4,04	0,137
Rumex	4,24	0,219
Polygonum Fagopyrum	5,10	0,269
Sedum	5,16	0,278
Nicotiana tabacum	5,74	0,325
Solanum Lycopersicum	5,87	0,297
Asparagus	5,87	0,373
Glycine soja	6,01	0,469
Trifolium	6,10	0,571

zuurgraad is een gevolg van de aanwezigheid van organische zuren in hoofdzaak oxaal-, appel- en citroenzuur. Om de pH van de cel sappen van *Rhod. catawbiense* Grdfl. en enige andere gewassen me elkaar te kunnen vergelijken, zijn in tabel XXVI de gemiddelde pH

waarden van het celsap van een aantal gewassen volgens INGALLS en SHIVE (85) samengevoegd.

De reactie van het celsap wordt o.a. beïnvloed door de belichting van de plant. Overdag reageert het celsap over het algemeen minder zuur dan 's nachts, omdat gedurende de nacht als gevolg van onvolmaakte ademhaling organische zuren zouden ontstaan, die overdag door de bij de koolzuurassimilatie vrijkomende zuurstof weer zouden worden geoxydeerd [GUSTAFSON (66), INGALLS en SHIVE (85)]. Bij dikbladige planten zijn de verschillen tussen de dagelijkse maximum en minimum-pH-waarden groter dan bij dunbladige planten [INGALLS en SHIVE (85)]. Deze onderzoekers trekken hieruit de conclusie, dat een vergelijking van de reacties van celsappen van verschillende planten slechts mogelijk is, indien de bepaling van de pH gedaan is in celsappen van plantenmateriaal, dat op hetzelfde tijdstip geoogst werd.

Volgens CLEVENGER [vgl. INGALLS en SHIVE (85)] stijgt de pH met de temperatuur.

Over de invloed van de calciumvoeding van de plant op de reactie van het celsap zijn de verschillende onderzoekers het niet met elkaar eens. Volgens HAAS [vgl. INGALLS en SHIVE (85)] stijgt in tien van de veertien gevallen de pH van het celsap van een aantal bekende landbouwgewassen door toevoeging van kalk aan de grond. NIGHTINGALE en medewerkers (149) stelden echter vast, dat „in homologous fractions of plus and minus calcium tomato plants the tissue and expressed sap were not materially different". Dit laatste moet in verband worden gebracht met het regulerend vermogen van elke plant om de specifieke zuurgraad van haar celsap te handhaven [ARISZ (2 p. 475)]. Volgens DHEIN (35) kan een verandering van de zuurgraad van het celsap gecompenseerd worden door een verandering van het watergehalte, dus als gevolg van het physisch aanpassingsvermogen van de plant. In de tweede plaats kunnen door het selectievermogen van het protoplasma bepaalde bestanddelen uit het celsap geweerd worden, terwijl de plant tenslotte in staat is, door haar chemisch aanpassingsvermogen, een verstoord ionenevenwicht te herstellen, b.v. binding van de in overmaat opgenomen calcium door oxaalzuur, waarvan de vorming anders volgens verschillende physiologen achterwege was gebleven. Aan de andere kant dient volgens PARKER en TRUOG (153) het grootste gedeelte van het door de plant opgenomen calcium voor neutralisatie van

organische zuren. KAPPEN en ZAPFE (96) komen evenals DHEIN tot de conclusie, „dass die Kalkdüngung auch in der stärksten Gabe keinen nachweisbaren Einfluss auf die wahre Azidität der Säfte ausgeübt hat. Da man nun auch wohl ohne chemische Untersuchung der Pflanzen annehmen darf, dass sie aus den mit Kalk gedüngten Böden mehr Kalk in sich aufgenommen haben, als aus dem nicht mit Kalk gedüngten Vergleichsboden, so muss aus dem Versuche der Schluss gezogen werden, dass die Pflanzen mit Erfolg bemüht sind, auf einem an basischen Stoffen reichen Boden sich den ihren Säften eigenen Aziditätsgrad zu erhalten. Bei Einwirkung basischer Stoffe aber wird die Befähigung der Pflanzen, in ihrem Stoffwechsel selbst freie Säuren zu erzeugen, die zur Neutralisation solcher Stoffe dienen können, das Mittel zur Erhaltung der ihnen eigenen Wasserstoffionenkonzentration sein".

Uit de hier gepubliceerde onderzoekingen met een vertegenwoordiger van het geslacht *Rhododendron* blijkt echter, dat dit regulatievermogen niet voor alle planten onbegrensd is. Dit is in overeenstemming met hetgeen HOAGLAND en BROYER (79) hieromtrent mededelen: „As far as can be determined from observations on composite expressed sap, the cells do not on the whole undergo large changes in their pH values as a result of salt absorption, unless injury occurs. The organic acids were especially concerned with these adjustments."

Tenslotte zij erop gewezen, dat bij verschillende planten de reacties van de celsappen van verschillende organen van dezelfde plant grote verschillen kunnen vertonen. INGALLS en SHIVE (85) toonden b.v. aan, dat het celsap van de stengels van boekweit belangrijk zuurder was dan dat der bladeren.

§ 2 EIGEN ONDERZOEK

A Resultaten van de blad- en takanalysen

Deze worden behandeld aan de hand van tabellen XXVII, XXVIII en XXIX. De blad-, tak- en perssapmonsters met dezelfde nummers zijn afkomstig van dezelfde groep *Rhod. catawbiense* Grdfl.-planten.

1 Het droge stofgehalte van takken is hoger dan dat van bladeren.
2 Het droge stofgehalte van takken en bladeren van zieke planten is hoger dan dat van gezonde planten.

TABEL XXVII *Samenstelling bladeren van gezonde rhododendron-planten*

Blad-monster no	Vers blad			Per 100 g droge stof								Verhoudingen	
	Droge stof %	As %	Water %	As %	mMol N	mÆ Ca	mÆ Mg	mÆ K	mÆ Na	mMol PO_4	mg Fe	mÆ Ca / mÆ Mg	mg Ca / mg N
1	44,73	2,75	55,27	6,15	204,9	86,1	41,0	20,5	4,92	3,29	8,18	2,1	0,6
2	46,0	2,25	54,0	4,90	170,4	60,5	28,63					2,1	0,5
3	45,39	2,0	54,61	4,40	141,1	59,26	25,76					2,3	0,6
4	46,71	2,26	53,29	4,84	128,3	35,92	20,0					1,8	0,4
5	45,32	2,29	54,68	5,05	176,9	74,30	39,1					1,9	0,6
6	45,32	2,12	54,68	4,68	150,0	52,53	27,64					1,9	0,5
7	44,0		56,0		174,3								
8	45,17		54,83		158,2								
9	44,93		55,07		174,1								
10	46,04		53,96		181,6								
11	44,14		55,86		158,1								
12	44,19		55,81		152,8								
13	44,05		55,95		193,5								
14	44,87		55,13		167,9								
15	45,60		54,40		161,3								
16	46,57		53,43		215,0								
17	45,36		54,64		191,1								
18	44,97		55,03		174,6								
19	46,72		53,28		184,6								
20	44,96		55,04		163,9								
21	45,76		54,24		160,2								
22	45,36		54,64		180,1								
23	45,39		54,61		185,2								
24	47,32		52,68		173,2								
25	44,05		55,95		163,0								
26	45,05		54,95		178,5								
gem.	**45,31**	**2,28**	**54,69**	**5,0**	**171,64**	**61,44**	**30,36**					**2,0**	**0,5**

3 Het asgehalte van *Rhod. catawbiense* Grdfl. is in vergelijking met dat van andere gewassen zeer laag. Evenals de meeste andere Ericaceeën (hoofdstuk I) behoort deze rhododendron tot de oligotrophe gewassen.

4 Het asgehalte der takken is lager dan dat der bladeren.

5 Het asgehalte van takken en bladeren van zieke planten is lager dan dat van gezonde exemplaren. Dit kan niet anders dan door de verminderde wortelvorming als gevolg van de kalkovermaat in de grond (hoofdstukken V en VII) veroorzaakt worden.

TABEL XXVIII *Samenstelling bladeren van zieke rhododendron-planten*

Blad-monster no	Vers blad			Per 100 g droge stof								Verhoudingen	
	Droge stof %	As %	Water %	As %	mMol N	mÆ Ca	mÆ Mg	mÆ K	mÆ Na	mMol PO_4	mg Fe	$\frac{mÆ\ Ca}{mÆ\ Mg}$	$\frac{mg\ Ca}{mg\ N}$
27	50,96	2,09	49,04	4,10	121,7	69,90	25,50	19,24	3,57	4,08	5,18	2,7	0,8
28	51,0	2,31	49,0	4,52	121,4	83,15	33,84					2,5	1,0
29	51,28	2,35	48,72	4,58	116,7	79,10	20,46					3,9	1,0
30	50,28	1,77	49,72	3,53	99,2	60,14	19,51					3,1	0,9
31	48,36	1,79	51,64	3,70	105,6	82,47	24,27					3,4	1,1
32	49,53	1,93	50,47	3,89	86,9	81,87	24,72					2,9	1,2
33	51,64	2,44	48,36	4,72	79,3	83,89	31,31					2,7	1,5
34	52,33	2,96	46,67	5,66	106,0	100,25	33,90					3,0	1,4
35	51,57	2,18	48,43	4,23	101,0	100,16	23,41					4,3	1,4
36	51,64	2,03	48,36	3,94	85,0	52,32	11,91					4,5	0,9
37	55,18	1,96	44,82	3,55	83,0	44,24	13,87					3,2	0,8
38	45,16		54,84		110,6								
39	47,98		52,02		121,5								
40	48,07		51,93		117,5								
41	49,23		50,77		125,8								
42	47,78		52,22		109,6								
43	47,31		52,69		115,9								
44	47,17		52,83		123,9								
45	48,05		51,95		108,5								
46	48,18		51,82		114,4								
47	47,19		52,81		119,1								
48	47,23		52,77		120,3								
49	46,64		53,35		117,9								
50	47,36		52,54		126,2								
51	48,53		51,47		122,7								
52	47,53		52,47		109,7								
53	48,02		51,98		116,7								
54	48,19		51,81		109,7								
55	48,60		51,40		111,5								
56	47,53		52,47		112,6								
57	47,51		52,49		116,2								
58	47,67		52,33		113,2								
59	49,07		50,93		115,6								
60	47,98		52,02		107,3								
61	48,07		51,93		116,2								
62	47,82		52,18		101,4								
gem.	**48,83**	**2,16**	**51,17**	**4,22**	**110,83**	**75,31**	**23,88**					**3,3**	**1,1**

TABEL XXIX

Gemiddelde samenstelling takken van gezonde en zieke rhododendron-planten

Gem. monster no	Toestand	Verse takken		Per 100 g droge stof						Verhoudingen			
		Droge stof %	Water %	As %	mMol N	mÆ Ca	mÆ Mg	mÆ K	mMol PO_4	mÆ Ca / mÆ K	mÆ Ca / mÆ Mg	mg Ca / mg PO_4	mg Ca / mg N
1	gezond	54,04	45,96	4,1	63,2	59,6	17,9	12,9	2,39	4,6	3,3	5,3	1,3
27	ziek	56,03	43,97	3,9	48,0	50,7	11,8	10,2	1,70	5,0	4,3	6,3	1,5

6 Het gemiddelde N-gehalte van gezonde rhododendron-bladeren (2,4%) is in vergelijking met dat van andere gewassen volgens de onderzoekingen van BERTRAND en SILBERSTEIN (17) vrij laag, volgens die van PARKER en TRUOG (153) normaal, aangenomen, dat de uitkomsten met elkaar vergelijkbaar zijn.
Het gemiddelde Ca-gehalte van gezonde rhododendron-bladeren (1,23%) is in vergelijking met dat van andere gewassen volgens de onderzoekingen van PARKER en TRUOG vrij normaal. In verband met het feit, dat deze calcium door waarschijnlijk de meeste rhododendrons uit een zeer zure bodem moet worden opgenomen, is inderdaad de conclusie te trekken, dat „the feeding power of the plant for lime" hoog is (Literatuuroverzicht hoofdstuk V).
Het gemiddelde Mg-gehalte van gezonde rhododendron-bladeren (0,4%) is normaal, de K- en P-gehalten van bladmonster 1, respectievelijk 0,8% en 0,1%, zijn zeer laag.
Rhododendron-bladeren bezitten een buitengewoon laag ijzergehalte en wel 0,08 mg per gram droge stof (vgl. tabel XXVI).

7 Tussen de absolute hoeveelheden Ca, Mg, K en PO_4 in zieke en gezonde bladeren bestaan geen essentiële verschillen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de uiteenlopende rijkdom aan plantenvoedsel van de verschillende cultuurgronden. In verhouding hebben zieke planten echter meer Ca en minder Mg (tabellen XXVII, XXVIII en XXIX van dit hoofdstuk), K en PO_4 opgenomen (tabel XXI, hoofdstuk VII).

8 Zowel tussen de absolute, als de relatieve N-gehalten van gezonde en zieke bladeren bestaan wel essentiële verschillen. Gezonde planten nemen zowel absoluut als relatief meer N uit het groeisubstraat op. In ons onderzoek bedroeg het N-gehalte van gezonde bladeren per 100 g droge stof minimaal 128,3 mMol en maximaal 215 mMol, dat van chlorotische bladeren minimaal 79,3 mMol en maximaal 126,2 mMol.

B *Chlorophylgehalte van rhododendron-bladeren*

Onder de *Rhododendron*-hybriden zijn er met lichtgroene en donkergroene bladeren. Tot de eerste rubriek behoren o.a. Britannia en Pink Pearl, tot de laatste o.a. *Rhod. catawbiense* Grdfl. en Everestianum. Deze verschillen in bladkleur zouden het gevolg kunnen zijn van verschil in bladbouw of in chlorophylgehalte der bladweefsels. Het is immers denkbaar, dat het mesophyl van donkergroene bladeren in verhouding meer dicht aaneengesloten bladgroenrijk palissadeparenchym dan aan luchtholtenrijk sponsparenchym bevat. Bij nader anatomisch onderzoek bleek dit echter niet het geval te zijn. De ongeveer even dikke (300–400 μ) bladeren bestaan voor ongeveer de helft uit palissade- (4–6 cellagen dik) en uit sponsparenchym (4–6 cellagen dik). In de donkergroen gekleurde

TABEL XXX

Verband bladkleur Rhod. catawbiense Grdfl. en schijnbaar chlorophylgehalte

Bladkleur	mg chlorophyl per 100 g vers blad
zwartgroen	300
donkergroen	250
groen	200
lichtgroen	150
geelgroen	100

bladeren is het aantal chloroplasten en de chlorophylconcentratie hierin echter groter dan in lichtgroen gekleurde bladeren. De bladkleur van *Rhod. catawbiense* Grdfl. bleek zeer nauw met het schijnbaar chlorophylgehalte samen te hangen. De verschillende bladkleuren, die dit gewas onder verschillende omstandigheden kan vertonen, zijn in het schijnbaar chlorophylgehalte uit te drukken (tabel XXX).

De chlorophylbepalingen in gezonde bladeren van de vier bovenvermelde *Rhododendron*-hybriden en in chlorotische bladeren van *Rhod. catawbiense* Grdfl. gaven de volgende uitkomsten (tabel XXXI).

Resultaten van de chlorophylbepalingen

1 De bladkleur van verschillende *Rhododendron*-hybriden wordt bepaald door het schijnbaar chlorophylgehalte der bladeren.

TABEL XXXI

Schijnbare chlorophylgehalten van enkele Rhododendron-hybriden

Hybride	Toestand der bladeren	Gem. aantal mg chlorophyl per 100 g vers blad
catawbiense Grdfl.	gezond	275
Everestianum	„	222
Britannia	„	196
Pink Pearl	„	124
catawbiense Grdfl.	chlorotisch	122

2 Het schijnbaar chlorophylgehalte van bladeren van *Rhod. catawbiense* Grdfl. is in vergelijking met dat van enkele andere bekende siergewassen hoog (vgl. tabellen XXV en XXXI).

3 *Rhod. catawbiense* Grdfl. bezit in vergelijking met enkele andere bekende *Rhododendron*-hybriden een hoog chlorophylgehalte (tabel XXXI).

4 Het schijnbaar chlorophylgehalte van chlorotische bladeren bedraagt gemiddeld slechts 44% van dat van gezonde bladeren van *Rhod. catawbiense* Grdfl. (tabel II).

C *Perssap van bladeren en takken*

Resultaten van het perssaponderzoek.

Deze zijn samengevoegd in tabel XXXII.

TABEL XXXII

Onderzoek perssap van gezonde en zieke bladeren en takken

Perssap	Perssap				Per 100 g droge stof in perssap		
	Water %	Droge stof %	As %	pH	As %	mÆ Ca	mÆ Mg
gezonde bladeren (1)	83,25	16,74	1,11	4,71	6,6	63,56	53,76
zieke bladeren (27)	81,07	18,93	0,80	4,95	4,2	40,57	35,92
gezonde takken (1)	88,02	11,98	1,06	5,24	8,9	70,45	69,45
zieke takken (27)	86,31	13,69	1,13	5,25	8,3	59,01	52,0

1 Het droge stofgehalte in de perssappen van de droge, zieke takken en bladeren is weer hoger dan dat van de meer vochthoudende, gezonde takken en bladeren.

2 Het asgehalte van perssap van zieke takken en bladeren in per-

centen droge stof is weer lager dan dat van gezonde takken en bladeren.

3 De absolute hoeveelheden Ca en Mg in de perssappen van gezonde takken en bladeren zijn hoger dan die in de perssappen van zieke takken en bladeren.

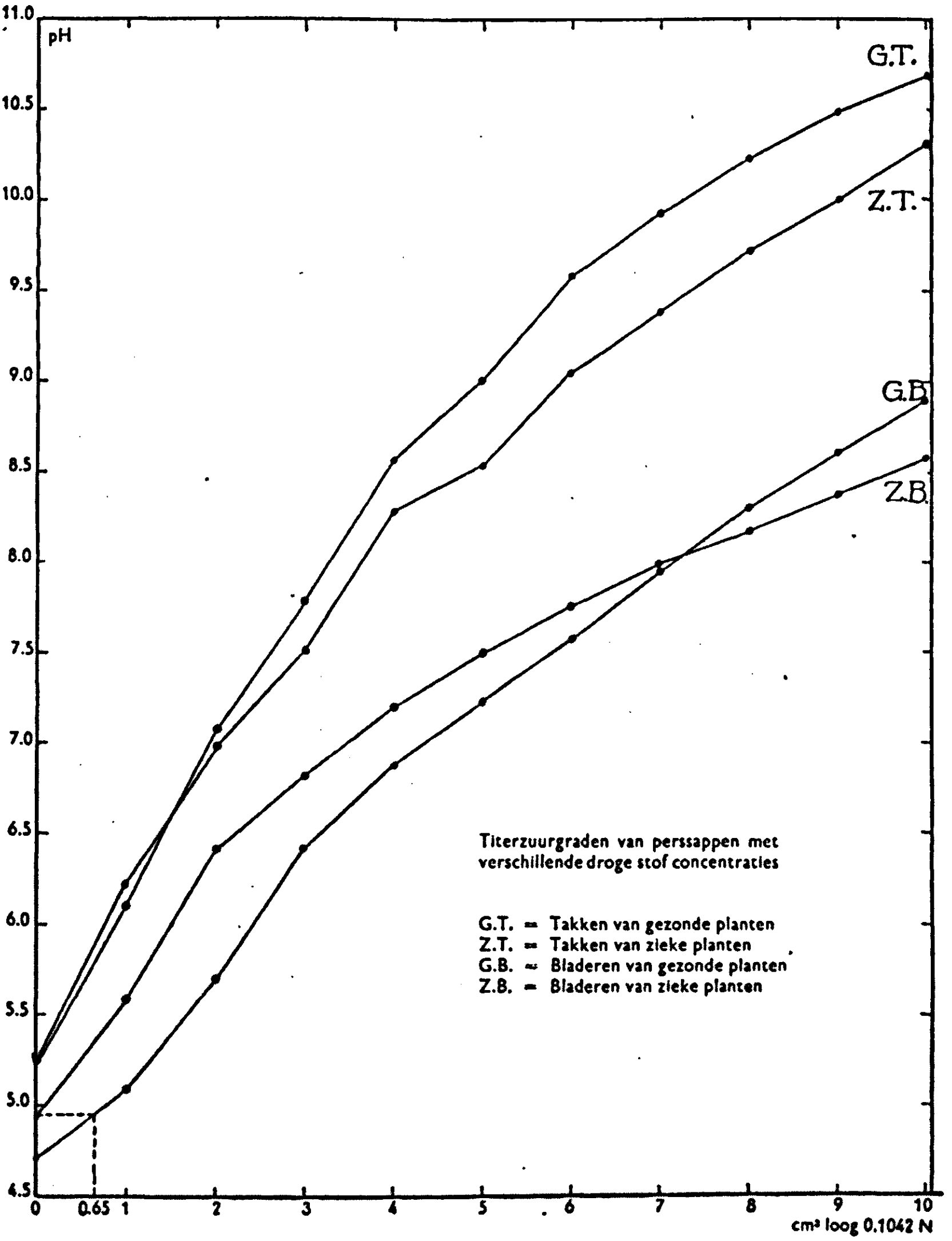
4 Het perssap van gezonde bladeren is belangrijk zuurder dan dat van gezonde takken. Bij deze rhododendron zijn de verhoudingen dus anders dan bij *Bryophyllum* volgens INGALLS en SHIVE (85).

