



# De symptomen van fysiologische ziekten van *Lupinus luteus* L.

<https://hdl.handle.net/1874/322333>

*Agre. 192, 1936.*

DE SYMPTOMEN VAN  
PHYSIOLOGISCHE ZIEKTEN  
VAN LUPINUS LUTEUS L.

V. C. VAN GENNEP

BIBLIOTHEEK DER  
RIJKSUNIVERSITEIT  
UTRECHT.











DE SYMPTOMEN VAN PHYSIOLOGISCHE  
ZIEKTEN VAN LUPINUS LUTEUS L.





*Diss. Utrecht 1936*

# DE SYMPTOMEN VAN PHYSIOLOGISCHE ZIEKTEN VAN LUPINUS LUTEUS L.

## PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN  
DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE  
AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT,  
OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS  
Dr. C. W. VOLLGRAFF, HOOGLEERAAR IN DE  
FACULTEIT DER LETTEREN EN WIJSBE-  
GEERTE, VOLGENS BESLUIT VAN DEN  
SENAAT DER UNIVERSITEIT TE VERDEDI-  
GEN TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE  
FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE  
OP MAANDAG 6 APRIL 1936, DES  
NAMIDDAGS TE VIER UUR

DOOR

VICTOR CORNELIS  
VAN GENNEP

GEBOREN OP DE S.O. DELANGOE (JAVA)

BAARN — HOLLANDIA-DRUKKERIJ N.V. — 1936

BIBLIOTHEEK DER  
RIJKSUNIVERSITEIT  
UTRECHT.



AAN DE NAGEDACHTENIS VAN MIJN VADER.  
AAN MIJN MOEDER.  
AAN MIJN AANSTAANDE VROUW.



## CURRICULUM VITAE

Op den eersten Februari 1903 werd ik op de onderneming Delangoe, nabij Klatten, geboren, waar mijn Vader in de suikercultuur werkzaam was. Te Djocjacarta doorliep ik de lagere school en de Wis- en Natuurkundige afdeling van de Algemeene Middelbare School met 6-jarige cursus. Hierna volgde ik gedurende eenigen tijd een opleiding voor het eerste gedeelte van het Groot Notaris examen, doch deze studie trok mij in het geheel niet aan. Op medio Januari 1926 werd ik als geëmployeerde op het Hoofdagentschap van de Koloniale Bank te Soerabaia geplaatst, bij welke instelling ik tot ultimo September 1928 in dienst ben geweest. Uit den aard van mijn werkzaamheden op de cultuurafdeling was het mij langzamerhand duidelijk geworden, dat er op het gebied van plantenziekten in Nederlandsch Indië nog zeer veel te doen was. Dit deed mij besluiten om biologie te gaan studeeren, met de bedoeling om mij speciaal op de phytopathologie toe te leggen. Op medio November 1928 ving ik mijn biologische studie aan de Gemeente-universiteit te Amsterdam aan. Na afloop van het eerste studiejaar liet ik mij als student aan de Rijksuniversiteit te Utrecht inschrijven, waar ik op 26 Maart 1934 het doctoraal-examen aflegde. In den zomer van 1934 ving ik het onderzoek over de symptomen van physiologische ziekten van *Lupinus luteus L.* aan, waarvan de resultaten in dit proefschrift zijn neergelegd.

Gaarne wil ik bij het beëindigen van mijn wetenschappelijke opleiding enkele woorden van dank zeggen en wel in de eerste plaats aan U Hooggeleerde Westerdijk, Hooggeachte Promotor. Dat ik in mijn studie alles heb gevonden, wat ik er mij van had voorgesteld, heb ik voor een groot deel aan U te danken. Zeer erkentelijk ben ik U voor de wijze, waarop U steeds aan al mijn wenschen, ondanks de moeilijke huidige omstandigheden, bent tegemoet gekomen.

Veel dank ben ik ook verschuldigd aan allen, die tot mijn wetenschappelijke vorming hebben bijgedragen, in het bijzonder aan wijlen mijn leermeester Went.

Zeer geachte Heer van Luyk, voor Uw belangstelling in mijn werk en Uw opbouwende kritiek, ben ik U zeer erkentelijk.

Gaarne betuig ik ook mijn dank aan de Stichting „Willie Com-

## VIII

melin Scholten" voor de op haar laboratorium genoten gastvrijheid.

Tenslotte spreek ik mijn groote erkentelijkheid uit aan de „Vereniging Studiebanc" te Batavia, die mij financieel in staat heeft gesteld om het hierboven genoemd onderzoek te beëindigen.