5 De perssappen van gezonde bladeren en takken zijn zuurder dan die van zieke bladeren en takken, vooral wat de bladeren betreft.
Deze rhododendron behoort blijkbaar tot die groep planten, waarvan het bladperssap een pH bezit, die volgens INGALLS en SHIVE (85) ver beneden die pH (6,5) ligt, waarbij het ijzer in de plant neerslaat, met een laag totaal ijzergehalte, doch een relatief hoog gehalte aan oplosbaar ijzer. Volgens deze onderzoekers zijn planten, die tot deze groep behoren, veel minder vatbaar voor „ijzerchlorose" dan die, waarvan de pH van het celsap om en nabij het praecipitatiepunt van ijzer ligt.

6 Omdat de zuurgraad van het perssap van zieke bladeren (pH = 4,95) ver beneden dit punt is gelegen, is het niet aan te nemen, dat de bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl. door ijzertekort wordt veroorzaakt.

Bepaling titerzuurgraad.

Hoewel de gezonde bladeren per eenheid droge stof niet minder kalk bevatten dan de zieke bladeren (tabellen XXVII en XXVIII), zou het mogelijk wezen, dat een kwalitatief verschil in de samenstellingen der perssappen van gezonde en zieke bladeren bestond, dat tot uiting zou kunnen komen in de titerzuurgraad en de vorm der titratiecurven van deze vloeistoffen. Daarom kwam het mij gewenst voor, op de volgende wijze deze langs electrometrische weg te bepalen. Aan 5 cm^3 werden opklimmende hoeveelheden (van 0 tot 10 cm^3) loog van bekende sterkte toegevoegd en elk mengsel met gedestilleerd water tot 15 cm^3 verdund. Daar de pH's der mengsels aanvankelijk snel verliepen, werden de pH-bepalingen eerst de volgende


pH
11.0
10.5
10.0
9.5
9.0
8.5
8.0
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
G.T.
Z.T.
G.B.
Z.B.
0
0.65
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
cm³ loog 0.1042 N
Titerzuurgraden van perssappen met verschillende droge stof concentraties
G.T. = Takken van gezonde planten
Z.T. = Takken van zieke planten
G.B. = Bladeren van gezonde planten
Z.B. = Bladeren van zieke planten

Grafiek I

TABEL XXXIII

Bepaling titerzuurgraden van perssappen van bladeren en takken van gezonde en zieke rhododendron-planten

Aantal cm³ loog 0.1042 N per 5 cm³ perssap	Aantal cm³ ged. H_2O per 5 cm³ perssap	pH perssapmengsel			
		Bladeren		Takken	
		gezond (1)	ziek (27)	gezond (1)	ziek (27)
0	10	4,71	4,95	5,24	5,25
1	9	5,08	5,59	6,10	6,22
2	8	5,69	6,40	7,08	6,97
3	7	6,41	6,81	7,77	7,51
4	6	6,87	7,18	8,55	8,26
5	5	7,20	7,48	8,99	8,51
6	4	7,55	7,72	9,58	9,03
7	3	7,93	7,98	9,93	9,39
8	2	8,30	8,17	10,24	9,72
9	1	8,61	8,37	10,48	10,0
10	0	8,88	8,58	10,68	10,31

dag verricht in oplossingen, die koolzuurvrij werden bewaard; de resultaten hiervan werden samengevoegd in tabel XXXIII.

Grafiek I geeft het verband weer tussen de bereikte pH's van de suspensies en het aantal cm³ loog 0,1042 N, dat per 5 cm³ perssap werd toegevoegd.

In verband met de onbekendheid van het zuurmengsel kunnen slechts de volgende gevolgtrekkingen worden gemaakt:

7 Uit het verschillend verloop der curven blijkt, dat de aard van het zuurmengsel der perssappen van gezonde en zieke bladeren verschillend is. Hetzelfde geldt voor de perssappen van gezonde en zieke takken.

8 De titerzuurgraad van perssap van gezonde takken is beneden pH = 6,70 groter dan die van zieke takken. Boven deze pH-waarde is het andersom. Hetzelfde geldt voor de perssappen van gezonde en zieke bladeren ten opzichte van het keerpunt pH = = 8,03.

In beide gevallen werd geen rekening gehouden met verschillen in droge stofconcentratie der perssappen. Daar het niet uitgesloten was, dat het verschil in droge stofgehalten der perssappen mede oorzaak was van de gevonden verschillen in titerzuurgraad, werden op de wijze, aangegeven in tabel XXXIV, de droge stofconcentraties

TABEL XXXIV

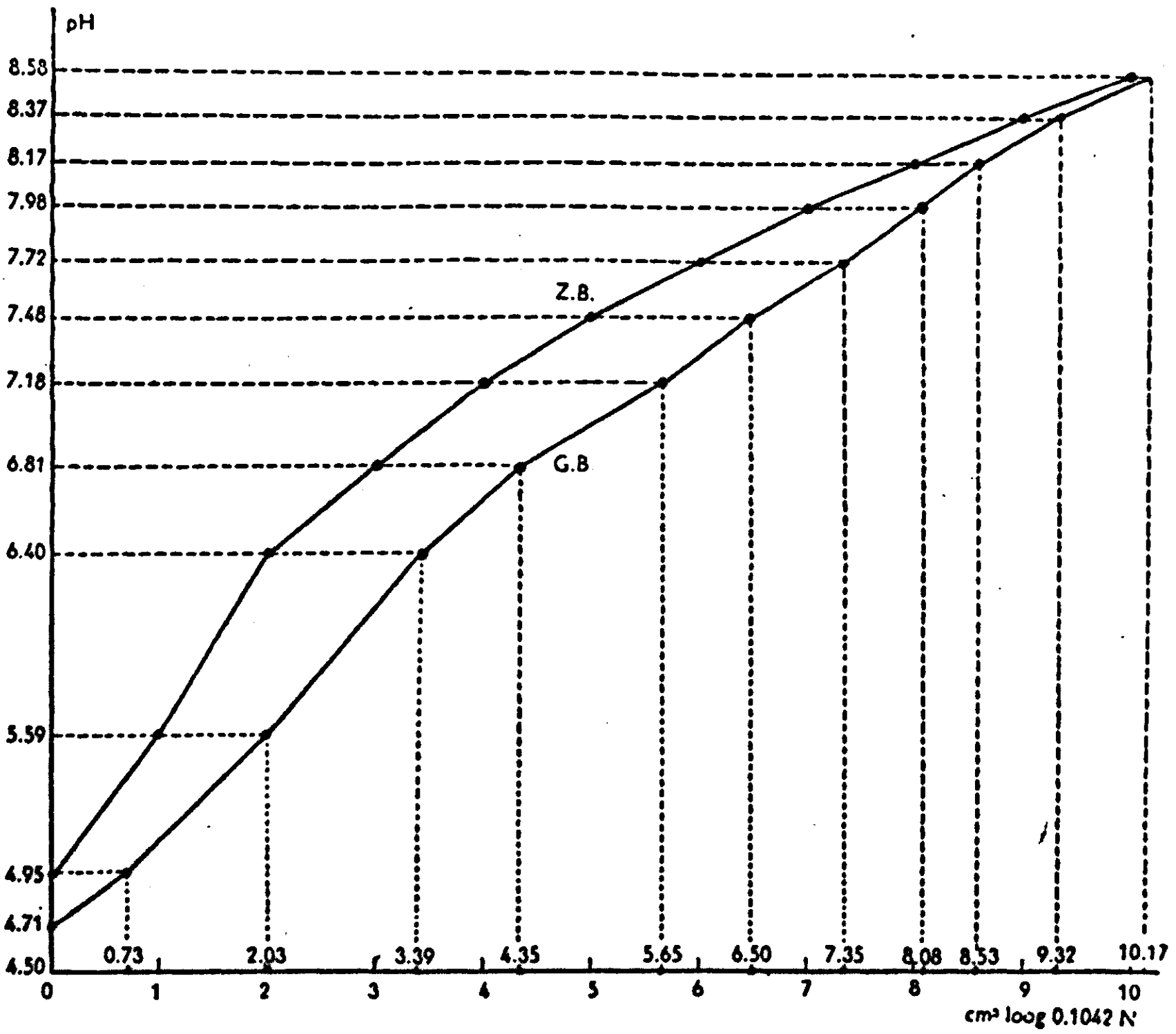
Bepaling titerzuurgraden van gezond en ziek bladperssap met gelijke droge stofconcentraties (18,93%)

pH	Aantal cm³ loog 0,1042 N per 5 cm³ perssap van gezonde bladeren (1) met % droge stof		Aantal cm³ loog 0,1042 N per 5 cm³ perssap van zieke bladeren (27) met 18,93 % droge stof
	16,74	18,93	
4,95	0,65	0,73	0
5,59	1,80	2,03	1
6,40	3,00	3,39	2
6,81	3,85	4,35	3
7,18	5,00	5,65	4
7,48	5,75	6,50	5
7,72	6,50	7,35	6
7,98	7,15	8,08	7
8,17	7,55	8,53	8
8,37	8,25	9,32	9
8,58	9,00	10,17	10

der perssappen van gezonde (16,74%) en zieke bladeren (18,93%) geaequivaleerd, door de titerzuurgraad van gezond perssap met 16,74% droge stof om te rekenen op perssap met 18,93% droge stof.

Wij menen zelfs, dat deze omrekening noodzakelijk is, aangezien de perssappen troebel waren en de samenstelling ervan dus wel zeer van de mate van uitpersen afhankelijk zal zijn geweest. Als basis voor deze omrekening werden de pH-punten van het perssap der zieke bladeren aangehouden. De omrekening had door graphische interpolatie plaats, waardoor de getallen van kolom 2 van tabel XXXIV gevonden werden. Door de getallen van de tweede kolom nog te vermenigvuldigen met het verhoudingsgetal tussen de droge stofgehalten van ziek en gezond bladperssap $\left(\frac{18,93}{16,74} = 1,13\right)$ ontstonden de getallen uit de derde kolom van tabel XXXIV. De getallen uit de beide laatste kolommen geven dus aan de hoeveelheden loog 0,1042 N, die toegevoegd moeten worden aan respectievelijk 5 cm³ perssap van gezonde bladeren met een droge stofgehalte van 18,93% en aan 5 cm³ perssap van zieke bladeren met hetzelfde droge stofgehalte, om de pH-waarden uit de eerste kolom te bereiken.

Grafiek II geeft het verband weer tussen de cijfers van kolommen 1, 3 (G.B.) en 4 (Z.B.) van tabel XXXIV.



Grafiek II
Titerzuurgraden van perssappen met gelijke droge stof concentraties
C.B. = Bladeren van gezonde planten
Z.B. = „ „ zieke „

9 Ook na aequivalering der droge stofgehalten blijken er essentiële verschillen te bestaan tussen de perssappen van zieke en gezonde bladeren. De titerzuurgraad van gezond bladperssap is aanmerkelijk hoger dan die van ziek bladperssap. Of dit een gevolg is van een kwantitatief verschil in bepaalde plantenzuren dan wel veroorzaakt wordt door kwalitatieve verschillen daartussen, kan door deze eenvoudige proef niet uitgemaakt worden. Een feit is het echter, dat uit deze bepalingen blijkt, dat de perssappen van gezonde en zieke bladeren verschillend zijn samengesteld.

10 Uit grafiek I blijkt, dat in principe de perssappen van zieke en gezonde takken overeenkomen met de perssappen van zieke en gezonde bladeren. Een verdere verwerking der cijfers hebben wij daarom niet toegepast.

§ 3 VOORNAAMSTE RESULTATEN

1 *Rhod. catawbiense* Grdfl. is een oligotrooph gewas met een laag asgehalte en een groot absorptievermogen voor calcium.

2 Een te hoge Ca-concentratie in het groeisubstraat oefent een schadelijke invloed uit op de wortelvorming van dit gewas (hoofdstukken V en VII). Hierdoor neemt de totale zout- en waterabsorptie af.

3 Zowel tussen de absolute als de relatieve N-gehalten van gezonde en zieke bladeren bestaan essentiële verschillen. Gezonde planten nemen zowel absoluut als relatief meer stikstof uit het groeisubstraat op.

4 Het schijnbaar chlorophylgehalte van *Rhod. catawbiense* Grdfl. is in vergelijking met dat van enkele andere bekende siergewassen hoog.

5 Het schijnbaar chlorophylgehalte van bladeren, die aan bladrandchlorose lijden, bedraagt ongeveer 44% van dat van optimaal gekleurde bladeren.

6 Het regulatievermogen van *Rhod. catawbiense* Grdfl. ter handhaving van de specifieke zuurgraad van haar celsap is niet onbegrensd.

7 Het celsap van zieke planten is waarschijnlijk, als gevolg van een relatief sterkere calciumabsorptie (hoofdstuk VII), minder zuur dan dat van gezonde planten.

HOOFDSTUK X

THERAPIE

§ 1 ALGEMEEN OVERZICHT

Hoewel op goede gronden voor de rhododendron-cultuur de beste planten verkregen worden door doelmatige stikstofverzorging, faalt dit middel, wanneer het gronden betreft, welke te kalkrijk zijn. In de praktijk hebben wij volgens onze ervaring in de gevallen, waar bladrandchlorose wordt geconstateerd, meer met een hoog kalkgehalte van de grond dan met storingen in de stikstofverzorging van de grond te doen. Daarom zal de genezing van de bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl. moeten uitgaan van een kunstmatige ontkalking, of wat hetzelfde is, van een kunstmatige verhoging van de zuurgraad van de cultuurgrond. Deze verhoging is te bereiken door aan de grond bepaalde zuurvormende of chemisch zure meststoffen toe te voegen. Tot de eerste groep behoren o.a. de bacteriologisch zure stoffen zwavel en ammoniumsulfaat, tot de tweede groep zouten als ferro-, ferri- en aluminiumsulfaat, die als gevolg van hydrolyse aanleiding geven tot de vorming van zwavelzuur.

De pot- (proeven VIII en IX) en vollegrondsproeven werden opgezet om uit te maken, hoe *Rhod. catawbiense* Grdfl. op een behandeling van de grond met deze verschillende stoffen reageert en in welke mate de zuurgraad en andere eigenschappen van de Boskoopse veengronden onder invloed van verschillende hoeveelheden dezer stoffen veranderen of met andere woorden, welke stof in aanmerking zou kunnen komen voor de genezing van de bladrandchlorose en in welke hoeveelheden deze stof dan moet worden toegediend.

Daar met zwavel een aantal proeven werden genomen, zijn de omstandigheden, waaronder in de grond de oxydatie van zwavel tot zwavelzuur tot stand komt, van belang. Een overzicht van de organismen, die onder verschillende omstandigheden deze oxydatie tot stand brengen, geven Baas Becking (4) en Brown en Kellogg (26). Van het organisme, *Thiobacillus thiooxydans*, dat in normale cultuur-

grond deze oxydatie veroorzaakt, gaf STARKEY (198) een uitvoerige beschrijving. Op de volgende punten moge hier nog kort gewezen worden.

VERHOOP (213) bevestigt in haar dissertatie de resultaten van andere onderzoekers, dat in de grond zwavel hoofdzakelijk door zwaveloxyderende bacteriën wordt geoxydeerd. De chemische oxydatie is van ondergeschikte betekenis. Dit aerob organisme ontwikkelt zich het krachtigst in een zwak tot zeer zuur reagerende grond [BAAS BECKING (4 p. 93)], die in een goede aeratietoestand verkeert [BROWN en KELLOGG (26 tabel XXIX)]. Het is buitengewoon slecht bestand tegen droogte. Het vochtgehalte van de grond mag zelfs niet gedurende een korte periode beneden een bepaald minimum dalen [STARKEY (198)]. De bacteriologische zwaveloxydatie stijgt met het watergehalte van de grond tot een optimum, dat ongeveer 50% van de totale verzadiging bedraagt [BROWN en KELLOGG (26 tabel XXX), PITZ (158)]. De optimale ontwikkeling van dit organisme komt tot stand bij temperaturen tussen 27° en 30° C [LIPMAN c.s. (110), PITZ (158), STARKEY (198) en WAKSMAN c.s. (218)]. Bij 50° C sterft het af en bij 10° C verloopt de zwaveloxydatie nog slechts zeer traag [STARKEY (198)]. Het oxydatieproces wordt volgens de meeste auteurs [BROWN en KELLOGG (26), FIFE (44), LIPMAN c.s. (110), MAC COOL (118), STARKEY (198)] gunstig beïnvloed door organische stof. Over de invloed van het nitraation op groei en zwaveloxydatie van dit organisme lopen de meningen uiteen. STARKEY (198) komt tot de conclusie, dat dit ion een schadelijke invloed uitoefent. Volgens hem is het ammoniumion de enige geschikte stikstofbron, terwijl ook volgens LIPMAN en medewerkers (110) dit organisme ammoniumzouten prefereert boven nitraten door hun verzurende invloed op het groeimedium.

De verhoging van de zuurgraad van de grond, als gevolg van de bacteriologische zwaveloxydatie, is derhalve niet slechts afhankelijk van de gebruikte hoeveelheid zwavel [LIPMAN c.s. (110), PITZ (158) en WAKSMAN c.s. (218)], het bufferend vermogen van de grond [LIPMAN c.s. (110)] en de tijd, gedurende welke de zwavel ermede in contact is geweest [JACOBI (88), VERHOOP (213 p. 63) en WAKSMAN c.s. (218)], doch bovendien van bovenvermelde factoren.

In tabel XXXV zijn de door enige Amerikaanse onderzoekers aan de grond toegevoegde hoeveelheden zwavel samengevoegd.

TABEL XXXV *Amerikaanse zwaveldoseringen*

Onderzoekers	Delen S per 2000000 delen grond
Neller	0, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000
Fife	0, 56, 112, 168, 224, 280, 336, 392, 448, 504, 560 (omgerekend)
Waksman c.s. . . .	0, 100, 200, 4000, 10000, 20000
Pitz	0, 200, 100, 200, 10000, 20000 (omgerekend)

Hieruit blijkt, dat de gebruikte hoeveelheden zwavel, evenals de toegepaste pH-trappen, zeer wisselend zijn, hetgeen ook moeilijk anders kan, daar de toe te dienen hoeveelheden afhankelijk zijn van de kalktoestand en de hoeveelheid actief materiaal van de grond.

Welk verband bestaat er nu tussen de verhoging van de zuurgraad van een bepaalde grond en de hoeveelheid toegevoegde zwavel? Volgens de proeven van PITZ (158) en WAKSMAN c.s. (218) bestaat tussen beide grootheden nagenoeg een rechtevenredig verband. WAKSMAN en medewerkers constateerden, dat het percentage, dat van de totaal toegevoegde hoeveelheid S wordt geoxydeerd, kleiner is, naarmate een grotere hoeveelheid S aan de grond wordt toegevoegd, en groter is, naarmate het contact tussen S en de grond langer heeft bestaan. De pH-waarden van de behandelde grond daalden nog na 105 dagen. Bij nader onderzoek van hun cijfers blijkt, dat in het traject 7,9–3,5 een verband bestaat tussen de pH-daling en hoeveelheid geoxydeerde zwavel, dat vrijwel door een rechte lijn kan worden weergegeven, terwijl het verband tussen pH-daling en totaal toegevoegde hoeveelheid S meer de vorm van een kromme lijn vertoont, die steeds vlakker wordt bij de grotere hoeveelheden zwavel.

In verband met de schadelijke invloed, welke sulfaten van Al, Fe en Mn op wortelvorming en groei van deze rhododendron uitoefenen, is hetgeen in de literatuur over de werking van deze metalen bekend is, van belang. Dat van deze metalen, die gekenmerkt zijn door hun oligodynamische werking [LUNDEGÅRDH (114 p. 329)] reeds in kleine concentraties een giftwerking uitgaat, was te verwachten.

VAN DIJK (38) b.v. beschrijft enige vergiftigingsgevallen van suikerriet en rijst op Java en Sumatra als gevolg van het gebruik van Al-rijk bevloeiingswater, terwijl VON FABER (42) de oorzaak van de schadelijke invloed van zure gronden met uitwisselingszuurgraad [VENEMA (212)] op de plantengroei toeschrijft aan oplosbaar Al. Omdat zij

minder gevoelig zouden zijn voor Al, behoren volgens VON FABER (42) de kraterplanten, waaronder verschillende Ericaceeën, tot de zgn. aluinplanten.

De „Kalimatiziekte" van het suikerriet op Java wordt door KONINGSBERGER en VAN DEN HONERT (105) toegeschreven aan „ijzervergiftiging". Het „zwart in de haver" wordt volgens GERRETSEN (57) eveneens door ijzerovermaat in de grond veroorzaakt.

Ook gevallen van Mn-beschadiging zijn bekend. Het meest bekende voorbeeld hiervan is te vinden in de ananascultuur op de Mn-rijke gronden van Hawaï. BRENCHLY (25) omschrijft de oligodynamische werking van Mn als volgt: „Manganese exerts a toxic influence on plants if it is presented in too great amount, but small quantities appear to cause a very general stimulation of growth." Volgens MAC HARGUE (120) is de schadelijke werking van mangaansulfaat in zuur reagerende gronden groter dan in neutraal of alcalisch reagerende gronden.

§ 2 EIGEN ONDERZOEK

Proef VIII (1938)

Het doel van deze proef was niet alleen om, hoewel op andere wijze dan in proef I, nogmaals de schadelijke pH van de grond voor deze rhododendron te bepalen, doch bovendien om vast te stellen, in welke mate de zuurgraad en de kalkverzadiging van de ongeschikte gronden voor de rhododendron-cultuur (betrokken op actief materiaal) onder invloed van verschillende hoeveelheden zwavel, ferrosulfaat en aluminiumsulfaat veranderen.

In verband met het oriënterend karakter van deze proef werden, in tegenstelling met proef IX, van de planten geen wortelgewichten en assamenstellingen bepaald, doch uitsluitend de habitus beoordeeld. Twee gronden Z en G, waarop in de cultuur de proefplanten respectievelijk bladrandchlorose en een uitmuntende bladkleur vertoonden, werden in de verhoudingen 1 : 3, 1 : 1 en 4 : 1 met elkaar vermengd. Beide originele en de drie menggronden werden elk afzonderlijk niet en wel vermengd met enkel- en viervoudige hoeveelheden zwavel, Al-sulfaat en ferrosulfaat, die respectievelijk evenveel S bevatten. De grond van elk der aldus ontstane 35 objecten werd verdeeld over vier parallelpotten, bloempotten van 2,8 liter inhoud.

TABEL XXXVI

Hoeveelheden der verschillende bijzondere doseringen van proef VIII

Dosering	g per kg droge grond (105° C)	g per 100 kg grond	kg/ha
Enkelvoudige hoeveelheid zwavel als elementaire zwavel	0,64	–	650
Viervoudige hoeveelheden zwavel als elementaire zwavel	2,56	–	2600
Enkelvoudige hoeveelheid zwavel als ferrosulfaat	3,04	158	–
Viervoudige hoeveelheden zwavel als ferrosulfaat	12,16	632	–
Enkelvoudige hoeveelheid zwavel als aluminiumsulfaat	2,28	119	–
Viervoudige hoeveelheden zwavel als aluminiumsulfaat	9,12	476	–

Ter wille van een betere waterdoorlatendheid werd onder in de potten een laag van ongeveer 5 cm grind aangebracht. Om erfelijke verschillen tussen de planten uit te schakelen, werden even oude en even grote zinkelingen als plantmateriaal gebruikt. De planten werden tussen 28 Maart en 3 April 1938 in de potten gepoot, nadat hun wortels door middel van lauw water van grond waren ontdaan. De potten werden hierna tot de potranden in met turfstrooisel gevulde kweekbedden geplaatst op voldoende onderlinge afstand en tenslotte op 19 April bemest met 1 A.S.F.-tablet (5 g) 15 : 20 : 25 ($N : P_2O_5 : K_2O$). De planten werden tot eind Mei onder een schaduwdak van horren gehouden, doch na deze datum werden zij aan het zonlicht blootgesteld. Zo nodig, werden zij iedere dag begoten.

In tabel XXXVI zijn de hoeveelheden der verschillende bijzondere doseringen, uitgedrukt in grammen per kg bij 105° C gedroogde grond, samengevoegd. Om een vergelijking met door andere onderzoekers gebruikte hoeveelheden van deze stoffen mogelijk te maken, werden de zwaveldoseringen bovendien uitgedrukt in kg per ha en beide sulfaatdoseringen bovendien in grammen per 100 kg grond (ongedroogd). Bij de omrekening van de zwaveldosering in kg per ha, werd 50 mg S per 100 g grond (vochtig) gelijk gesteld aan 1000 kg S per ha [Waksman c.s. (218)]. Het aantal pounds per acre is nagenoeg gelijk te stellen aan het aantal kg per ha.

De enkel- en viervoudige zwaveldoseringen zijn dus in verge-

lijking met de hoeveelheden, die in Amerika worden toegediend, lichte doseringen.

Zowel de enkel- als de viervoudige ferrosulfaatdoseringen zijn in vergelijking met de hoeveelheden (tussen 2,28 en 88,8 g $FeSO_4$ per 100 kg grond), waarmede VAGELER (211) en andere door hem aangehaalde onderzoekers werkten, als buitengewoon zwaar te kwalificeren.

Beide Al-sulfaatdoseringen zijn eveneens als zodanig te beschouwen. COVILLE (34) b.v. paste met succes, echter op neutraal-reagerende grond voor de cultuur van *Rhod. maximum* L., een zware Al-sulfaatdosering toe van 500 g per 100 kg grond. Volgens BERTRAND en AGULHON [vgl. STOKLASA (202)] oefent reeds 9 g Al (= 57 g $Al_2(SO_4)_3$ per 100 kg grond een schadelijke invloed uit op de groei van gerst.

Alle planten uit hetzelfde object vertoonden nagenoeg eenzelfde ontwikkeling. In September 1939 werden in de verschillende series objecten de volgende waarnemingen gedaan.

Serie 1 (Objecten Z, $^1/_4$ G + $^3/_4$ Z, $^1/_2$ G + $^1/_2$ Z, $^4/_5$ G + $^1/_5$ Z, G)
De bladeren uit object Z vertoonden alle bladrandchlorose. De wortelontwikkeling van deze planten was maar matig. De potkluiten vielen vrij gemakkelijk uit elkaar. De planten uit de andere objecten van deze serie hadden een gezond uiterlijk met opstaande, groene bladeren en een goed ontwikkeld wortelstelsel. Zij hadden zeer stevige potkluiten gevormd.

Serie 2 (Zelfde objecten als serie 1, doch met enkelvoudige hoeveelheid S als Al-sulfaat.)
Als gevolg van het neerbuigen der bladstelen waren alle planten uit deze serie-objecten gekenmerkt door neerhangende bladeren. De bladkleur van deze planten was echter beter dan die der planten uit object Z (serie 1). De wortelontwikkeling van deze planten daarentegen was slecht. De potkluiten vielen zeer gemakkelijk uit elkaar.

Serie 3 (Zelfde objecten als serie 1, doch met viervoudige hoeveelheid S als Al-sulfaat.)
De planten vertoonden dezelfde verschijnselen als die uit serie 2.

Serie 4 (Zelfde objecten als serie 1, doch met enkelvoudige hoeveelheid zwavel).

TABEL XXXVII

pH-waarden der verschillende objecten van proef VIII

Grondsoort	Behandeling						
	Geen (serie 1)	1 Al-sulf. (serie 2)	4 Al-sulf. (serie 3)	1 zwavel (serie 4)	4 zwavel (serie 5)	1 ferrosulf. (serie 6)	4 ferrosulf. (serie 7)
Z	5,20	5,10	4,75	5,10	4,70	5,18	4,90
1/4 G + 3/4 Z .	4,70	4,70	4,50	4,70	4,35	4,70	4,62
1/2 G + 1/2 Z .	4,40	4,40	4,19	4,40	4,15	4,40	4,20
4/5 G + 1/5 Z .	4,00	4,00	3,90	4,00	3,82	4,00	4,00
G	3,98	3,86	3,71	3,87	3,70	3,91	3,85

De planten uit object Z + 1 zwavel vertoonden nog bladrandchlorose. Ook wat wortelontwikkeling betreft, kwamen deze planten overeen met die uit object Z van serie 1. De planten uit de andere objecten maakten een gezonde indruk met opstaande, groene bladeren. Zij hadden stevige potkluiten gevormd.

Serie 5 (Zelfde objecten als serie 1, doch met viervoudige hoeveelheid zwavel.)
Alle planten hadden een fraai uiterlijk en blijkens de stevige potkluiten een goed ontwikkeld wortelstelsel.

Serie 6 (Zelfde objecten als serie 1, doch met enkelvoudige hoeveelheid S als ferrosulfaat.)
De planten vertoonden alle dezelfde verschijnselen als die uit serie 2.

Serie 7 (Zelfde objecten als serie 1, doch met viervoudige hoeveelheid zwavel als ferrosulfaat.)
De planten vertoonden alle dezelfde verschijnselen als die uit serie 2.

Resultaten van proef VIII.

1 De bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl. treedt op bij een pH van de grond vanaf 5,1 en hoger. Hierdoor werden de resultaten van onze vroegere proeven bevestigd.

2 Toevoeging van enkelvoudige hoeveelheden aluminiumsulfaat, ferrosulfaat en zwavel veroorzaakten vrijwel geen veranderingen in de pH van de grond. Toevoeging van viervoudige hoeveelheden van deze stoffen veroorzaakten grote veranderingen in de zuurgraad van de grond. De verzurende werking van 4 hoeveel-

heden zwavel is het grootst, die van 4 hoeveelheden ferrosulfaat het kleinst, terwijl die van 4 hoeveelheden aluminiumsulfaat hiertussen in staat.

3 De kationen der enkel- en viervoudige hoeveelheden sulfaten van Al en Fe oefenen bij deze pH-waarden van de grond een schadelijke invloed uit op wortelvorming en groei van de rhododendrons. Van deze drie kunstmiddelen om in de praktijk de grond zuurder te maken, kan dus slechts zwavel in toepassing worden gebracht.

De invloed der verschillende doseringen op de kalkverzadiging van grond Z werd bovendien bepaald. Hoewel over de adsorptieve waarde van de organische stof in deze grond weinig bekend is, is het toch zeer waarschijnlijk, dat het grootste gedeelte van het adsorptievermogen van de Boskoopse veengronden wordt bepaald door de hoeveelheid organische stof, die zij bevatten. Wij becijferden de hoeveelheid uitwisselbare Ca op de hoeveelheid actief materiaal, die de grond bevat. Aannemende, dat deze grond 26% delen bevat $< 2\,\mu$ en 22% actieve organische stof, werd berekend de totale hoeveelheid actief materiaal, door aan te nemen, dat de organische stof 4,5 malen actiever is dan de klei. Wij komen dan tot de conclusie, dat deze grond $4{,}5 \times 22 + 1 \times 26 = 125\%$ actief materiaal[1]) bevat. De methodiek van de bepaling van de hoeveelheid uitwisselbare Ca in de gemiddelde mengmonsters uit de vier parallelpotten der verschillende Z-objecten werd in hoofdstuk III beschreven. De resultaten van dit onderzoek zijn in tabel XXXVIII samengevoegd.

4 Als gevolg van de behandeling van de ongeschikte grond met bovenvermelde stoffen heeft kalkuitspoeling plaats gehad, die evenredig is aan de stijging van de zuurgraad. Afgezien van de geconstateerde schadelijke invloed van de kationen Fe en Al op wortelvorming en groei van de rhododendron bij pH 5,18 en lager, is hetgeen Coville (34) over de invloed van Al-sulfaat op de grond vermeldt, in overeenstemming met deze proeven: „The natural of the fundamental action of aluminum sulphate on a

[1]) Dat deze grond meer dan 100% actief materiaal bevat is een gevolg van het feit, dat het actieve materiaal in klei is uitgedrukt. Een grond met 100% humus bevat 450% actief materiaal.

Fig. 40

Groeiverschillen van rhododendrons tussen de groepen objecten S_1–S_2–S_3 (links voorgrond en rechts achtergrond) en Blanco–K_1–K_2 (rechts voorgrond en links achtergrond) van proef X na twee vegetatieperioden

Differences in growth of Rhododendrons between the groups objects S_1–S_2–S_3 (left foreground and right background) and Blanc–K_1–K_2 (right foreground and left background) of Exp. X after two vegetation periods

Wachstumsunterschiede von Rhododendren zwischen den Gruppen Objekten S_1–S_2–S_3 (links Vordergrund und rechts Hintergrund) und Blanko–K_1–K_2 (rechts Vordergrund und links Hintergrund) von Versuch X nach zwei Vegetationsperioden

Différences de croissance de Rhododendrons entre les objets des groupes S_1–S_2–S_3 (front à gauche et fond à droite) et Blanc–K_1–K_2 (front à droite et fond à gauche) de l'experiment X après deux périodes de végétation

Fig. 41

Verschillen in ontwikkeling van twee rhododendrons in onbehandelde (rechts) en met zwavel behandelde grond (links)van proef X na drie vegetatieperioden

Differences in development of two Rhododendronplants in soils not treated (right) and soils treated with sulphur (left) of Exp. X after three vegetation periods

Entwicklungsunterschiede von Rhododendren in unbehandeltem (rechts) und mit Schwefel behandeltem Boden (links) von Versuch X nach drei Vegetations perioden

Différences de développement de deux Rhododendrons dans des terres non traitées (à droite) et des terres traitées par le soufre (à gauche), de l'expériment X après trois périodes de végétation

TABEL XXXIX *Samenstelling proefgrond Z*

Zand			Afslibbaar < 16 μ %	Humus (gloeiverlies) %	pH
Totaal 2000–16 μ %	Grof > 90 μ %	Fijn 90–16 μ %			
34	28	6	27	39	5,55

TABEL XL

Hoeveelheden der verschillende bijzondere doseringen van proef IX

	g per kg droge grond (105° C)	g per 100 kg (vochtige) grond	kg/ha
Enkelvoudige hoeveelheid S als elementaire zwavel	4,0	–	3680
Dubbele hoeveelheden S als elementaire zwavel	8,0	–	7360
Enkelvoudige hoeveelheid S als mangaansulfaat	18,9	866,0	–
Enkelvoudige hoeveelheid S als ferrisulfaat	16,7	766,0	–

4 Z + enkelvoudige hoeveelheid S als mangaansulfaat.
5 Z + „ „ „ „ ferrisulfaat.

In tabel XL zijn de hoeveelheden der verschillende bijzondere doseringen, uitgedrukt in g per kg droge grond, g per 100 kg grond en kg per ha, samengevoegd.

In vergelijking met de Amerikaanse onderzoekingen zijn beide zwaveldoseringen middelmatig te noemen. Voor de rhododendronplanten is een hoeveelheid van 8 g S per kg droge Boskoopse grond echter te hoog, mede in verband met de vollegrondsproeven X en XI, waarin reeds bij hoeveelheden van respectievelijk 4,9 (object S_2) en 7,5 (vak 2 zuidhelft) g zwavel per kg droge grond bladbeschadigingen optraden. In die proeven werd de toegediende zwavel uitgedrukt in kg S per □ Rijnl. roede [1]). Bij de omrekening van kg zwavel per □ Rijnl. roede op g zwavel per kg droge grond werd het volumegewicht van de Boskoopse grond gelijkgesteld aan 0,6, zodat een grondlaag met een oppervlak van 1 □ Rijnl. roede en 20 cm diepte 1680 kg droge grond bevat.

[1]) 1 □ Rijnl. roede = 14 m².

De mangaansulfaatbemesting was in vergelijking met de door MAC HARGUE (120) en VAGELER (211) vermelde hoeveelheden, welke variëren tussen enkele en tientallen grammen per 100 kg grond, buitengewoon zwaar, evenals de ferrisulfaatbemesting in vergelijking met de reeds bij de vorige proef vermelde hoeveelheden ferrosulfaat.

Het poten van de zinkelingen met uitgespoelde wortels in de potten, de plaatsing hiervan in met turfstrooisel gevulde kweekbedden en de verdere verzorging van de potcultuur had op soortgelijke wijze plaats als bij de vorige proeven. Op 28 April 1939 werden alle potten bemest met 1 A.S.F.-tablet (5 g) 15 : 20 : 25 ($N : P_2O_5 : K_2O$) en op 20 Juli in verband met de lichte bladkleur van alle planten bovendien nog met 1,6 g ammoniumnitraat.

In de herfst vertoonden de bladeren der planten uit serie Z zowel de bladrandchlorose als de bladmarmering (groene nerven op een lichtgroen gekleurd fond). De bladeren der planten uit series Z + de enkelvoudige hoeveelheid zwavel en Z + de dubbele hoeveelheid zwavel hadden een fraaie donkergroene kleur, die uit series Z + mangaansulfaat en Z + ferrisulfaat een lichtere kleur, waaraan zich een minder uitgesproken bladmarmering vertoonde dan aan de bladeren der planten uit serie Z. In tabel XLI zijn de resultaten van onderzoekingen, welke op deze proef betrekking hebben, samengevoegd. De verschillen in wortelvorming der planten uit object Z + de enkelvoudige hoeveelheid zwavel en de andere objecten (behalve Z + de dubbele hoeveelheid zwavel) zijn volkomen betrouwbaar, evenals die tussen Z enerzijds en Z + mangaansulfaat en Z + ferrisulfaat anderzijds. Daar de verschillen in wortelvorming der planten uit objecten Z + de enkelvoudige hoeveelheid zwavel en Z + de dubbele hoeveelheid zwavel onbetrouwbaar zijn, staat het niet vast, dat de hoogste zwaveldosering een nadelige invloed heeft uitgeoefend op de wortelvorming van de rhododendrons, hoewel dit, in verband met de bovengrondse verschijnselen, die zich bij overmatige zwaveldosering voordeden (proeven X en XI), wel waarschijnlijk is.

De gemiddelde lengte der takken van de planten uit serie Z + de enkelvoudige hoeveelheid zwavel verschilt niet betrouwbaar van die der planten uit series Z en Z + de dubbele hoeveelheid zwavel, doch wel betrouwbaar van die der planten uit series Z + mangaansulfaat en Z + ferrisulfaat. Hetzelfde geldt voor de gemiddelde

TABEL XLI

Uitkomsten van proef IX

Serie	pH	Wortels	Takken	Bladeren									
		Wortel gewicht in g	Lengte der in 1939 gevormde takken in cm	Lengte n cm	Grootste breedte in cm	Blad oppervl. in cm²	Chlorophyl per 100 g vers blad in mg	As %	Per 100 g droge stof				
									mÆ Ca	mMol N	mÆ K	mÆ Mg	mMol PO_4
Z	5,55	24,1 ± 0,6	7,3 ± 0,28	7,7 ± 0,24	3,2 ± 0,11	18,2	109	5,0	67,4	107,3	9,6	29,9	5,16
Z+1 zwavel	5,15	38,2 ± 4,0	8,2 ± 0,45	7,8 ± 0,26	3,2 ± 0,09	19,4	258	5,3	65,9	146,5	10,3	31,1	6,83
Z+2 zwavel	4,55	33,8 ± 3,8	7,3 ± 0,48	8,0 ± 0,44	3,4 ± 0,16	20,1	–	5,6	55,0	150,0	12,0	35,0	7,00
Z+mangaansulf.	5,15	9,9 ± 2,0	4,3 ± 0,58	6,9 ± 0,34	2,8 ± 0,13	14,5	171	5,0	62,3	120,1	11,6	34,0	6,05
Z+ferrisulfaat	5,15	13,1 ± 1,7	4,0 ± 0,74	7,4 ± 0,23	2,9 ± 0,11	15,7	180	5,5	60,0	119,0	12,0	34,6	6,02

lengte, grootste breedte en het bladoppervlak der bladeren, hoewel de verschillen tussen Z + de enkelvoudige hoeveelheid zwavel enerzijds en Z + mangaansulfaat en Z + ferrisulfaat anderzijds minder betrouwbaar zijn. Figuur 39 geeft een aanschouwelijke voorstelling van de wortelvorming van *Rhod. catawbiense* Grdfl. in de vijf verschillende objecten van proef IX. Daar op het ogenblik van de opname van deze figuur de correctie van 4% op het wortelgewicht (zie hoofdstuk III § 4) nog niet was aangebracht, zijn de wortelgewichten uit deze figuur 4% lager dan die uit tabel XLI.

Resultaten van proef IX.

1 De toepassing van zwavel op gronden, die voor de rhododendroncultuur een te geringe zuurgraad bezitten, oefent een gunstige invloed uit op de groei van de rhododendrons, welke zich in deze proef voornamelijk uitte in een betere wortelvorming en een verhoogde chlorophylproductie, welke in eerste instantie het gevolg is van een verhoogde N-opname.

2 Ferri- en mangaansulfaat, in hoeveelheden van respectievelijk 16,7 en 18,9 g per kg droge grond aangewend, oefenen bij pH = = 5,15 een schadelijke invloed uit op rhododendrons. De schadelijke werking uitte zich in een geringe wortelvorming en de vorming van korte takken met kleine, gemarmerde bladeren. Het gebruik van sulfaten van Fe, Mn en Al, als kunstmiddel om de zuurgraad van gronden voor de rhododendron-cultuur te verhogen, moet worden afgeraden.

3 Waarschijnlijk oefent een overmatige zwaveldosering een nadelige invloed uit op de wortelvorming van de rhododendrons.

Proef X (1940)

In verband met het feit, dat o.a. enkele *Chamaecyparis Lawsoniana*-variëteiten en de Boskoopse *Rosa rugosa* in wisselcultuur met de rhododendrons verbouwd worden, was het van belang na te gaan, hoe deze gewassen op de zuurgraad van de grond reageren. Daartoe werd door mij (148) met deze gewassen en met *Rhod. catawbiense* Grdfl. in 1940 in de volle grond een proef opgezet, bestaande uit zes objecten met ieder twee parallelvakjes, elk met een oppervlakte van 1,65 m². De parallelvakjes werden achter en naast elkaar, de overeenkomstige vakken echter zo ver mogelijk van elkaar verwijderd, aangelegd. Uit de aard der zaak zullen hier slechts die resultaten

van deze proef vermeld worden, welke op *Rhod. catawbiense* Grdfl. betrekking hebben. Voor de resultaten van mijn onderzoekingen naar de invloed van de zuurgraad van de grond op de groei van variëteiten van *Chamaecyparis Lawsoniana* en enkele andere gewassen, zij verwezen naar de Verslagen 1937, 1938, 1939 en 1941 van de Vereniging „de Proeftuin" te Boskoop (144) (145) (146) (147).

Op welke wijze de verschillende objecten ontstonden, en hoe de zuurgraad van de grond onder invloed der bijzondere doseringen veranderde, wordt weergegeven in tabel XLII.

De elementaire zwavel en de landbouwkalk werden in April 1940 zo gelijkmatig mogelijk over de bovenste grondlaag van 20 cm verdeeld.

TABEL XLII

pH-waarden in verschillende objecten van proef X onder invloed van verschillende doseringen

Object	Bijzondere dosering in kg per □ Rijnland roede		pH
	Elementaire zwavel	Landbouw-kalk	
K_2	–	14,41	6,6
K_1	–	5,65	6,1
Blanco	–	–	5,7
S_1	4,98	–	4,7
S_2	8,29	–	4,3
S_3	11,62	–	4,3

Na deze bijzondere doseringen werd aan alle vakjes een algemene bemesting van 0,5 kg kalkammonsalpeter, 0,5 kg chilisalpeter, 1 kg patentkali en 1 kg dubbelsuperfosfaat per □ Rijnl. roede toegevoegd. In elk vakje werden 4 rhododendron-zinkelingen achter elkaar gepoot, nadat de grond uit hun wortelkluiten was weggespoeld.

Daar het feit zich voordeed, dat op 12 Juli 1941 binnen de twee groepen objecten S_1, S_2, S_3 enerzijds en Blanco, K_1, K_2 anderzijds, op het oog geen verschillen in ontwikkeling waren te constateren (fig. 40), bepaalden wij slechts de rekenkundig gemiddelden van enkele nader te noemen grootheden per groep objecten, daar aangenomen mocht worden, dat de verschillen binnen elke groep objecten klein waren.

Groep S_1-S_2-S_3.

Slechts één plant uit één der vakjes was gedurende de twee vegetatieperioden afgestorven. De andere planten hadden zich gedurende deze periode ontwikkeld tot gezonde exemplaren met fraaie, donkergroene bladeren. Toch deden zich op sommige bladeren der planten uit objecten S_2 en S_3 ongewenste symptomen voor, die niet waar te nemen waren op de bladeren der planten van object S_1 en de andere objecten en dus aan een overmatige S-bemesting moeten worden toegeschreven. Dit verschijnsel ontwikkelde zich gedurende het koude jaargetijde, aangezien hiervan vóór beide vorstperioden nog geen sprake was. Na beide vorstperioden hadden hoofd- en zijnerven van de aangetaste bladeren een goudoker kleur aangenomen. Van hieruit verspreidde zich deze eigenaardige verkleuring over het gehele bladoppervlak, waardoor tenslotte het gehele blad deze kleur aannam. De aldus aangetaste bladeren vielen vroegtijdig in de zomer af. Dezelfde ontwikkelingsgang van deze winterbeschadiging van rhododendron-blad door te sterke zwavelbemesting van de grond werd ook geconstateerd in het proefveldje bij den kweker J. H. A. Vermeulen, Reijerskoop te Boskoop; de resultaten van deze proef worden verderop in dit hoofdstuk behandeld.

Groep Blanco-K_1-K_2.

In de periode tussen April 1940 en Juli 1941 was 33% van het oorspronkelijke aantal planten uit deze groep objecten afgestorven. De in leven gebleven exemplaren waren gekenmerkt door een gedrongen habitus met korte takjes en miniatuur bladrandchlorotische (geelgerande), gemarmerde (gevlekte) of egaal bronskleurige bladeren.

In beide groepen objecten werden van de planten op 12 Juli 1941 de gemiddelde lengte der eenjarige takken, de gemiddelde lengte en grootste breedte der bladeren, die in vegetatieperiode 1941 gevormd werden, en de gemiddelde totale hoogte der planten bepaald. In tabel XLIII zijn de uitkomsten ondergebracht. De grootte van de verschillen in ontwikkeling tussen de planten van beide groepen is wat betreft de:

Lengte der takken	13,5 ± 0,74 cm
Lengte der bladeren	4,1 ± 0,62 cm
Grootste breedte der bladeren . .	1,3 ± 0,26 cm
Totale hoogte der planten . . .	14,6 ± 1,53 cm

TABEL XLIII *Groeimetingen van Rhododendron uit proef X*

		$S_1 - S_2 - S_3$	Blanco - $K_1 - K_2$
Lengte der takken	in cm	17,1 ± 0,66	3,6 ± 0,33
Lengte der bladeren	„ „	8,7 ± 0,44	4,6 ± 0,44
Grootste breedte	„ „	3,3 ± 0,15	2,0 ± 0,89
Totale hoogte der planten	„ „	51,1 ± 1,25	36,5 ± 0,89

Fig. 40 geeft een beeld van de groeiverschillen tussen de rhododendrons uit beide groepen objecten na twee vegetatieperioden, fig. 41 van de groeiverschillen tussen twee rhododendron-planten, gegroeid in onbehandelde (rechts) en met zwavel behandelde grond (links), na drie vegetatieperioden.

Resultaten van proef X.

1 De verschillen in ontwikkeling van *Rhod. catawbiense* Grdfl.-planten in de groepen objecten Blanco - K_1 - K_2 en met S_1 - S_2 - S_3 zijn aanzienlijk en betrouwbaar.
2 Overmatige zwaveldosering (8,29 kg en meer zwavel per □ Rijnl. roede = 4,9 g en meer zwavel per kg droge grond) veroorzaakte bladbeschadiging. Bij een dosering van 4,98 kg zwavel per □ Rijnl. roede (= 3 g zwavel per kg droge grond) bleef dit verschijnsel achterwege.

Proef XI (1940)

Deze proef werd opgezet op de kwekerij van den Heer H. J. A. Vermeulen, Reijerskoop te Boskoop, op een veengrond met een organische stofgehalte (gloeiverlies) van 35,02% (op luchtdroog) en een pH = 5,60.

Het proefveldje bestond uit drie vakken, elk met een oppervlakte van 11,1 m². Het eerste vak werd op 22 April niet, het tweede en derde vak werden wel met respectievelijk 12,6 en 32,8 kg S per □ Rijnl. roede behandeld.

In de noordhelften van vakken 2 en 3 werden bovenvermelde hoeveelheden zwavel zo gelijkmatig mogelijk tijdens het spitten over een 40 cm diepe bouwvoor verspreid, in beide zuidhelften na het spitten op ongeveer 20 cm diepte met een riek zo gelijkmatig mogelijk ondergewerkt. Dus over een bouwvoor van 20 cm diepte ver-

deeld, werden de volgende hoeveelheden zwavel in kg per □ Rijnl. roede toegediend aan de volgende vakken of vakhelften:

vak		kg zwavel
1		0
2	noordhelft	6,3
2	zuidhelft	12,6
3	noordhelft	16,4
3	zuidhelft	32,8

Hierna werden alle vakken nog bemest met 1,6 kg zwavelzure ammoniak (handelspraeparaat) per □ Rijnl. roede en tenslotte op 26 April beplant met 56 zieke *Rhod. catawbiense* Grdfl.-planten, met zo goed mogelijk uitgeschudde wortelkluiten, per vak.

Van de grondlagen tussen 0–20 cm en 20–40 cm werd op 4 September de pH bepaald. Zoals te verwachten was, waren door het gebruik van zwavelzure ammoniak de pH-waarden van de bovengrond uit vakken 1, 2 noordhelft en 3 noordhelft lager dan die van de ondergrond. In de vakhelften, die een te zware zwaveldosering hadden ontvangen, ontstonden op de bladeren gedurende droogteperioden in de zomermaanden van 1940 en 1941 brandvlekken. In minder ernstige gevallen beperkte deze bladverbranding zich tot slechts enkele bladeren per plant. Hierop ontstonden willekeurig verspreide, siennakleurige (kleurenschaal Talens no 1439/4 no 068) brandvlekken. In ernstige gevallen, zoals in vak 3 zuidhelft, verdroogde een groter of kleiner gedeelte van het bladoppervlak op deze wijze onder oprolling naar beneden van de bladranden. Doordat de bladpunten zich naar boven ombogen, kregen de bladeren een typische, steile houding. Na enige tijd vielen zij af. Gedurende de wintermaanden ontstond een ander, reeds in de vorige proef beschreven verschijnsel. De verschillende behandelingen van de grond met de bijbehorende waarnemingen zijn in tabel XLIV samengevoegd.

Resultaten van proef XI.

1 De behandeling van de ongeschikte cultuurgrond voor rhododendrons met 6,3 kg zwavel per □ Rijnl. roede, verdeeld over een bouwvoor van 20 cm diepte (= 3,8 g zwavel per kg droge grond), heeft een gunstige invloed uitgeoefend op de gezondheidstoestand van zieke rhododendron-planten.

TABEL XLIV

Grondbehandeling met bijbehorende waarnemingen van proef XI op de kwekerij van den Heer H. J. A. VERMEULEN *te Boskoop*

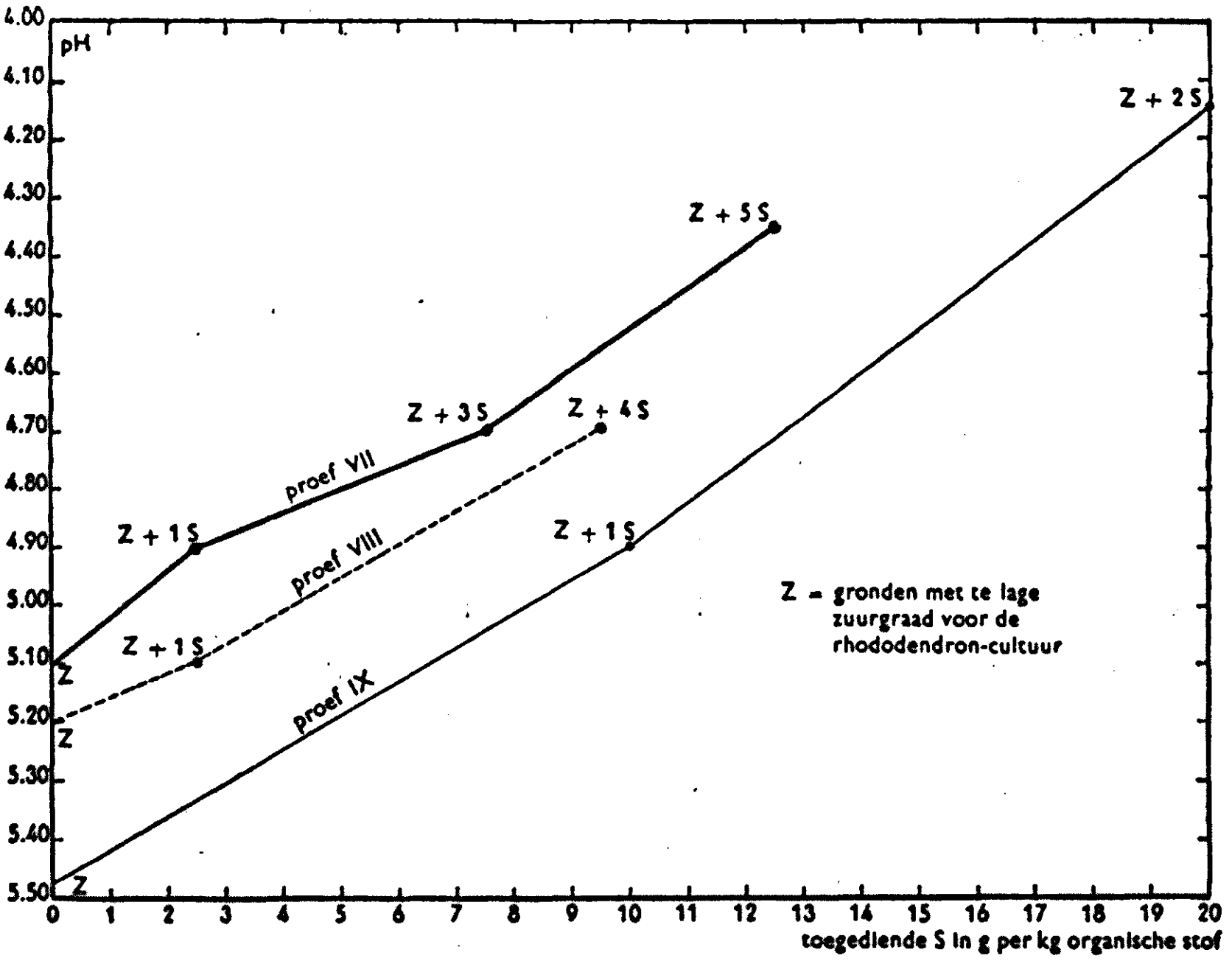
Vak	kg S per □ Rijnl. roede	kg S per □ Rijnl. roede 20 cm diepte	pH 4 Sept. 1940		Percentage chlorotische planten op 4 Sept. '40	Optreden brandvlekken zomer '40	Winterbeschadiging '40–'41	Optreden brandvlekken zomer '41
			0–20 cm	20–40 cm				
1	0	0	5,04	5,40	87,5	geen	geen	geen
2 noordhelft	12,6	6,3	4,50	4,90	18,0	geen	geen	geen
2 zuidhelft		12,6	3,71	5,40	0	geen	zwak	zwak
3 noordhelft	32,8	16,4	3,48	3,90	0	zwak	sterker	sterk
3 zuidhelft		32,8	2,55	5,03	0	zeer sterk	zeer sterk	zeer sterk

2 Overmatige zwaveldosering (12,6 kg en meer zwavel per □ Rijnl. roede, verdeeld over een bouwvoor van 20 cm diepte = 7,5 g en meer zwavel per kg droge grond in deze proef) veroorzaakt bladbeschadigingen. (In proef X trad de winterbeschadiging reeds op bij een zwaveldosering van ruim 8 kg per □ Rijnl. roede.)

Doelmatige zwavelbemesting

Uit de vorige onderzoekingen bleek, dat door toepassing van overmatige hoeveelheden zwavel op voor de rhododendron-cultuur te weinig zuur reageerende gronden, bladbeschadigingen op dit gewas ontstonden. In geen geval is voor dit grondtype het gebruik van grotere hoeveelheden dan ongeveer 6 kg zwavel per □ Rijnl. roede tegelijkertijd te verantwoorden. De oorzaak van deze beschadigingen moet eerder gezocht worden in een te hoge sulfaatconcentratie dan in een te hoge waterstofionenconcentratie in de bodem, aangezien uit proef II bleek, dat bij pH = 3 zonder sulfaatbemesting de rhododendrons nog een zeer goede ontwikkeling vertonen.

Als grondslag van de zwavelbemesting in de praktijk werd aangenomen de hoeveelheid S, die nodig is om de pH van de bouwvoor van 20 cm tot 4,9 te doen dalen. Wij kozen deze grens, omdat deze zuurgraad juist hoog genoeg is voor rhododendrons en een verdere verlaging van de pH door zwavel, bladbeschadigingen bij de rhododendrons en ernstige schade van andere cultuurgewassen uit de Boskoopse culturen zou kunnen veroorzaken. Daar de hoeveelheid



Grafiek III
Verband tussen de hoeveelheden geoxydeerde S en de pH der gronden van proeven VII, VIII en IX

zwavel, om dit punt te bereiken, afhankelijk is van de buffercapaciteit van de grond [Lipman c.s. (110)] en van de pH, werd bepaald, hoeveel zwavel, betrokken op organische stof, het bodemmateriaal, waarvan op deze gronden in hoofdzaak het bufferend vermogen uitgaat, moest worden toegevoegd, om de pH van de grond 0,1 eenheid te doen dalen. De potproeven VII, VIII en IX leenden zich hiertoe zeer goed, omdat hierin van afgewogen hoeveelheden grond en zwavel werd uitgegaan. Aangenomen werd, dat de A.S.F.-korrelmest, die in deze proeven als algemene bemesting werd toegepast, neutraal „verwerkt" wordt [Knapp (101)]. In grafiek III is het verband tussen de hoeveelheden toegediende en onder deze omstandigheden volkomen geoxydeerde zwavel, uitgedrukt in grammen per kg organische stof, en de pH dezer gronden weergegeven. Uit het verloop van deze vrijwel evenwijdige lijnen volgt, dat per kg organische stof 1,5 tot 2 g zwavel moet worden

toegevoegd, om de pH 0,1 eenheid te doen dalen. In het algemeen is de hoeveelheid zwavel, om dit te bereiken, van verschillende omstandigheden afhankelijk (zie algemeen overzicht van dit hoofdstuk). Naarmate een groter percentage van de toegediende zwavel oxydeert, zal minder zwavel per kg organische stof nodig zijn, om de pH van de grond 0,1 eenheid te doen dalen. Voorlopig nam ik daarom aan, dat hiervoor 1,75 g zwavel nodig is. Uit deze overwegingen moge tenslotte blijken, dat toediening van zwavel zonder grondonderzoek geen waarborgen biedt voor een doeltreffende verbetering van ongeschikte gronden voor de rhododendron-cultuur.

Een toepassing van de zwaveltherapie in de praktijk

Proef XII (1941)

Op een groot aantal rhododendronplanten, die alle in 1940 sterk de bladrandchlorose vertoonden en daardoor onverkoopbaar waren, werd in 1941 op de kwekerij van den Heer W. P. VAN DER WERF te Boskoop de zwaveltherapie op bovengenoemde basis toegepast.

Het volumegewicht van de grond, waarop de zieke planten gepoot zouden worden, bedroeg 0,6. Het onderzoek van een mengmonster van deze grond leverde het volgende resultaat op: pH = = 5,45. Organische stofgehalte (gloeiverlies) betrokken op gedroogde grond (105° C) = 30,6%. Een grondlaag van deze grond met een oppervlakte van 1 □ Rijnl. roede en een diepte van 20 cm weegt dus in droge toestand 1680 kg en bevat 514 kg organische stof. Voor een pH-daling van 0,1 eenheid moet per kg organische stof 1,75 g zwavel worden toegevoegd en dus voor een pH-daling van 0,55 per 522 kg organische stof 5,5 × 514 × 1,75 g = 4,95 kg zwavel.

Nadat de grond gespit was, werd per □ Rijnl. roede 4,95 kg gezeefde poederzwavel over het land gestrooid. Vervolgens werd de gebruikelijke hoeveelheid stalmest over het land verspreid en beide stoffen werden op 20 cm diepte teruggespit. In de aldus behandelde grond werden de zieke *Rhod. catawbiense* Grdfl.-planten met zo goed mogelijk uitgeschudde kluiten gepoot. Tenslotte kregen deze planten nog een overbemesting van 1 kg A.S.F.-korrels 15 : 18 : 24 ($N : P_2O_4 : K_2O$) per □ Rijnl. roede.

Deze proef gaf de volgende uitkomsten:

1 Alle planten werden in de herfst van 1941 tegen een goede prijs verkocht.

2 Van de 870 zieke planten hadden zich 170 exemplaren niet van de bladrandchlorose kunnen herstellen. De rest, dus ruim 80% van het oorspronkelijk aantal zieke planten, werd door den kweker als genezen verklaard. De wortelkluiten waren belangrijk steviger dan in 1940 — de planten stonden goed vast —, de kleur der bladeren was nu fraai groen, terwijl ook de knopvorming niets te wensen overliet.

3 De pH-bepaling van drie grondmonsters, welke na afloop van deze proef in October 1941 op drie verschillende plaatsen van het proefterrein gestoken werden, leverde de volgende waarden op: 5,06, 5,00 en 4,92.

§ 3 VOORNAAMSTE RESULTATEN

1 De bladrandchlorose van *Rhod. catawbiense* Grdfl. treedt op bij een pH van de grond van 5,1 af en hoger. Deze proeven bevestigden opnieuw de resultaten van onze vorige proeven.

2 De toepassing van een beperkte hoeveelheid zwavel op gronden, die voor de rhododendron-cultuur een te geringe zuurgraad bezitten, oefent een gunstige invloed uit op de ontwikkeling van deze planten.

3 Als grondslag van de zwavelbemesting in de praktijk werd aangenomen de hoeveelheid zwavel, die nodig is om de pH van de bouwvoor van 20 cm diepte tot pH = 4,9 te doen dalen. Om de pH van deze veengronden 0,1 te doen dalen, moet per kg organische stof (gloeiverlies) ongeveer 1,75 g zwavel worden toegevoegd.

4 Overmatige zwaveldosering veroorzaakt door een te hoge sulfaat-concentratie blad- en waarschijnlijk wortelbeschadigingen (proef IX). In geen geval is op de Boskoopse veengronden het gebruik van grotere hoeveelheden dan 6 kg zwavel per □ Rijnl. roede tegelijkertijd te verantwoorden.

5 Het gebruik van sulfaten van Fe, Mn en Al, als kunstmiddel om de zuurgraad van cultuurgrond te verhogen, moet worden afgeraden.

6 Als gevolg van de behandeling van de grond met zwavel, ferrosulfaat en aluminiumsulfaat heeft kalkuitspoeling plaats, welke evenredig is aan de stijging van de zuurgraad.

HOOFDSTUK XI

§ 1 SAMENVATTING

In bepaalde gedeelten van het Boskoopse cultuurgebied vertoont *Rhododendron catawbiense* „Grandiflorum", van grote economische betekenis voor de boomkwekerij, een typisch ziektebeeld, waaraan wij de naam bladrandchlorose gaven, o.a. in verband met het feit, dat de chlorose, het meest opvallende, bovengrondse symptoom van deze *Rhododendron*-ziekte, zich hoofdzakelijk in de omgeving van de bladranden voordoet. Langs de bladranden en tussen de zijnerven van de eerste orde tot ongeveer halverwege de hoofdnerf, begint het blad tegen Juli een geelachtig vermiljoen groene verkleuring [1]) te vertonen. Bij doorvallend licht blijkt deze verkleurde zône bezaaid te zijn met lichte vlekjes. De rest van het mesophyl behoudt de normaal groene kleur van een gezond blad, ook gedurende het verdere verloop van het verkleuringsproces. In de herfst, als de bladeren volwassen zijn, zijn de kleurcontrasten scherper geworden. De geelachtig vermiljoen groene kleur is nl. overgegaan in een cadmiumgele kleur. Figuren 2*b* en 2*c* geven een beeld van de bladrandchlorose. In geringere mate doet de chlorose zich bij deze *Rhododendron* voor als een minder opvallende marmering der bladeren. De bladmarmering, die o.a. bij de *Azalea indica*-groep optreedt, wordt door Barnette en Mowry (9) juist gekarakteriseerd en omschreven als „a yellowing of the tissue of the leaves between the veins. The veins remain green". Fig. 2*d* geeft hiervan een beeld. Beide chlorosetypen komen vaak op dezelfde plant voor. Wij stelden vast, dat het chlorophylgehalte van chlorotische bladeren gemiddeld slechts 44 % bedraagt van dat van gezonde bladeren en dat het chlorophylgehalte van bladrandchlorotische bladeren over het algemeen hoger is dan dat van gemarmerde bladeren (tabel II, hoofdstuk II). Onder-

[1]) Voor de aanduiding van de kleurverschillen werd gebruik gemaakt van de kleurenschaal van Talens te Apeldoorn.

gronds uit zich deze ziekte in een slechte haarwortelvorming, waardoor in de cultuur wortelkluiten van zieke planten gekenmerkt zijn door een zeer losse structuur. Zij vallen gemakkelijk uit elkaar in tegenstelling tot de compacte wortelmassa's van gezonde planten.

Dit siergewas wordt te Boskoop gekweekt op kleihoudende veengronden, die gemiddeld 32 % organische stof, 26 % klei en 42 % zand bevatten; de zuurgraad ervan varieert ongeveer tussen pH 3,8 en 6,0. Verdere gegevens omtrent deze gronden zijn te vinden in tabellen III en VI van hoofdstuk IV.

Als bij elk klinisch onderzoek ener ziekte, waarvan de verwekker niet bekend is, kan men bezwaarlijk systematisch te werk gaan. In dit geval bestonden er echter aanwijzingen, welke deden vermoeden, dat de oorzaak gezocht moest worden in de bodem en wel meer speciaal in de Ca : H-verhouding van het adsorptiecomplex. Een oriënterend grondonderzoek bracht nl. aan het licht, dat de zuurgraad der cultuurgronden, waarin zich Rhododendrons met bladrandchlorose ontwikkelen ($c\,H = 0{,}54 \times 10^{-5}$), gemiddeld ruim 8 maal geringer is dan die, waarin zij zich normaal ontwikkelen ($c\,H = 4{,}46 \times 10^{-5}$). Wij verwijzen verder naar tabellen IV en V, hoofdstuk IV. Wij toonden verder aan, dat het adsorptiecomplex van slechte gronden voor de *Rhododendron*-cultuur rijker aan basen is dan dat van goede gronden voor deze cultuur en dat de hogere pH van slechte cultuurgrond het gevolg is van een hogere calciumverzadiging van het adsorptiecomplex.

Deze opmerkelijke invloed van de Ca : H-verhouding in het adsorptiecomplex op de groei van dit gewas werd experimenteel bevestigd in proeven I en II (Hoofdstuk V), waarin de pH-trappen verkregen werden door toevoeging van opklimmende hoeveelheden $CaCO_3$ aan zuurreagerende cultuurgrond (fig. 7 en 8) en door samenstelling van kunstmatige gronden, zand-dusariet-mengsels, met verschillende Ca : H-verhoudingen in het adsorptiecomplex. „Dusariet" is een uit koolstof bereide stof, welke de uitwisselingseigenschappen van humuslichamen bezit. Bij beide proeven traden bij opklimmende pH-waarden der rhizospheren groeistoornissen op, die zich in een steeds slechter wordende wortelvorming en bij pH = 5,1 en hoger in de bladrandchlorose en de bladmarmering (fig. 6) uitten. De nadelige invloed van een kalktoevoeging aan cultuurgrond op de wortelvorming van *Rhod. catawbiense* Grdfl. blijkt verder uit de verschillen in wortelvorming tussen de planten uit de niet (fig. 30) en wel

met kalk behandelde objecten (fig. 31) van proef V, hoofdstuk VII.

De concurrerende werking van calcium bij de zoutabsorptie blijkt uit de asanalysen van tabellen XI (proef I) en XXI (proef V). Bij grotere kalkrijkdom (hogere pH) der gronden, nemen *Rhododendron*-planten naar verhouding meer calcium, doch minder N, PO_4, K en Mg op. Dit blijkt verder uit de asanalysen van tabel XVII (proef III, hoofdstuk VI). De concurrentie tussen calcium en kalium bij de zoutabsorptie was bovendien uitwendig zichtbaar aan de planten uit het contrôle-object van proef III. Zij alle vertoonden kaliumdeficiëntieverschijnselen (fig. 22 en 26).

Daar de bladrandchlorose een deficiëntieverschijnsel zou kunnen zijn, werd in de proeven III en IV (hoofdstuk VI) onderzocht, hoe dit gewas reageert op onthouding van resp. Ca, K, Mg, PO_4 en N aan het groeisubstraat met de bedoeling, bovengenoemd verschijnsel kunstmatig op te wekken. Voor deze proeven werd turfstrooisel als groeimedium gekozen. Hieraan werden naast een contrôle-zoutmengsel zoutmengsels toegevoegd zonder respectievelijk de bovenvermelde elementen. Naar aanleiding van deze proeven werd vastgesteld, dat de beste planten zich ontwikkelden in object 0 Ca, dat de bladrandchlorose in geen enkel opzicht overeenkomt met de kunstmatig opgewekte kalium-, magnesium- en fosfaatdeficiëntieverschijnselen, doch veroorzaakt wordt door stikstofhonger (fig. 27). Dit laatste werd bevestigd door chemisch analytsisch onderzoek van gezond en ziek plantmateriaal uit de cultuur (tabellen XXVII XXVIII en XXIX, hoofdstuk IX). Uit dit onderzoek bleek, dat zowel tussen de absolute als de relatieve N-gehalten van gezonde en zieke bladeren essentiële verschillen bestaan. Gezonde planten nemen zowel absoluut als relatief meer stikstof uit het groeisubstraat op. Het N-gehalte van gezonde bladeren per 100 gram droge stof bedraagt minimaal 128,3 mMol en maximaal 215 mMol, dat van chlorotische bladeren minimaal 79,3 mMol en maximaal 126,3 mMol.

Om een praktische ervaring, dat de bladrandchlorose spoediger in droge dan in vochtige gronden optreedt, te verifiëren, werd het gedrag van deze *Rhododendron* in gronden met verschillende vochtgehalten nagegaan (proef VII, hoofdstuk VIII). Uit deze proef bleek, dat de bladrandchlorose zich niet slechts in vochtige gronden met een pH $>$ 5,1 ontwikkelt, doch bovendien in voor *Rhod. catawbiense* Grdfl. voldoende zuurreagerende grond met een te

laag vochtgehalte, dat in deze proef slechts 24 % lager was dan het vochtgehalte van deze grond na een regenrijke periode. Fig. 37 geeft een beeld van de bladrandchlorose van *Rhododendron*, welke zich ontwikkelde in een voldoend zure, doch te droge grond.

Voorts kon vastgesteld worden, dat de optimale groeifactoren van *Rhod. catawbiense* Grdfl. in de cultuur overeenkomen met die van de natuurlijke standplaats van *Rhod. catawbiense* Michx. te Carolina (hoofdstuk I) of met andere woorden, dat men de beste ontwikkeling van dit gewas kan verwachten in vochtige, doch goed waterdoorlatende, zure en voedselarme gronden. Wat hun vochtgehalte en doorlatendheid betreft, voldoen de ongeveer 60 cm boven het phreatisch oppervlak liggende en op enkele zomermaanden na steeds in een zeer vochtige toestand verkerende Boskoopse veengronden aan de eisen, die dit gewas stelt in tegenstelling tot de hoogliggende droge zandgronden elders in ons land.

Door het gebruik van over het algemeen voor de cultuur van rhododendrons te weinig zuurreagerende baggeraarde uit de sloten (pH = ± 5,7) in plaats van de voor dit gewas bij uitstek geschikte voedselarme, zure, aan organische stof rijke, doch duurdere veenaarde bij de noodzakelijke periodieke grondophoging der Boskoopse cultuurgronden (hoofdstuk II) of van kalk voor de cultuur van gewassen (o.a. cultuurvormen van *Chamaecyparis Lawsoniana*, *Viburnum Carlesii* en *Dicentra spectabilis*), die een hogere kalktoestand van de cultuurgrond eisen, brengt men, door verandering van de Ca : H-verhouding in het adsorptiecomplex, de *Rhododendron*-cultuur in dit cultuurcentrum zonder dit te beseffen, in gevaar, hetgeen voorkomen kan worden door toevoeging van chemisch zure of zuurvormende stoffen op gronden, die een te geringe zuurgraad bezitten.

De pot- (VIII en IX) en vollegrondsproeven (X en XI), die in hoofdstuk X beschreven zijn, werden opgezet om uit te maken, hoe *Rhod. catawbiense* Grdfl. op een behandeling van de grond met deze verschillende stoffen reageert en in welke mate de zuurgraad en andere eigenschappen van de Boskoopse veengrond veranderen of met andere woorden, welke stof in aanmerking zou kunnen komen voor de sanering van de *Rhododendron*-cultuur en in welke hoeveelheden deze stof dan moet worden toegepast. Uit deze proeven blijkt, dat het gebruik van beperkte hoeveelheden zwavel op gronden, die voor de cultuur van rhododendrons een te geringe zuurgraad bezitten (pH = 5,1 en hoger), een gunstige invloed uitoefent op de

ontwikkeling van deze planten (fig. 39, 40 en 41). Als grondslag van de zwavelbehandeling van de grond in de praktijk werd aangenomen de hoeveelheid zwavel, die nodig is om de pH van de bouwvoor van 20 cm diepte tot 4,9 te doen dalen. Om een bepaalde pH van deze veengronden 0,1 eenheid te doen dalen moet per kg organische stof (gloeiverlies) ongeveer 1,75 gram zwavel worden toegevoegd (grafiek III). Overmatige zwaveldosering — op deze gronden grotere hoeveelheden dan 6 kg per □ Rijnl. roede — veroorzaakt blad- en wortelbeschadiging, vermoedelijk door een te hoge sulfaatconcentratie. Het gebruik van aluminium-, ijzer- en mangaansulfaten moet worden afgeraden, aangezien de kationen een schadelijke invloed uitoefenen op wortelvorming en groei van *Rhod. catawbiense* Grdfl.. De schadelijke invloeden van mangaan en ijzer op de wortelvorming bij pH = 5,15 moge blijken uit fig. 39, die van ijzer op de wortelvorming bij pH = 4,7 uit fig. 33 en 34.

In aansluiting op de beschouwingen over de systematiek en de geographie van het geslacht *Rhododendron* L. worden in hoofdstukken I en II enkele aanwijzingen gegeven omtrent de plaatsing van dit gewas in parken en tuinen. Verder werd er de aandacht op gevestigd, dat zonder grondonderzoek geen doeltreffende toepassing van de zwaveltherapie mogelijk is en dat een blijvende contrôle der gronden, die voor de beplanting met of voor de cultuur van dit gewas in aanmerking komen, gewenst is. De basis van dit onderzoek werd door deze verhandeling gelegd. Moge zij tenslotte het hare bijdragen tot de verbetering van de *Rhododendron*-cultuur.

§ 2 SUMMARY

In certain parts of the Boskoop cultivation area the *Rhododendron catawbiense* „Grandiflorum", of great economic importance for arboriculture, suffers from a typical disease, which we indicate as "chlorosis of the leaf margin", on the ground that the chlorosis, the most striking symptom above the soil of this *Rhododendron*-disease, mainly manifests itself in the tissue near the leaf margins. Along the margins and between the veins of the first order to about half way the midrib, the leaves begin to show towards the month of July, a yellowish-vermilion-green discoloration. [1]) In transmitting light

[1]) To indicate the differences in colour we have made use of the scale of cclours published by Talens of Apeldoorn (Holland).

this discoloured zone is crowded by little light specks. The rest of the mesophyll retains the normal greenish colour of a sound leaf, also during the course of the discolorationprocess. In autumn when the leaves have developed fully, the contrasts in colour get more accentuated. The yellowish-vermilion-green colour has then passed into a cadmium-yellow colour. Figures 2*b* and 2*c* illustrate the „chlorosis of the leaf margin". The chlorosis presents itself to a less extent in this *Rhododendron*, as a not so marked marmoration of the leaves. The leaf marmoration as occurring amongst others in the *Azalea indica*-group, has been correctly characterized and described by BARNETTE and MOWRY (9) as „a yellowing of the tissue of the leaves between the veins. The veins remain green". This is shown in fig. 2*d*. In one and the same plant both types of chlorosis are frequently found. We ascertained that the chlorophyll content of chlorotic leaves amounts on an average to only 44 percent of that of sound leaves, and that in general the chlorophyll content of leaves affected by leaf margin chlorosis, is higher than that of marbled leaves (table II, chapter II). In the soil this disease manifests itself by a defective hair-root formation, owing to which the rootballs of diseased plants are characterized by a very loose structure. They easily fall to pieces in contrast with the compact rootballs of sound plants.

This ornamental plant is grown at Boskoop on clayish peat soil containing on an average 32 % organic matters, 26 % clay and 42 % sand; its degree of acidity ranges between about pH 3,8 and 6,0. For further data on these soils we would refer to tables III and VI of chapter IV.

As in the case of all clinical investigation of diseases with an unknown cause, it is very difficult to proceed systematically. In the present instance there were, however, indications suggesting the cause to be found in the soil, especially in the Ca : H-ratio of the adsorptive complex. For a soil test brought to light, that the degree of acidity of the soils with Rhododendrons affected by „chlorosis of the leaf margin" ($c\,H = 0{,}54 \times 10^{-5}$), is on an average more than 8 times slighter than that in which they develop normally ($c\,H = 4{,}6 \times 10^{-5}$) (see furthermore tables IV and V, chapter IV). Furthermore we proved that the adsorptive complex of bad soils for the cultivation of *Rhododendron* is richer in bases than that of good soils and that the higher pH-value of bad cultivation soils is the

result of a higher calcium saturation of the adsorptive complex.

This noteworthy influence of the Ca : H-ratio in the adsorptive complex on the growth of this plant was confirmed experimentally in two experiments (I and II, chapter V), in which different pH-values were obtained by adding ascending quantities of $CaCO_3$ to soil with an acid reaction (figures 7 and 8) and by composing "artificial soils" i.e. mixtures of sand and dusarite with different Ca : H-ratios in the adsorptive complex. "Dusarite" is a carbon preparation possessing the exchangeable properties of humus organismus. Both experiments showed with ascending pH-values of the rhizospheres vegetative disturbances which manifested themselves in an evermore defective hair root formation and in case of pH = 5,1 and higher, in the "chlorosis of the leaf margin" and the marmoration of the leaf (fig. 6). The adverse influence on the root formation of *Rhod. catawbiense* Grdfl. caused by the addition of lime to cultivation soil, appears also from the differences in root formation between the plants, not treated with lime (fig. 30) and those treated with lime (fig. 31) (experiment V, chapter VII).

The ashanalyses of tables XI (exp. I) and XXI (exp. V) show the competitive effect of calcium in the salt absorption. In the event of higher content of lime in the soils (higher pH) *Rhododendron*-plants take up proportionally more calcium but less N, PO_4, K and Mg. This also appears from the ashanalyses of table XVII (exp. III, chapter VI). Moreover, the competition between calcium and potassium in the salt absorption was externally visible in the plants of the control object of exp. III. They all showed symptoms of potassium deficiency (figures 22 and 26).

As "chlorosis of the leaf margin" might be a symptom of deficiency, we investigated in experiments III and IV (chapter VI) the reaction of the plant on withholding Ca, Mg, PO_4 and N respectively from the medium, so as to create the above symptom artificially. For these experiments we employed peat litter as a medium of growth, to which, apart from a control saltmixture, saltmixtures were added without the respective elements mentioned above. On basis of these experiments, we determined that the best plants developed in object 0 Ca, that the "chlorosis of the leaf margin" in no way corresponds with the symptoms of potassium-, magnesium and phosphate-deficiency created artificially, but that it is caused by a shortage of nitrogen (fig. 27). The latter was confirmed on a chemical-

analytical investigation of sound and diseased plant material from the nurseries (table XXVII, XXVIII, XXIX chapter IX). This experiment showed that there exist essential differences both between the absolute and the relative N-content of sound and diseased leaves. Sound plants take up more nitrogen from the medium both in an absolute and in a relative sense. The N-content of sound leaves amounts per 100 g dry material to minimum 128,3 mMol and maximum 215 mMol and of chlorotic leaves to minimum 79,3 mMol and maximum 126,3 mMol.

To verify practical experience of Boskoop growers to the effect that dry soils get affected sooner by "chlorosis of the leaf margin" than moisty ones, we followed the behaviour of this *Rhododendron* on soils with varying content of moisture (exp. VII, chapter VIII). This experiment showed that the "chlorosis of the leaf margin" not only develops in moisty soils with a pH $>$ 5,1 but moreover in soils with a sufficiently acid reaction for *Rhod. catawbiense* Grdfl. and too low a content of moisture, which was in this experiment only 24 percent lower than the amount of moisture in this soil after a rainy period. Fig. 37 illustrates the "chlorosis of the leaf margin" of a *Rhododendron* that developed in a sufficiently acid but too dry a soil.

Furthermore could be established that the optimal vegetative factors of *Rhod. catawbiense* Grdfl. in the cultures are identical to those of the habitat of the *Rhod. catawbiense* Michx. in Carolina (chapter I), or in other words that this plant can be expected to develop best in poor acid soils that are moisty but porous. As to their content of moisture and permeability the peaty soils of Boskoop, which are situated about 24 inches above the phreatic surface, and which, except during a few summer months, are always in a very moisty condition, satisfy the requirements of this plant, in contrast with the elevated dry sandy soils elsewhere in the Netherlands.

For the periodically essential raising of the Boskoop cultivation soils (chapter II) use is often made of dredgings, which have in general too inadequate an acid reaction for the growth of *Rhododendron* (pH $\pm$ 5,7) instead of peat, though more expensive, so eminently suitable for this plant, because it is an acid, rich in organic matter and poor in nutritive matter. Furthermore the growers use lime for the growth of plants (among others *Chamaecyparis Lawsoniana*-varieties, *Virbunum Carlesii* and *Dicentra spectabilis*) demanding

a higher lime status. As a result changes arise in the Ca : H-ratio of the adsorptive complex and consequently the cultivation of *Rhododendron* in the Boskoop centre is being endangered unconsciously. The situation can be remedied by addition of chemical acid materials or acid forming ones to soils with too high an acid reaction.

The pot- (VIII and IX) and field experiments (X and XI) were made to find out how *Rhod. catawbiense* Grdfl. reacts on a treatment of the soil with these different materials and in how far the degree of acidity and other qualities of the Boskoop peaty soils undergo changes, or in other words which material might be used to improve the soils with the quantities required. These experiments show that the use of limited quantities of sulphur on soils having an insufficient degree of acidity for the growth of Rhododendrons (pH = 5,1 and higher), exercise a favourable influence on the development of these plants (figures 39, 40 and 41). As a basis for the treatment of the soil with sulphur, we took the quantity of sulphur, required to reduce the pH of the furrow from 8 inches to 4,9. To lower a certain pH of these peat soils by 0,1 value, about 1,75 g sulphur per kg organic matter must be added (Graph. III). Excessive doses of sulphur, on these soils quantities larger than 13 lbs per square "Rhineland roede" (about 17 sq. yard), cause damage to the leaves and roots, presumably due to too high a concentration of sulphate. Aluminium-, iron- and manganese sulphates cannot be recommended since the cations exercise an unfavourable influence on the root formation and the growth of *Rhod. catawbiense* Grdfl.. Fig. 39 shows the adverse influences of manganese and iron on the root formation with pH = 5,15; figures 33 and 34 those of iron on the root formation with pH = 4,7.

The above comments also demonstrate that efficient application of sulphur is impossible without an investigation of the soil and that moreover it is desirable to keep a constant watch on which Rhododendrons are grown.

Finally we would point out that Chapters I and II of this treatise give some indication as to the placing of this ornamental plant in parks or gardens, where in combination with other plants, it can contribute considerably to raising the beauty of the scenery. To avoid failure, it is not only necessary to elect carefully the prospective standingplaces of these and probably most other Rhododendrons, but, moreover, to have the relative soils tested beforehand,

so that by adding the requisite materials (peat or other organic substances and sulphur) and taking all further requirements into account, they can be brought into a state which best suits the purpose.

§ 3 ZUSAMMENFASSUNG

In bestimmten Teilen des Kulturgebietes von Boskoop zeigt *Rhododendron catawbiense* „Grandiflorum", von ökonomischer baumgärtnerischer Bedeutung, ein typisches Krankheitsbild, das wir mit dem Namen „Blattrandchlorose" bezeichneten. Und zwar wegen der Tatsache, dass die Chlorose, das auffallendste oberirdische Sympton, hauptsächlich sich an den Blatträndern offenbart. Ungefähr im Juli oder etwas früher zeigt sich eine gelblich zinnobergrüne Verfärbung [1]) an den Blatträndern, welche sich zwischen den Seitennerven erster Ordnung ausstreckt, bis sie in der Mitte des Blattes den Hauptnerv erreicht. Im durchfallenden Lichte sieht man die verfärbte Zone voll kleine, helle Flecken. Die übrigen Blattteile behalten die normale, grüne Farbe eines gesunden Blattes, auch während des weiteren Verlaufes des Verfärbungsprozesses. Später im Herbst, wenn die Blätter zu vollem Wachstum gekommen sind, sind die Farbenkontraste schärfer geworden. Die gelblich zinnobergrüne Farbe ist in eine kadmiumgelbe Farbe übergegangen. Abbildung 2 gibt im zweiten und dritten Blatt links die „Blattrandchlorose" deutlich wieder. Falls die Krankheit sich schwach äussert, kommt die Erscheinung der Chlorose bei dieser *Rhododendron* als eine weniger auffallende Marmorierung vor. Die Blattmarmorierung wurde auch bei der *Azalea indica*-Gruppe beobachtet und ist von Barnette und Mowry (9) charakterisiert und beschrieben worden als eine "yellowing of the tissue of the leaves between the veins. The veins remain green". Das erste Blatt in Abbildung 2 rechts, gibt diese Erscheinung an. Beide Chlorosetypen kommen mehrmals an derselben Pflanze vor. Wir stellten fest, dass der Chlorophylgehalt chlorotischer Blätter durchschnittlich 44 % beträgt von dem der gesunden Blätter und dass dieser Gehalt der von mir beschriebenen Blätter mit Blattrandchlorose im allgemeinen höher liegt als der von marmorierten Blättern (Siehe Tabelle II,

---

[1]) Für die Bezeichnung der Farbenunterschiede wurde die Farbentafel von Talens Apeldoorn, benutzt.

Abschnitt II). Beim unterirdischen Teil der Pflanzen äussert die Krankheit sich in einer völlig unvollkommenen Haarwurzelbildung. Dadurch sind die Wurzelballen bei kranken Pflanzen durch eine lockere Struktur gekennzeichnet. Es fallen diese Ballen im Gegensatz zu dem sehr kompakten Wurzelsystem der gesunden Pflanzen leicht auseinander.

Dieses Ziergewächs wird in Boskoop auf einem eigenartigen tonigen Moorboden gezüchtet mit durchschnittlich 32 % organischem Stoffe, etwa 26 % Ton (Teilchen kleiner als 16 Mikron) und etwa 42 % Sand (Teilchen zwischen 16 und 2000 Mikron). Der Säuregrad schwankt zwischen pH 3,8 und 6,0. Weitere Angaben über diese Böden findet man in den Tabellen III und VI, Abschnitt IV.

Bei der klinischen Untersuchung der Krankheitsursachen verfügten wir über einige wichtige Beobachtungen. Es lägen Tatsachen vor, welche darauf hindeuteten, dass die Ursache in dem Boden und besonders im Ca : H-Verhältnis des Adsorptionskomplexes gesucht werden musste. Eine orientierende Bodenuntersuchung zeigte nämlich, dass der Säuregrad der Kulturböden, in denen sich Rhododendren mit Blattrandchlorose entwickeln (c H $= 0{,}54 \times 10^{-5}$) durchschnittlich 8 Mal geringer ist als der, worin sie sich normal entwickeln (c H $= 4{,}46 \times 10^{-5}$). In den Tabellen IV und V, Abschnitt IV, wird dieses näher angegeben. Es stellte sich ferner heraus, dass im Adsorptionskomplex der Böden, die Blattrandchlorose hervorbringen, der Basengehalt immer höher ist als in den Böden, welche immer gesunde Pflanzen liefern. Letztere haben dementsprechend einen niedrigeren pH-Wert. Sie enthalten also mehr adsorbierte Wasserstoffionen und weniger Kalziumionen als die erstgenannten Böden.

Die Korrelation des Ca : H-Verhältnisses im Adsorptionskomplex mit dem Auftreten der Krankheit wurde experimentell bestätigt in den Versuchen I und II, Abschnitt V, wobei pH-Stufen erzielt wurden durch Hinzufügung von steigenden Mengen Kalziumkarbonat an den sauerreagierenden Kulturboden (Siehe Abb. 7 und 8) und durch die Herstellung von künstlichen Böden aus Sand und Dusarit-Mischungen. „Dusarit" ist ein aus Kohlen hergestellter Stoff, der die Austausch-eigenschaften von Humus besitzt. Es wurden Dusarit-praeparaten hergestellt mit konstanten Mengen an Kalium, Natrium und Magnesium, jedoch mit wechselnden Mengen Ca und H. In beiden Versuchen treten bei steigenden Ca : H-

Verhältnissen (also bei steigenden pH-Werten) die typischen Wachstumshemmungen ein, welche sich in einer immer schlechter werdenden Wurzelbildung äusserten mit begleitender Zunahme der Blattmarmorierung (Abb. 6) und der Blattrandchlorose. Merkwürdigerweise stellt der pH-Wert 5,1 eine Grenze dar. Der schädliche Einfluss der Erhöhung des Ca-Spiegels auf die Bewurzlung erhellt auch aus die Abbildungen 30 (saurer Boden ohne Kalk) und 31 (mit Kalk versehenem Boden) Versuch V, Abschnitt VII.

Die konkurrierende Wirkung des Kalziumions bei der Nährstoffaufnahme erhellt aus den Aschenanalysen der Tabellen XI, Versuch I und XXI, Versuch V. Bei bedeutender Kalksättigung, also bei höherem pH-Wert, nehmen die Pflanzen verhältnismässig mehr Kalzium auf, jedoch weniger N, PO_4, K und Mg. Genau dasselbe sieht man aus der Tabelle XVII, Versuch III, Abschnitt VI. Eine gewisse Konkurrenz zwischen Kalzium- und Kaliumaufnahme ist ausserdem sichtbar an den Pflanzen, welche in dem Kontroll-Objekt des Versuches III beschrieben werden. Diese zeigen nämlich Kaliumhungererscheinungen. (Siehe die Abbildungen 22 und 26).

Weil aus den Feldbeobachtungen geschlossen wurde, dass die Krankheitsursachen irgend einem Nährstoffmangel zugeschrieben werden könnten, wurden Versuche eingeleitet in Wachstumssubstraten, an denen je eines der Nährstoff-Elemente Ca, K, Mg, PO_4 oder N enthalten wurde, damit die betreffenden Hungererscheinungen künstlich hervorträten. Als Wachstumssubstrat wählten wir Hochmoortorfstreu, die überaus nährstoffarm ist. Die zugefügten Salzmischungen sind in Abschnitt VI, Seite 79, 80 und 81 angegeben. Es stellte sich dabei heraus, dass nur gesunde Pflanzen sich entwickelten in der Kultur, welche ohne Ca-gehalten wurde. Weiter beobachteten wir, dass die Blattrandchlorose in keiner Hinsicht mit den künstlich erweckten K-, Mg- oder PO_4-Hungererscheinungen übereinstimmt, sondern dass der Stickstoffhunger genau das Bild der Blattrandchlorose verursacht. Dies wurde in Abbildung 27 dargestellt. Eine Bestätigung erfuhren wir durch die chemischen Analysen von gesundem und krankem Pflanzenmaterial, das wir aus verschiedenen Gärten, also aus der Praxis, sammelten. Siehe die Tabellen XXVII, XXVIII und XXIX, Abschnitt IX. Es bestehen sowohl zwischen dem absoluten als dem relativen N-Gehalt von gesunden und kranken Blättern wesentliche Unterschiede. Gesunde Pflanzen nehmen absolut und relativ mehr Stickstoff auf als kranke

Pflanzen. Pro 100 g trockne Substanz beträgt der N-Gehalt bei gesunden Blättern minimal 128,3 mMol und maximal 215 mMol und bei den chlorotischen, kranken Blättern minimal 79,3 mMol und maximal 126,3 mMol.

Bei der klinischen Beobachtung in der Praxis stellte sich heraus, dass die Blattrandchlorose eher in trocknen als in feuchten Böden auftritt; deshalb waren wir gezwungen das Verhalten dieser *Rhododendron*-hybride bei verschiedener Bodenfeuchtigkeit näher zu untersuchen (Versuch VII, Abschnitt VIII). Nun stellte sich heraus, dass die Blattrandchlorose nicht nur auftritt bei einem Kalksättigungsgrad, welcher durch einen pH-Wert grösser als 5,1 gekennzeichnet ist, sondern das *Rhod. catawbiense* Grdfl. auch in Böden mit niedrigerem pH bei ungenügender Feuchtigkeit (die in diesem Versuch nur um 24 % niedriger war als die des Bodens bei einer normalen regenreichen Periode) der Krankheit anheimfiel. Dies ist in Abb. 37 zum Ausdruck gebracht worden.

Wir haben in dieser Weise feststellen können, dass die optimalen Wachstumsfaktoren von *Rhod. catawbiense* Grdfl. in der Praxis durchaus denen des natürlichen Standortes von *Rhod. catawbiense* Michx. in Carolina (Siehe Abschnitt I) gleich sind. Nun wurde es deutlich, weshalb die Empirie bei der Züchtung des Rhododendrons diese eigenartigen Tonmoorböden mit saurer Natur und Nährstoffarmut auserwählt hat. Was ihren Feuchtigkeitsgehalt und ihre Porosität betrifft, entsprechen diese, etwa 60 cm über der phreatischen Oberfläche liegenden und bis auf einige Sommermonate mit trocknen Perioden sich immer in feuchtem Zustand befindenden Böden, genau den Anforderungen, welche *Rhododendron* stellt.

Durch die Anwendung der im allgemeinen für die Kultur der Rhododendren zu wenig sauer reagierenden Baggererde aus den Gräben (pH etwa 5,7), statt der für diese Pflanzenart besonders geeigneten nahrungsarmen, sauren, an organischen Stoffen reichen aber kostspieligen Moorerde, bei der notwendigen periodischen Aufschüttung der boskoopischen Kulturböden (Abschnitt II), gefährdet man unwissend die *Rhododendron*-kultur, indem man das Ca : H-Verhältnis im Adsorptionskomplex ungünstig verändert. Genau dasselbe wird durch Bekalkung verursacht, behufs der Kultur von Pflanzengattungen, wie z.B. *Chamaecyparis Lawsoniana*-Varietäten, *Viburnum Carlesii* und *Dicentra spectabilis*, welche einen höheren Kalkgehalt des Bodens beanspruchen. Dieser Gefahr kann man

vorbeugen durch Anwendung von chemisch sauren oder Säure bildenden Stoffen auf Böden, welche einen zu hohem Basengehalt verliehen würden.

Nun wurden Topf- und Freilandversuche angeordnet (Siehe Abschnitt X) um festzustellen, in wiefern die sozusagen für die *Rhod. catawbiense* Grdfl.-Kultur verdorbenen Böden wieder zu sanieren sind. Aus diesen Versuchen ging hervor, dass die Anwendung beschränkter Mengen Schwefel imstande ist, durch biochemische Schwefelsäure-Produktion, das Ca : H-Verhältnis im Adsorptionskomplex zu erniedrigen. Auf diese Weise kann ein sehr günstiger Einfluss auf die Entwicklung des Rhododendrons ausgeübt werden (Siehe Abb. 39, 40 und 41). Die kwantitativen Grundlagen der Schwefelbehandlung eines Bodens beruhen auf einer rechnerischen Massnahme, wodurch der pH-Wert der Krumme von 20 cm Tiefe auf 4,9 gebracht wird. Mittels verschiedener Versuche wurde festgestellt, dass pro kg organischen Stoffes (Glühverlust) 1,75 g Schwefel dazu benötigt war (Siehe Grafik III). Es soll unbedingt nicht über eine bestimmte Grenze (6 kg pro 14 m²) aus geschwefelt werden, weil sonst Schäden auftreten bei der Blatt- und Wurzelentwicklung. Diese Beschädigung wird einer zu hohen Sulfatkonzentration zugeschrieben. Bei den Versuchen wurden auch saure Salze, wie Al- und Fe-Sulfat, geprüft, weil auch diese den Spiegel der H-ionen Konzentration erhöhen. Jedoch, die Ergebnisse fielen durchaus negativ aus. Die Vermutung wurde damals ausgesprochen, dass Erhöhung des Mn-Gehaltes des Bodens gleichfalls günstig wirken sollte. Diese Vermutung hat sich als falsch erwiesen. Abb. 33 und 34 zeigen Wurzelschäden durch Eisen bei dem übrigens so günstigen pH 4,7; Abb. 39 zeigt sogar Schäden durch Fe-Sulfat und Mangan-Sulfat bei der Bewurzelung und zwar in dem Grenzgebiete von pH 5,15.

Also wurde als durchaus notwendig festgestellt, dass man der Schwefeltherapie eine Bodenuntersuchung vorangehen lassen soll. Dies gilt nicht nur für die Kulturen der Züchter, sondern auch für die zweckmässige Pflanzung dieses monumentalen Ziergewächses in Parken und Gärten, wo es, in Kombination mit anderen Pflanzen, welche auch wieder andere bodenkündliche Bedingungen voraussetzen, den Reiz der Landschaft wesentlich erhöhen kann.

§ 4 RÉSUMÉ

Dans certaines parties des terrains de culture de Boskoop le *Rhododendron catawbiense* „Grandiflorum", d'un grand intérêt économique pour l'arboriculture, est atteint d'une maladie caractéristique. Comme les symptômes les plus frappants de cette maladie du *Rhododendron* se manifestent principalement aux parties aériennes de la plante par une chlorose à proximité du contour du limbe, nous lui avons donné le nom de „chlorose du contour du limbe". Le long du contour du limbe et entre les nervures latérales primordiales jusqu'à moitié environ de la nervure principale, la feuille, vers juillet, commence à présenter une décoloration [1]) vert-vermillon-jaunâtre. Examinée par transparence, on constate que cette zône décolorée est parsemée de petites taches claires. Le reste du mésophylle conserve la couleur verte normale d'une feuille saine aussi pendant la suite du processus de décoloration. En automne, lorsque les feuilles sont adultes, les contrastes de couleurs sont devenus plus nets. C'est que la couleur vert-vermillon-jaunâtre s'est changée en une couleur jaune cadmium. Les figures 2*b* et 2*c* donnent une image de cette „chlorose du contour du limbe". Chez ce *Rhododendron* la chlorose se manifeste dans une moindre mesure comme une marbrure des feuilles moins frappante. La marbrure des feuilles qui se rencontre e.a. dans le groupe Azalée des Indes a été caractérisée exactement et définie par Barnette et Mowry (9) comme „a yellowing of the tissue of the leaves between the veins. The veins remain green". Voir la figure 2*d*. Les deux types de chlorose se rencontrent souvent sur la même plante. Nous avons constaté que la teneur moyenne en chlorophylle des feuilles chlorotiques n'est que de 44 % de celle des feuilles saines et que la teneur en chlorophylle des feuilles atteintes de la chlorose du contour du limbe dépasse en général celle des feuilles marbrées (tableau II, chap. II). Dans le sol, cette maladie se manifeste par un développement imparfait des racines capillaires, par suite de quoi, en culture, les mottes des plantes malades sont caractérisées par une structure peu serrée. Elles se désagrègent facilement, par opposition aux masses compactes des racines des plantes saines.

Cette plante d'ornement se cultive à Boskoop sur des sols argilo

---

[1]) Pour la désignation des différences de couleurs nous nous sommes servis de la table de couleurs de Talens, Apeldoorn.

tourbeux contenant, en moyenne, 32 % de matière organique, 26 % d'argile et 42 % de sable; le pH varie de 3,8 à 6,0 environ. De plus amples données sur ces sols sont présentées aux tableaux III et VI du chap. IV.

Comme il en est de tout examen clinique d'une maladie dont l'agent n'est pas connu, il est difficile de procéder systématiquement. Dans notre cas, cependant, il y avait des indications faisant présumer que l'agent devait être cherché dans le sol, plus particulièrement dans le rapport Ca : H du complexe d'adsorption. C'est qu'un examen informateur du sol établit que le pH des terrains de culture où se développent les Rhododendrons atteints de la chlorose du contour du limbe (c H $= 0{,}54 \times 10^{-5}$) est, en moyenne, plus de 8 fois moins élevé que celui des terres où ils se développent normalement (c H $= 4{,}46 \times 10^{-5}$). Nous avons démontré, ensuite, que le complexe d'adsorption des sols impropres à la culture du *Rhododendron* est plus riche en bases que les sols bien appropriés pour cette culture et que le pH plus élevé des mauvais terrains de culture résulte d'une saturation en chaux plus grande du complexe d'adsorption.

Cette influence remarquable du rapport Ca : H dans le complexe d'adsorption sur la croissance de cette plante a été confirmée expérimentalement par les expériences I et II (chap. V), où les différents pH's ont été obtenus par l'apport de doses croissantes de $CaCO_3$ au sol de culture d'une réaction acide (fig. 7 et 8) et par la composition de terres artificielles, mélanges de sable et de dusarite, avec des rapports Ca : H différents dans le complexe d'adsorption. Le „dusarite" est une matière préparée de carbone possédant les qualités d'échange des corps d'humus. Dans les deux expériences se montrèrent, dans le cas de valeurs de pH croissantes des rhizosphères, des perturbations de la croissance, se manifestant par un développement toujours empirant des racines et avec pH $= 5{,}1$ et plus élevé par la chlorose du contour du limbe et la marbrure des feuilles (fig. 6). L'influence nuisible de l'addition de chaux à la terre de culture sur la formation des racines du *Rhod. catawbiense* Grdfl. ressort ensuite des différences de la formation des racines existant entre les plantes des objets non traités par la chaux (fig. 30) et ceux traités par la chaux (fig. 31) de l'expérience V, chap. VII.

L'action concurrente de la chaux chez l'absorption du sel ressort des analyses des cendres consignées aux tableaux XI (exp. I) et XXI

(exp. V). Dans le cas d'une richesse en chaux plus grande (pH plus élevé) du sol, les Rhododendrons absorbent relativement plus de chaux, mais moins de N, PO_4, K et Mg. Cela ressort, en outre, des analyses des cendres consignées au tableau XVII (exp. III, chap. VI). La concurrence entre la chaux et la potasse chez l'absorption du sel était en outre visible à l'aspect des plantes témoins de l'essai III. Celles-ci présentaient toutes les symptômes de carence en potasse (fig. 22 et 26).

Comme la chlorose du contour du limbe pourrait être un symptôme de carence, nous avons examiné dans les expériences III et IV (chap. VI), comment cette plante réagit sur la privation du substratum des éléments Ca, K, Mg, PO_4 et N, dans le but de produire artificiellement le symptôme susmentionné. Pour ces expériences nous avons choisi comme milieu la litière de tourbe. Outre le mélange de sel témoin, ce milieu fut additionné de mélanges de sel dépourvus des éléments respectifs susmentionnés. Ces expériences nous ont permis de constater que les meilleures plantes se développèrent dans l'objet 0 Ca, que la chlorose du contour du limbe ne correspond nullement aux symptômes artificiellement produits de la carence en potasse, en magnesium et en phosphate, mais qu'elle est causée par la faim d'azote (fig. 27). Ce dernier fait a été confirmé par un examen chimique analytique de plantes saines et de plantes malades de la culture (tableaux XXVII, XXVIII et XIX, chap. IX). Il résulte de cet examen qu'il existe des différences essentielles entre les teneurs en N absolues et relatives des feuilles saines et des feuilles malades. Les plantes saines absorbent, absolument et relativement, plus d'azote du substratum. La teneur en N des feuilles saines par 100 grammes de matière sèche s'élève à 128,3 mMol au minimum et à 215 mMol au maximum, celle des feuilles chlorotiques est de 79,3 mMol au minimum et de 126,3 mMol au maximum.

Afin de vérifier une expérience pratique, à savoir que la chlorose du contour du limbe se manifeste plus rapidement dans les sols secs que dans les sols humides, nous avons examiné la conduite de ce *Rhododendron* dans des sols d'humidités différentes (exp. VII, chap. VIII). Cette expérience montre que la chlorose du contour du limbe ne se développe non seulement dans des terres humides avec un pH $>$ 5,1, mais, en outre, dans des terres ayant une réaction acide suffisante pour *Rhod. catawbiense* Grdfl. mais d'une humidité trop

restreinte laquelle, dans cette expérience, n'était que de 24 % moins élevée que celle à la suite d'une période pluvieuse. La fig. 37 dépeint la chlorose du contour du limbe du *Rhododendron* qui s'est développé dans une terre suffisamment acide mais trop sèche.

Nous avons pu constater, ensuite, que les facteurs de croissance maxima de *Rhod. catawbiense* Grdfl. en culture correspondent à ceux du lieu d'origine du *Rhod. catawbiense* Michx. en Caroline (chap. I) ou, en d'autres termes, que l'on peut attendre le meilleur développement de cette plante dans des terres humides, bien perméables, acides et pauvres en aliments. Pour ce qui concerne leur humidité et leur perméabilité, les terres de Boskoop qui se trouvent 60 cm environ au-dessus de la surface phréatique et qui, à l'exception de quelques mois d'été, sont toujours très humides, satisfont aux exigences de cette plante, contrairement aux terres sablonneuses, hautes et sèches, ailleurs en Hollande.

Pour le rehaussement périodique et nécessaire des terrains de culture de Boskoop (chap. II) on utilise souvent la boue des fossés, qui, en général, est d'une réaction acide trop faible (pH = ± 5,7) pour la culture du *Rhododendron*, au lieu de la terre tourbeuse, extrêmement propice, pauvre en éléments nutritifs, acide, riche en matière organique, mais d'un prix plus élevé, ou au lieu de chaux pour les plantes demandant une plus grande richesse en chaux du sol (e.a. des espèces de *Chamaecyparis Lawsoniana*, *Viburnum Carlesii* et *Dicentra spectabilis*). En procédant ainsi on change le rapport Ca : H du complexe d'adsorption et sans en avoir conscience on met en danger la culture du *Rhododendron* dans ce centre de culture, ce qui pourrait être prévenu en additionnant des matières acides ou acidifiantes aux sols d'une acidité trop faible.

Les expériences en pots (VIII et IX) et en pleine terre (X et XI) décrites au chap. X visaient à vérifier la réaction du *Rhod. catawbiense* Grdfl. sur un traitement de ce sol par ces différentes matières et à examiner à quelle mesure l'acidité et d'autres qualités du sol tourbeux de Boskoop changent; en d'autres termes, d'examiner quelle matière pourrait entrer en considération pour l'assainissement de la culture du *Rhododendron* et dans quelles quantités cette matière devrait être appliquée. Il résulte de ces expériences que l'emploi de quantités restreintes de soufre sur des sols d'une acidité trop faible pour la culture du *Rhododendron* (pH = 5,1 et plus élevé) influence favorablement le développement de ces plan-

tes (fig. 39, 40 et 41). Pour le traitement du sol de la pratique nous nous sommes basés sur la quantité de soufre qui est nécessaire pour faire baisser à 4,9 le pH de la couche arable ayant une profondeur de 20 cm. Pour faire baisser de 0,1 un certain pH de ces terres tourbeuses il faut ajouter par kg de matière organique environ 1,75 g de soufre. Une dose excessive de soufre — pour ces sols une quantité dépassant les 6 kg par 14 mètres carrés — cause des dégâts aux feuilles et aux racines, probablement par suite d'une concentration trop grande de sulfate. L'emploi de sulfates d'aluminium, de fer et de manganèse doit être déconseillé vu que les cations ont une influence nuisible sur la radification et la croissance du *Rhod. catawbiense* Grdfl.. L'influence nuisible du manganèse et du fer sur la radification chez un pH = 5,15 apparaît de la figure 39, celle du fer sur la radification chez un pH = 4,7 des figures 33 et 34.

Comme suite aux observations sur la systématique et la géographie du genre *Rhododendron* L. nous avons donné aux chapitres I et II quelques indications sur le placement de cette plante dans les parcs et les jardins. En outre, nous avons appelé l'attention sur le fait, que sans l'analyse du sol une application efficace de la thérapie du soufre est impossible et que le contrôle des sols qui entrent en considération pour la plantation ou la culture de cette plante est désirable.

Ce traité n'a d'autre prétention que d'introduire cette recherche. Puisse-t-il contribuer à l'amélioration de la culture du *Rhododendron*.

LITERATUUR

1 ALTEN, F. u. GOEZE, G.: Versuche über die Wirkung des Kaliums auf die Kohlensäureaufnahme von Weizenblättern. Ernähr. der Pflanze, 33, 21 (1937).
2 ARISZ, W. H.: De absorptie van water en zouten door de plant. Leerboek algem. plantk. onder red. Prof. Dr. V. J. Koningsberger, II. Amsterdam (1942).
3 ÅSLANDER, A.: Die Abhängigkeit unserer Kulturpflanzen von der Reaktion und dem Nährstoffgehalt des Bodens. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., A 23, 362 (1932).
4 BAAS BECKING, L. G. M.: Geobiologie. Den Haag (1934).
5 BAAS BECKING, L. G. M.: Milieu. Leerb. algem. plantk. onder red. Prof. Dr. V. J. Koningsberger, II. Amsterdam (1942).
6 BAILEY, L. H.: The standard Cyclopedia of Horticulture. London (1922).
7 BALKS, R. u. WEHRMANN, O.: Magnesiamangelerscheinungen bei Feldversuchen zu Winterroggen auf leichtem Sandboden in Braunschweig. Ernähr. der Pflanze, 34, 145 (1938).
8 BALKS, R.: Über einen Fall von Magnesiamangel auf schwerem Lehmboden. Ernähr. der Pflanze, 37, 52 (1941).
9 BARNETTE, R. M. & MOWRY, H.: Soil Reaction and Azalea Growth. Soil Sci., 41, 71 (1936).
10 BARTMANN-LUEDICKE: Zur Frage des Rostbefalls bei Getreide. Phosphors., 1, 226 (1931).
11 BEAN, W. J.: Soils and positions for Rhododendrons. Yearb. Rhod. Ass., 124 (1930).
12 BEAUMONT, A. B. & SNELL, M. E.: The effect of magnesium deficiency on crop plants. Ernähr. der Pflanze, 33, 153 (1937).
13 BECKER DILLINGEN, J.: Die Gelbspitzigkeit der Kiefer, eine Magnesiummangelerscheinung. Ernähr. der Pflanze, 33, 1 (1937).
14 BENECKE, W. u. JOST, L.: Pflanzenphysiologie. Jena (1924).
15 BENTHAM, F. & HOOKER, J. D.: Genera Plantarum, vol. II, pars. II. London (1876).
16 BERG, J.: Pflanzung und Pflege der Rhodos. Deuts. Rhod. Ges., Jb. 1938.
17 BERTRAND, G. & SILBERSTEIN, L.: Teneurs comparatives en soufre et en azote de plantes cultivées sur le même sol. C. R. Acad. Sci., 202, 261. Paris (1936).
18 BLANCK, E.: Handbuch der Bodenlehre IV. Berlin (1930).
19 BOAS, F. u. MERKENSCHLAGER, F.: Die Lupine als Objekt der Pflanzenforschung. Berlin (1923).
20 BOLHUIS, G. G.: Kalibemesting en nachtvorstgevaar. Landbouwk. T., 40, 172 (1928).
21 BOSMA, B.: De betekenis van kalium voor de fruitgewassen, in het bijzonder voor de rode bessen. Meded. Tuinb.voorlichtingsd., 8 (1938).
22 BOWERS, C. G.: Rhododendren in Nord-Amerika. Deuts. Rhod. Ges., Jb. 1938.
23 BRAUN-BLANQUET, J.: Ericaceae. G. HEGI, Flora von Mittel-Europa, V, 3, 1609. München (1927).
24 BREMER, H.: Über Zwiebelbildung und -abreifung bei der Küchenzwiebel. Ernähr. der Pflanzen, 32, 327 (1936).

25 BRENCHLY, W. E.: Inorganic plant poisons and stimulants. Cambridge (1927).
26 BROWN, P. E. & KELLOGG, E. H.: Sulfofication in soils. Agric. Exp. Stat. Iowa Coll. Agric. & Mechan. Arts, Res. Bull. 18 (1924).
27 BRYAN, O. C.: Deficiencysymptom patterns in Citrus. Ernähr. der Pflanze, 37, 34 (1941).
28 BUNGENBERG DE JONG, H. G.: Kolloidsystemen als variabele systemen II: Complexe systemen en hun regulatie door pH en electrolyten. Leerb. algem. plantk. onder red. Prof. Dr. V. J. Koningsberger. Amsterdam (1942).
29 BURGEFF, H.: Samenkeimung der Orchideen. Jena (1936).
30 BURGER, H.: Holzarten auf verschiedenen Bodenarten. Eigenschaften einiger Bodenarten, chemische Zusammensetzung, Phänologie und Wachstum der darauf erzogenen Holzarten. Mitt. Schweiz. Centralanst. forstl. Versuchsw., 16, 49 (1931).
31 BURSTRÖM, H.: Über antagonistische Erscheinungen bei der Kationenaufnahme des Hafers. Diss. Stockholm (1934).
32 CAMP, A. F. & FUDGE, B. R.: Some symptoms of Citrus malnutrition in Florida. Ernähr. der Pflanzen, 37, 40 (1941).
33 CAROLUS, R. L. & BROWN, B. E.: Magnesium deficiency. The value of magnesium compounds in vegetable production in Virginia. Ernähr. der Pflanze, 37, 2 (1941).
34 COVILLE, F. V.: The effect of aluminum sulphate on Rhododendrons and other acid soil plants. Ann. Rep. Board Reg. Smiths. Inst., Publ. 2879, 369 (1926).
35 DHEIN, A.: Untersuchungen über Art und Wesen einiger Kalisalzwirkungen. Landw. Jahrb., 70, 255 (1929).
36 DRUDE, O.: Ericaceae. A. ENGLER & K. PRANTL: Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil IV, Abt. I u. II, 31–32, Leipzig (1897).
37 DUGGAR B. M. & DAVIS, A. R.: Studies in the physiologie of the fungi, I Nitrogen fixation. Ann. Miss. Botan. Garden, 3, 413 (1916).
38 DIJK, J. W. VAN: Aluminiumverbindingen in irrigatiewater. Landb., 8, 324 (1932/1933).
39 ECKSTEIN, O., BRUNO, A. u. TURRENTINE, J. W.: Kennzeichen des Kalimangels. Berlin (1937).
40 EHRENBERG, P.: Das Kalk-Kali Gesetz. Sonderabdr. Landw. Jahrb., 54 (1919).
41 ELSNER TRIERENBERG, H.: Die Verteilung des Kalis im normalen und kranken Blatt. Ernähr. der Pflanze, 35, 22 (1939).
42 FABER, F. C. VON: Die Kraterpflanzen Javas in physiologisch ökologischer Beziehung. Weltevreden (1927).
43 FICKENDEY, E.: Kali- und Magnesiamangel in gewissen Böden von Sumatra. Ernähr. der Pflanzen, 37, 88 (1941).
44 FIFE, J. M.: The effect of sulfur on the microflora of the soil. Soil Sci., 21, 245 (1926).
45 FLEISCHMANN, F.: Veränderungen, welche bei der Dürrheubereitung im Grase vor sich gehen. Landw. Vers. Stat., 76, 248 en 291 (1912).
46 FREISLEBEN, R.: Zur Frage der Mykotrophie in der Gattung Vaccinium L.. Jahrb. Wiss. Bot., 80, 421 (1934).
47 FREISLEBEN, R.: Weitere Untersuchungen über die Mykotrophie der Ericaceen. Jahrb. Wiss. Bot., 82, 413 (1936).
48 FREY-WYSSLING, A.: Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen. Berlin (1935).
49 FUNKE, G. L.: Experimenteele plantensociologie. Noorduyn's Wetensch. reeks, 10 (1943).
50 GANDRUP, J.: Eenige beschouwingen over de behandeling van schaduw in koffieaanplantingen. Bergcult., 9, 179 (1935).

51 GASSNER, G. u. GOEZE, G.: Die Bedeutung des Kalium-Stickstoffverhältnisses im Boden für Assimilation, Chlorophyllgehalt und Transpiration junger Getreidepflanzen. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., A 36, 61 (1934).
52 GEDROIZ, K. K.: Chemische Bodenanalyse. Berlin (1926)
53 GEERTS, J. M.: Die Brauchbarkeit der Zitronensäure methode. Phosphors., 2, 641 (1932).
54 GEHRING, A.: Über die Wirkung der Phosphorsäure bei den verschiedenen Kulturpflanzen, II. Phosphors., 2, 644 (1932).
55 GEHRING, A.: Über die Wirkung der Phosphorsäure bei den verschiedenen Kulturpflanzen, I. Phosphors., 2, 581 (1932).
56 GEIER, M.: Zur Winterhärte der Rhododendron und anderen immergrünen Moorbeet-Pflanzen. Deuts. Gärtn. Zeit., 45, 169 (1930).
57 GERRETSEN, F. C.: Bodembacteriologie in dienst van land- en tuinbouw. 's-Gravenhage (1939).
58 GESZNER, F.: Die Nährstoffaufnahme der Submersen. Ber. Deuts. Bot. Ges., 51, 216 (1933).
59 GIROUX, J.: Erica multiflora L.. St. Int. Geobot. Mediterr. et Alpine, Montpellier, commun. 27 (1934).
60 GLEISBERG, W.: Bodensäure und Erikenkultur. Blum. u. Pflanzenb., 44, 143 (1929).
61 GLEISBERG, W.: Die Heideerdgewinnung für Topfpflanzenkultur unter dem Gesichtspunkt der Bodensäure. Blum. u. Pflanzenb., 44, 99 (1929).
62 GLEISBERG, W.: Die Bodensäure als Vegetationsfaktor in der Erikenkultur. Blum. u. Pflanzenb., 45, 146 (1930).
63 GÖRBING, J. u. FORTMANN, G.: Einige Beobachtungen über die Standortsansprüche der Azaleen. Blum. u. Pflanzenb., 47, 90 (1932).
64 GREGORY, F. G. & RICHARDS, F. J.: Physiological studies in plant nutrition. Ann. Bot., 43, 119 (1929).
65 GROVE, A.: Rhododendrons and lime. Gard. Chron., 82, 426 (1927).
66 GUSTAFSON, F. B.: Diurnal changes in the acidity of Bryophyllum calycinum. J. Gen. Physiol., 7, 719 (1925).
67 HANSTEEN-CRANNER, B.: Beiträge zur Biochemie und Physiologie der Zellwand und der plasmatischen Grenzschichten. Ber. Deuts. Bot. Ges., 37, 380 (1919).
68 HELLRIEGEL, H., Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus mit besonderer Berücksichtigung der agrikultur-chemischen Methode der Sandkultur. Braunschweig (1883).
69 HELLRIEGEL, H.: Die Methode der Sandkultur. Arb. D.L.G., Heft 34–40,1 (1898).
70 HENDRICKSON, A. H. & VEIHMEYER, F. J.: Influence of dry soil on root extension. Plant Physiol., 6, 567, (1931).
71 HERSCHLER, A.: Ernährungsstörungen an Reben durch Bodenverhältnisse mit besonderer Berücksichtigung von Kalimangelschäden. Ernähr. der Pflanzen, 32, 197 (1936).
72 HEYDENREICH, K.: Standorts- und Bodenansprüche der immergrünen Gehölze, ihre Verwendung in mittel- und norddeutschen Gartenanlagen. Deuts. Rhod. Ges., Jb. 1939.
73 HISSINK, D. J.: De zuurgrond van bosgronden. Landb. T., 36, 110 (1924).
74 HISSINK, D. J.: Het verband tussen de pH, kalkfactor, verzadigingsgraad (V) en S (humus) van enige humusgronden enz. Versl. Landbouwk. Onderz., 31 (1926).
75 HISSINK, D. J.: Twintig jaar bodemkundig onderzoek. Groningen (1936).
76 HOAGLAND, D. R.: The absorption of ions by plants. Soil Sci., 16, 225 (1923).
77 HOAGLAND, D. R., Absorption of mineral elements by plants in relation to soil problems. Plant Physiol., 6, 373 (1931).

78 HOAGLAND, D. R. & STEWARD, F. C.: Metabolism and salt absorption. Nature, 143, 1031 (1939) en Nature, 145, 116 (1940).
79 HOAGLAND, D. R. & BROYER, T. C.: Hydrogen-ion effects and the accumulation of salt by barley roots as influenced by metabolism. Am. J. Bot., 27, 173 (1940).
80 HOFFMANN, I. C.: Tomatoes and cucumbers reveal diet needs. Ernähr. der Pflanzen, 35, 218 (1939).
81 HUDIG, J.: Der Hunger des Ackerbodens. Verh. Ges. Verdauungs u. Stoffwechselkrankh.. Leipzig (1929).
82 HUDIG, J.: Klinisch grondonderzoek in de tropen. Landbouwk. T., 51, 625 (1939).
83 HUDIG, J.: Rendabiliteit van de bemesting. Overdr. Jb. 1940 Alg. Bond oud leerl. middelb. landb. onderw.
84 HUTCHINSON, J.: The families of flowering plants, I, Dicotyledons. London (1926).
85 INGALLS, R. A. & SHIVE, J. W.: Relation of H-ion concentration of tissue fluids to the distribution of iron in plants. Plant Physiol., 6, 103 (1931).
86 ITALLIE, TH, B. VAN: Over de chemische samenstelling van aardappelen in verband met de kalibemesting. Landbouwk. T., 45, 241/421 (1933) en 46, 272 (1934).
87 JACOBI, E. F.: Onderzoek naar de samenstelling van bagger en veenaarde. Versl. Ver. „de Proeftuin". Boskoop (1941).
88 JACOBI, E. F.: De verandering van de zuurgraad van kleihoudende veengrond in de loop van 2 jaar na toevoeging van kalk en zwavel. Versl. Ver. „de Proeftuin". Boskoop (1942).
89 JACOBI, E. F.: Grondonderzoek XVI, het onderzoek in de praktijk (3). Bosk. Nieuws en Adv. Bl., 53, 4700 (1942).
90 JACOB, J. C. S': Voedingsphysiologische onderzoekingen bij Coffea arabica. Arch. Koffiecult. Ned. Ind., 12, 1 (1938).
91 JANSSEN, J. J.: De invloed van kalibemesting op het voorkomen van bladluizen bij aardappels. Landbouwk. T., 40, 659 (1928).
92 JAVILLIER, M. & GOUDCHAUX, S.: Sur le magnesium chlorophyllien. Ann. Agron., 10, 1 (1940).
93 JENNY, H. & OVERSTREET, R.: Cation interchange between plant roots and soil colloids. Soil Sci., 47, 257 (1939).
94 JOHNSON, A. T.: Some alpine Rhododendrons. Gard. Chron. 95, 126 (1934).
95 KAMPEN, G. B. VAN & WESTENBERG, L.: Natriumbepaling. Versl. Landbouwk. Onderz., 38 E (1932).
96 KAPPEN, H. u. ZAPFE, M.: Die Azidität der Pflanzensäfte unter dem Einfluss einer Kalkdüngung. Landw. Vers. Stat., 93, 135 (1919).
97 KARSTEN, P.: Bijdrage tot de colorimetrie in het algemeen en de titrimetrische colorimetrie in het bijzonder. Diss. Groningen (1934).
98 KINGDON WARD, F.: Rhododendrons for everyone. Gard. Chron. Handb. (1926).
99 KLINKOWSKI, M.: Beiträge zur Kenntnis und Diagnostik nichtparasitärer Krankheitsformen der Kulturpflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Kalimangelschäden. Ernähr. der Pflanze, 31, 21 (1935).
100 KLINKOWSKI, M. u. RICHTER, H.: Ein Beitrag zur Ernährungsphysiologie der gelben und blauen Lupine. Ernähr. der Pflanzen, 33, 81 (1937).
101 KNAPP, W. H. C.: A.S.F.-korrels der A.S.F.-V.C.F., N.V. Amsterd. Superfosf. Fabr.. Utrecht (1937).
102 KNUDSON, L.: Nonsymbiotic germination of orchid seeds. Bot. Gaz., 73, 1 (1922).
103 KNUDSON, L.: Physiological study of the symbiotic germination of orchid seeds. Bot. Gaz., 79, 345 (1925).
104 KOLTHOFF, I. M. & SANDELL, E. B.: Textbook of quantitative inorganic analysis. New York (1936).

105 KONINGSBERGER, V. J. & HONERT, T. H. VAN DEN: Over de oorzaak der z.g. „Kalimati-ziekte". Arch. Suikerind. Ned. Ind., 39, 1, 28 (1931).
106 KOSTYTSCHEW, S.: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, I. Berlin (1926).
107 KOSTYTSCHEW, S. u. WENT, F. A. F. C.: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, II. Berlin (1931).
108 KRAUS, G.: Boden und Klima auf kleinstem Raum. Jena (1911).
109 LAURO, M. F.: Use of selenium as catalyst in determination of nitrogen by Kjeldahl method. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 3, 401 (1931).
110 LIPMAN, J. G. & co workers: The oxidation of sulfur by soil microorganisms. Soil Sci., 12, 475 (1921).
111 LOEHWING, W. F.: Effects of lime and potash fertilizers on certain muck soils. Bot. Gaz., 80, 380 (1925).
112 LOEHWING, W. F.: Calcium, potassium and iron balance in certain crop plants in relation to their metabolism. Plant Physiol., 3, 261 (1928).
113 LOEW, O.: Die Lehre vom Kalkfaktor. Berlin (1914).
114 LUNDEGÅRDH, H.: Die Nährstoffaufnahme der Pflanze. Jena (1932).
115 LUNDEGÅRDH, H.: Investigations as to the absorption of ions by plants. Ann. Agric. College Sweden, 8, 233 (1940).
116 LUTMAN, B. F. & WALBRIDGE, N. L.: Die Rolle des Magnesiums beim Altern von Pflanzen. Ernähr. der Pflanze, 31, 387 (1935).
117 LUIJTEN, I. & VERSLUYS, C.: De periodiciteit van de knopontwikkeling bij Rhododendron, Azalea en Syringa. Meded. Landb. Hoogesch., 22 (1922).
118 MAC COOL, M. M.: The use of sulphur on soils. Quart. Bull. Mich. Agric. Coll. Exp. Stat., 3, 26 (1920).
119 MAC GEORGE, W. T.: The chlorosis of pineapple plants grown on manganiferous soils. Soil Sci., 16, 269 (1923).
120 MAC HARGUE, J. S.: Effect of different concentrations of manganese sulphate on the growth of plants in acid and neutral soils and the necessity of manganese as a plant nutrient. J. Agric. Res., 24, 781 (1923).
121 MAC MURTREY, J. E.: Relation of calcium and magnesium to the growth and quality of tobacco. Ernähr. der Pflanze, 34, 85 (1938).
122 MAC MURTREY, J. E.: Symptoms on field grown tobacco characteristic of the deficient supply of each of several essential chemical elements. Ernähr. der Pflanze, 35, 297 (1939).
123 MAIER, G.: Gelbsucht an Rhododendron und Azaleen. Deuts. Gärtn. Zeit., 52, 387 (1937).
124 MANN, H. B.: Availability of manganese and of iron as affected by applications of calcium and magnesium carbonates to the soil. Soil Sci., 30, 117 (1930).
125 MAREL, H. W. VAN DER: Bijdrage tot de kennis van de kationen- en anionenadsorptie van tropische en Nederlandsche gronden. Diss. Wageningen (1935).
126 MARTIN, A. L.: The effects of magnesium and calcium on „White tip" of rice. Ernähr. der Pflanze, 37, 42 (1941).
127 MATTFELD, H.: Die Rhododendron in ihrer Heimat. Gartenflora, 86, 105 (1937).
128 MELIN, E.: Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Jena (1925).
129 MELTZER, J. & WESTHOFF V.: Inleiding tot de plantensociologie. 's-Graveland (1942).
130 MERKENSCHLAGER, F.: Tafeln zur vergleichenden Physiologie und Pathologie der Kulturpflanzen. Berlin (1927).
131 MERKENSCHLAGER, F.: Phosphorsäurefragen in der Pflanzenpathologie. Phosphors., 2, 1 (1932).
132 MES, M. G.: Fisiologiese siektesimptome van tabak. Diss. Utrecht (1930).

133 Methoden van onderzoek aan het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht (1932).
134 MEVIUS, W.: Beiträge zur Physiologie „Kalkfeindlicher Gewächse". Jahrb. Wiss. Bot., 60, 147 (1921).
135 MEVIUS, W.: Kalzium Ion und Wurzelwachstum. Jahrb. Wiss. Bot., 66, 183 (1927).
136 MEYER, F.: Ueber die heutige geographische Verbreitung der Rhododendren. Deuts. Rhod. Ges., Jb. 1938.
137 MEYER, F.: Rationelle Ernährung unserer Rhododendren. Deuts. Rhod. Ges., Jb. 1940.
138 MICHAUX, A.: Flora boreali-americana. Paris (1803).
139 MILLAIS, J. G.: Rhododendrons in which is set forth an account of the genus Rhododendron (including Azaleas) and the various hybrids. London (1917) (1924).
140 MOLZ, E.: Untersuchungen über die Chlorose der Reben. Centralbl. Bakt. Parasitenk. Infektions Krankh., 2e Abt., 19, 461, 563, 715, 788 (1907).
141 MÜNTER, F.: Pflanzenanalyse und Düngerbedürfnis des Bodens. J. Landw., 67, 230 (1919).
142 NELLER, J. R.: The influence of sulfur and gypsum upon the composition and yield of legumes. Wash. Agric. Exp. Stat.. Bull. 190 (1925).
143 NEUBAUER, H.: Die Keimpflanzenmethode. Berlin (1939).
144 NIEUWDORP, W. A.: Afsterven van Dicentra (Diclytra) spectabilis en van Viburnum Carlesii op Viburnum Lantana door kalkgebrek. Versl. Ver. „de Proeftuin". Boskoop (1937).
145 NIEUWDORP, W. A.: Onderzoek naar de oorzaak van het afsterven van Coniferen, I. Versl. Ver. „de Proeftuin". Boskoop (1938).
146 NIEUWDORP, W. A.: Onderzoek naar de oorzaak van het afsterven van Coniferen, II. Versl. Ver. „de Proeftuin". Boskoop (1939).
147 NIEUWDORP, W. A.: Dicentra spectabilis sterfte. Versl. Ver. „de Proeftuin". Boskoop (1941).
148 NIEUWDORP, W. A.: Bemestingsproeven met enkele Boskoopse gewassen. Versl. Ver. „de Proeftuin". Boskoop (1941).
149 NIGHTINGALE, G. F. & co workers: Effects of calcium deficiency on nitrate absorption and on metabolism in tomato. Plant Physiol., 6, 605 (1931).
150 NOACK, K.: Chemie und Physiologie in ihrer Auswirkung auf den Pflanzenbau. Ernähr. der Pflanze, 32, 353 (1936).
151 OTTEN, J. M. L. & VEENSTRA, G.: Bemestingsleer. Groningen (1943).
152 PALLMANN, H. u. HAFFTER, P.: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 42, 357 (1933).
153 PARKER, F. W. & TRUOG, E.: The relation between the calcium and the nitrogen content of plants and the function of calcium. Soil Sci., 10, 49 (1920).
154 PARSCHE, F.: Über die Kalkchlorose der Lupinen. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., 41, 282 (1936).
155 PAUL, H.: Zur Kalkfeindlichkeitsfrage der Torfmoose. Ber. Deuts. Bot. Ges., 24, 148 (1906).
156 PFEIFFER, T. u. BLANCK, E.: Die Kalkfeindlichkeit der Lupine. Mitt. Landw. Inst. Kgl. Univ. Breslau 7, 201 (1914).
157 PHILIPSON, C.: Growth and absorption by oats in relation to varying concentrations of calcium and sodium in the nutrient solution. Svensk. Bot. Tidskr., 24, 155 (1930).
158 PITZ, W.: Effect of elemental sulphur and of calciumsulphate on certain of the higher and lower forms of plant life. J. Agric. Res., 5, 771 (1915).
159 POLLANETZ, E.: Winterharte Rhododendron und Azaleen. Deuts. Gärtn. Zeit., 45, 269 (1930).

160 POLLANETZ, E.: Rhododendron unter ungünstigen Verhältnissen. Deuts. Gärtn. Zeit., 52, 303 (1937).
161 Practische naamlijst van Rhododendrons en Azalea's. Uitg. Ver. Bosk. Cult.. Boskoop (1938).
162 PRILLWITZ, P. M. H. H.: De invloed van den basentoestand van den grond op de ontwikkeling van de theeplant. Diss. Wageningen (1932).
163 RAYNER, M. C.: The ecology of Calluna vulgaris, II. The calcifuge habit. J. Ecol., 9, 60 (1922).
164 RAYNER, M. C.: Nitrogen fixation in Ericaceae. Bot. Gaz., 73, 226 (1922).
165 RAYNER, M. C.: The biology of fungus infection in the genus Vaccinium. Ann. Bot., 43, 55 (1929).
166 REED, H. S.: Absorption of sodium and calcium by wheat seedlings. Bot. Gaz., 66, 374 (1918).
167 REHDER, A.: Manual of cultivated trees and shrubs. New-York (1940).
168 REINCKE, R.: Experimentaluntersuchungen über die Chlorose der gelben Lupine. Z. Pflanzenernähr. Dung. Bodenk. A 23, 77 (1932).
169 ROBORGH, R. H. J.: A study on the nature of clay. Diss. Wageningen (1935).
170 ROHDE, G.: Die Bedeutung des Kaliums für die Blattgrünbildung der Pflanze. Z. Pflanzenkrankh. (Pflanzenpath.) Pflanzensch., 45, 499 (1935).
171 ROHDE, G.: Die Wirkung des Kaliums bei der Atmung der Pflanzen. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., A 39, 159 (1935).
172 ROHDE, G.: Die Wirkung des Kaliums bei der Kohlensäureassimilation der Pflanzen. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., A 44, 1 (1936).
173 ROHDE, G.: Die Bedeutung des Kaliums für die Wurzelentwicklung der Pflanze. Ernähr. der Pflanzen, 33, 65 (1937).
174 ROHDE, G.: Kalimangelerscheinungen an Rettich. Ernähr. der Pflanze 38, 35 (1942).
175 ROHDE, G.: Der Einflusz der Mineralstoffe auf die Winterfestigkeit der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Ernähr. der Pflanze 38, 1/2 u. 3/4 (1942).
176 ROTHMALER: Versuche über die Erblichkeit des Blattrollens vom Tomaten und Kartoffeln. Landw. Jahrb., Erg., 69, 245 (1929).
177 RUSSELL, E. J.: Soil conditions and plant growth. London (1937).
178 SCHAFFNIT, E. u. VOLK, A.: Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Physiologie verschieden ernährter Pflanzen. Landw. Jb., 67, 305 (1928).
179 SCHAFFNIT, E.: Aus unserer Versuchstätigkeit mit Wein-, Obst- und Gartengewachsen. Mitt. D.L.G., 47, 471 u. 487 (1932).
180 SCHARRER, K. u. SCHROPP, W.: Wasser und Sandkulturversuche mit Mangan. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., A 36, 1 (1934).
181 SCHARRER, K. u. SCHROPP, W.: Ein typischer Fall von Magnesiummangel. Ernähr. der Pflanze, 34, 366 (1938).
182 SCHMALFUSS, K.: Einige Beobachtungen über Salzwirkungen in Wasserkulturen. Flora oder Allg. Bot. Z. (1933).
183 SCHMALFUSS, K.: Das Kalium. München (1936).
184 SCHOEVERS, T. A. C.: Een proef met zwavelzure kali tegen „randjesziekte" bij roode bessen. Versl. en Meded. Plantenziektenk. Dienst Wageningen, 56 (1929).
185 SCHOORL, N.: Verschillende methoden van colorimetrie. Chem. Wbl., 27, 52 (1930).
186 SCHOLZ, W.: Die Chlorose der gelben Lupine in ihrer Beziehung zum Eisen. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., A 28, 257 (1933).
187 SCHREVEN, D. A. VAN: De gezondheidstoestand van de aardappelplant onder den invloed van twaalf elementen. Diss. Wageningen (1939).
188 SCHROETER, C.: Das Pflanzenleben der Alpen. Zurich (1926).

189 SCHROPP, W.: Die Kartoffel in Wasserkultur. Arb. Biolog. Reichsanst. Land- u. Forstw., 20, 49 (1932).
190 SCHROPP, W.: Der Mangelversuch in Form der Wasserkultur. Landw. Vers. Stat., 118, 1 (1934).
191 SCHUFFELEN, A. C.: Is de plantengroei afhankelijk van de ionenverhouding in den grond?, II. De ionenverhouding in den grond en de rentabiliteit der meststoffen. Landbouwk. T., 52, 845 (1940).
192 SCHUFFELEN, A. C. & LOOSJES, R.: The importance of the growth medium for the absorption of cations by plants (a working hypothesis). Proc. Ned. Akad. Wet., 45, 726. Amsterdam (1942).
193 SCHUFFELEN, A. C. & LOOSJES, R.: The influence of the ion activity and the ion concentration in the medium on the absorption of cations by plants. Proc. Ned. Akad. Wet., 45, 944. Amsterdam (1942).
194 SEELHORST, C. VON, Apparat zum Füllen von Vegetationsgefässen mit Erde. J. Landw., 54, 83 (1906).
195 SILVA TAROUCA, E. GRAF: Rhododendron für den Felsengarten. Deuts. Gärtn. Zeit., 47, 133 (1932).
196 SLEUMER, H.: Abgrenzung und System der Gattung Rhododendron. Gartenflora, 86, 103 (1937).
197 SPITHOST, C.: De methodiek van de humusbepaling. Versl. Landbouwk. Onderz. 38 (1932).
198 STARKEY, R. L.: I Concerning the physiology of Thiobacillus Thiooxydans, an autotrophic bacterium, oxidizing sulfur under acid conditions. II Concerning the carbon and nitrogen nutrition of Thiobacillus Thiooxydans. J. Bacteriol., 10, 135 & 165 (1925).
199 STERN, F. C.: Rhododendrons on lime soil. Yearb. Rhod. Ass., 73 (1933).
200 STEVENSON, J. B. and co workers: Series and subseries and the best species therein for general collections. List of Rhododendron species. Yearb. Rhod. Ass. (1930).
201 STOKER, F.: The resistance of Rhododendrons to drought. Yearb. Rhod. Ass. (1935).
202 STOKLASA, J.: Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. Jena (1922).
203 STRASBURGER u. mitarb.: Lehrbuch der Botanik. Jena (1921).
204 TENNANT, J., HARRELL, H. L. & STULL, A.: Selenium in determination of nitrogen by Kjeldahl method. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 4, 411 (1932).
205 TEODORESCO, E. C.: Influence de l'acide carbonique sur la forme et la structure des plantes. C. R. Acad. Sci., 157, 335. Paris (1898).
206 TREADWELL, W. D.: Tabellen und Vorschriften zur quantitativen Analyse. Leipzig (1938).
207 TRUOG, E.: Soil acidity I. Its relation to the growth of plants. Soil Sci., 5, 169 (1918).
208 TURK, E. E. DE: Die physiologischen Grundlagen der Nährstoffmangelerscheinungen. Ernähr. der Pflanzen, 38, 70 (1942).
209 UPHOF, J. C. TH: Wilde Rhododendron in der Heimat. Deuts. Gärtn. Zeit., 51, 25 (1936).
210 VAGELER, P.: Untersuchungen über den anatomischen Bau des Sommerroggenhalmes auf Niederungsmoor und seine Änderung unter dem Einflusse der Düngung J. Landw., 54, 1 (1906).
211 VAGELER, P.: Ein Beitrag zur Frage der Wirkung von Mangan, Eisen und Kupfer auf den Pflanzenwuchs. Landw. Vers. Stat., 88, 159 (1916).
212 VENEMA, K. C. W.: Proeven omtrent den uitwisselingszuurgraad van enige Javagronden. Arch. Suikerind. Ned. Ind., 39, 2, 776 (1931).

213 VERHOOP, J. A. D.: Chemische en microbiologische omzettingen van ijzersulfiden in den bodem. Diss. Leiden (1940).
214 VISSER, H.: Die Unbrauchbarkeit der Zitronensäuremethode für die Praxis, Phosphors., 2, 641 (1932).
215 VOGEL, F. u. mitarb.: Über Wirkung und Wert der Phosphorsäure im Superphosphat, Rhenaniaphosphat und Thomasmehl bei Gemüse, Sommerblumen, Stauden, Obst und Ziersträuchern und bei Topfpflanzen. Gartenbauwiss., 7, 202 (1933).
216 VOLK, A. u. TIEMANN, E.: Zur Anatomie verschieden ernährter Pflanzen. Forsch, Geb. Pflanzenkrankh. Imm. Pflanzenr., Heft 3, 45 (1927).
217 VRIES, O. DE & DECHERING, F. J. A.: Grondonderzoek. Leek (1941).
218 WAKSMAN, S. A. & co workers: Oxidation of sulphur by microorganisms in black alkali soils. J. Agric. Res., 24, 297 (1923).
219 WASSINK, E. C.: De photosynthetische koolzuurassimilatie. Leerb. algem. plantk. onder red. Prof. Dr. V. J. Koningsberger, II. Amsterdam (1942).
220 WATSON, W.: Rhododendrons and Azaleas. London, (z.j.)
221 WETTSTEIN, K. VON: Handbuch der systematischen Botanik. Wien (1935).
222 WHERRY, E. T.: Soil acidity, its nature, measurement and relation to plant distribution. Ann. Rep. Board Reg. Smiths. Inst., Publ. 2622, 247 (1920).
223 WILFARTH, H. u. WIMMER, G.: Die Wirkung des Kaliums auf das Pflanzenleben. Arb. D.L.G., Heft 68 (1902).
224 WILFARTH, H. u. WIMMER, G.: Die Wirkungen des Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kalimangels auf die Pflanzen. J. Landw., 51, 129 (1903).
225 WILLIS, L. G. & CARRERO, J. O.: Influence of some nitrogenous fertilizers on the development of chlorosis in rice. J. Agric. Res., 24, 621 (1923).
226 WÖSTMANN, E.: Der Einflusz von Kalium und Kalzium auf den Wasserhaushalt der Pflanzen. Ernähr. der Pflanze, 38, 46 (1942).
227 ZEHENTNER, M.: Zur Magnesiaversorgung der Pflanze. Ernähr. der Pflanze 26, 466, 487, 519 (1930).
228 Zehn Jahre Rhododendron Mitarbeit. Deuts. Gärtn. Zeit., 52, 195–256 (1937).
229 ZIEGENSPECK, H.: Lassen sich Beziehungen zwischen dem Gehalte an Basen in der Asche und dem Stickstoffgehalte der Pflanzen aufstellen, die einen Rückschlusz auf die Ernährungsart und die Excretion gestatten? Ber. Deuts. Bot. Ges., 40, 78 (1922).

INHOUD

Hoofdstuk I: *Systematiek en geographie van het geslacht Rhododendron L.*

§ 1 Systematiek 3

§ 2 Geographie 5

A Geographische verspreiding 5

B Oekologie 7

1 Klimatologische factoren 8

a Temperatuur en vochtigheid, 8; *b* Bestraling, 9; *c* Wind, 10.

2 Edaphische factoren 10

a Zuurgraad, 10; *b* Organische stof, 13; *c* Voedselrijkdom, 13; *d* Vochtgehalte, 14; *e* Doorlatendheid, 14; *f* Granulaire samenstelling, 15

3 Biotische factoren 15

a Schaduwbomen, 15; *b* Mycorrhiza, 16

Hoofdstuk II: *Rhododendron catawbiense Grdfl. in de cultuur.*

§ 1 Cultuur 19

A Afleggen 19

B Veredeling 20

1 De onderstam, 20; 2 De veredeling, 21; 3 Het opkweken tot leverbare planten, 23.

§ 2 De bladrandchlorose 26

A Benaming 26

B Symptomen 26

1 Boven de grond, 26; 2 In de grond, 28.

C Oorzaak 29

D Gevoeligheid van *Rhododendron* voor kalk 29

1 Gevoelige soorten en hybriden, 29; 2 Minder gevoelige soorten en hybriden, 31.

Hoofdstuk III: *Methoden van onderzoek.*

§ 1 Cultuur 33

A Potproeven, 33; B Plantmateriaal, 33; C Het poten der planten, 34.

§ 2 Bladonderzoek 34

A Bladoppervlak, 34; B Chlorophylbepaling, 34; C Voorbereiding plantmateriaal, 36; D Vochtgehalte, 37; E Stikstofbepaling, 37; F Fosfaatbepaling, 37; G Asgehalte, 37; H Calciumbepaling, 37; I Magnesiumbepaling, 37; J Kaliumbepaling, 38; K Natriumbepaling, 38; L IJzer- en mangaanbepalingen, 38.

§ 3 Takonderzoek 38

§ 4 Wortelonderzoek 38

§ 5 Grondonderzoek 39

A Vochtgehalte, 39; B Organische stof, 39; C Granulaire samenstelling, 40; D pH, 40; E Adsorptiecapaciteit, 41; F Complexbezetting, 41; G Bereiding grondextract voor ijzer- en mangaanbepalingen, 42; H P-totaal, P-getal, P-citr., K_2O-percentage, fosforzuur- en kaligetallen volgens NEUBAUER, 42.

§ 6 Bereiding perssap 42

Hoofdstuk IV: *Grondonderzoek.*

§ 1 Eigen onderzoek 43

§ 2 Slotopmerkingen 49

Hoofdstuk V: *De invloed van de Ca : H-verhouding in het adsorptiecomplex op de ontwikkeling van Rhod. catawbiense Grdfl.*

§ 1 Literatuuroverzicht 51

§ 2 Eigen onderzoek 57

§ 3 Slotopmerkingen 63

Hoofdstuk VI: *Deficiëntieverschijnselen.*

§ 1 Literatuuroverzicht 64

Verschijnselen bij afwijkende: A N-voeding, 70; B Fosfaatvoeding, 72; C Kaliumvoeding, 73; D Magnesiumvoeding, 76.

§ 2 Eigen onderzoek 78

A Kaliumdeficiëntieverschijnselen, 81; B Magnesiumdeficiëntieverschijnselen, 84; C Fosfaatdeficiëntieverschijnselen 87; D Ontwikkeling der rhododendrons uit object 0 Ca tot normale planten, 88; E De betekenis van de Ca : K-verhouding in de bodem, 89; F Stikstofdeficiëntieverschijnselen, 90.

§ 3 Samenvatting der resultaten 92

Hoofdstuk VII: *De invloed van enkele eenzijdige bemestingen op Rhododendron en de concurrerende werking van calcium bij de zoutabsorptie.*

§ 1 Literatuuroverzicht 94

§ 2 Eigen onderzoek 95

§ 3 Resultaten van de proefnemingen 104

Hoofdstuk VIII: *De invloed van de droogte op het ontstaan van de bladrandchlorose.*

§ 1 Literatuuroverzicht 106

§ 2 Eigen onderzoek 108

§ 3 Resultaten 110

Hoofdstuk IX: *Chemische samenstelling van gezonde en zieke bladeren en takken.*

§ 1 Literatuuroverzicht 111

A Asgehalte, assamenstelling en N-gehalte, 111; B Chlorophylgehalte, 113; C Perssap 113.

§ 2 Eigen onderzoek 116
A Resultaten der blad- en takanalysen, 116; C Chlorophylgehalte van rhododendron-bladeren, 120; C Samenstelling perssap van bladeren en takken, 121.
§ 3 Voornaamste resultaten 127

Hoofdstuk X: *Therapie.*

§ 1 Algemeen overzicht 128
§ 2 Eigen onderzoek 131
§ 3 Voornaamste resultaten 148

Hoofdstuk XI.

§ 1 Samenvatting 149
§ 2 Summary 153
§ 3 Zusammenfassung 158
§ 4 Resumé 163
Literatuur 168

STELLINGEN

I

De kalkmijdendheid van *Rhododendron catawbiense* „Grandiflorum" is de aanleiding, stikstofhonger de oorzaak van het ontstaan van de bladrandchlorose van dit cultuurgewas.

II

Tussen de kalium- en fosfaatopname van *Rhod. catawbiense* Grdfl. en de kalium- en fosfaatrijkdom van de bodem bestaat geen verband.

III

De wortelvorming van *Rosa rugosa*-stek wordt nadelig beïnvloed door bemesting.

Landw. Jahrb. 67, 318 (1928).

IV

Bij de vruchtwisseling in de Boskoopse Culturen wordt onvoldoende rekening gehouden met de uiteenlopende eisen, welke verschillende gewassen aan de ionenverhoudingen in de grond, inclusief de pH stellen.

V

De resultaten, verkregen met een juiste onderstamkeuze bij de vruchtencultuur hier te lande, rechtvaardigen een uitgebreid onderzoek daaromtrent bij de cacaocultuur in Ned.-Indië.

VI

Tot de zuurgevoelige gewassen moeten verschillende cultuurvormen van *Chamaecyparis Lawsoniana* Parl. en *Dicentra spectabilis* Lem. gerekend worden.

VII

De onderscheiding tussen de begrippen land- en tuinbouw, zoals men die in de landbouwwetenschap der gematigde luchtstreken aantreft, is bezwaarlijk streng door te voeren in tropische gebieden.

VIII

Gezien de belangrijke schade, welke door zonnebrand wordt veroorzaakt in de Rhododendroncultuur te Boskoop, is het aan te bevelen aldaar een schaduwproef aan te leggen.