## INHOUD

	blz.
Inleiding . . . . .	1
Hoofdstuk I. Materiaal en methodiek . . . . .	3
Hoofdstuk II. De door verschillende reacties van het milieu teweegebrachte ziektesymptomen.	
§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	7
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	11
Hoofdstuk III. Calcium.	
De door gebrek of overmaat van calcium veroorzaakte ziekte- symptomen.	
§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	17
a. Calciumgebrek . . . . .	17
b. Calciumovermaat . . . . .	18
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	22
Hoofdstuk IV. Phosphor.	
De door gebrek of overmaat van phosphor veroorzaakte ziekte- symptomen.	
§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	33
a. Phosphorgebrek . . . . .	33
b. Phosphorovermaat . . . . .	34
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	35
Hoofdstuk V. IJzer.	
De door ijzergebrek veroorzaakte symptomen.	
§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	43
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	44
Hoofdstuk VI. Kalium.	
De door gebrek of overmaat van kali veroorzaakte ziektesymp- tomen.	
§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	47
a. Kaligebrek . . . . .	47
b. Kaliovermaat . . . . .	48
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	48



## Hoofdstuk VII. Magnesium.

De door gebrek of overmaat van magnesium veroorzaakte ziektesymptomen.

§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	53
a. Magnesiumgebrek . . . . .	53
b. Magnesiumovermaat . . . . .	54
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	55

## Hoofdstuk VIII. Stikstof.

De door gebrek of overmaat van stikstof veroorzaakte ziektesymptomen.

§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	59
a. Stikstofgebrek . . . . .	59
b. Stikstofovermaat . . . . .	60
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	62

## Hoofdstuk IX. Borium.

De door gebrek of overmaat van borium veroorzaakte ziektesymptomen.

§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	68
a. Boriumgebrek . . . . .	68
b. Boriumovermaat . . . . .	69
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	70

## Hoofdstuk X. Mangaan, Aluminium en Zink.

§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	76
1. Mangaan . . . . .	76
a. De door mangaangebrek veroorzaakte symptomen . . . . .	76
b. De door mangaanovermaat veroorzaakte ziektesymptomen . . . . .	77
2. Aluminium . . . . .	78
3. Zink. De door zinkgebrek veroorzaakte symptomen . . . . .	79
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	80

## Hoofdstuk XI. Koper.

De door kopergebrek veroorzaakte symptomen.

§ 1. Literatuuroverzicht . . . . .	85
§ 2. Eigen onderzoek . . . . .	86

Summary . . . . .	91
-------------------	----

Literatuurlijst . . . . .	97
---------------------------	----

## INLEIDING.

In de literatuur vindt men vaak vermeld, dat lupine zeer slecht op watercultures te kweken is. In verband hiermee zijn er dan ook nog maar weinig proeven met lupine op watercultures gedaan.

Toen ik in 1932 proeven deed over boriumgebrek bij eenjarige gele lupine bleek mij, dat deze plant zeer goed op een von der Crone-oplossing met bepaalde toevoegingen groeit. Dit is voor mij aanleiding geworden, om ook andere physiologische ziektesymptomen van *Lupinus luteus* op watercultures te bestudeeren en de resultaten te vergelijken met de bij veld- en potproeven waargenomen symptomen. Dit was vooral interessant in verband met het kalkschuwheidsvraagstuk. Over de kalkschuwheid van *Lupinus luteus* zijn in den loop der jaren zeer veel publicaties verschenen, waarin men tot zeer uiteenlopende resultaten is gekomen. Een uitvoerige literatuurbespreking hierover is in hoofdstuk III gegeven. Voorts zijn behalve symptomen van calciumovermaat en van stikstofgebrek vrijwel geen symptomen door anderen beschreven, die door gebrek of overmaat van de overige voor den plant onmisbare elementen worden veroorzaakt.

Het doel van dit onderzoek was dus om na te gaan, welke ziektesymptomen door gebrek of overmaat van verschillende elementen bij eenjarige gele lupine ontstaan. Dit is gedaan voor de elementen Ca, P, Fe, K, Mg, N, B, Mn, Al, Zn, en Cu. Verder is ook nagegaan de invloed van de reactie van het milieu op den groei en de ziektesymptomen, die door een te zure of te alkalische reactie worden veroorzaakt. In de eerste plaats werd bij de proeven gelet op de symptomen, terwijl in de meeste gevallen ook drooggewichten werden bepaald, om uit te doen komen, welke invloed door de verschillende elementen op de ontwikkeling van de planten is uitgeoefend.

In het begin was het mij niet duidelijk, waarom verschillende andere onderzoekers, zooals Brenchley (1914), Mazé (1914) en Boas en Merckenschlager (1923) lupine niet op watercultures hebben kunnen kweken. Bij de in hoofdstuk IV beschreven proeven is echter gebleken, dat *Lupinus luteus* en *albus* niet op voedingsoplossingen zijn te kweken, waarin oplosbare fosphaten

voorkomen. Het bleek, dat de planten op dergelijke oplossingen spoedig aan ijzergebrek te gronde gaan. Daar genoemde onderzoekers juist met oplossingen hebben gewerkt, waarin oplosbare phosphaten voorkwamen, is het te begrijpen, dat ze geen succes met hun watercultures hebben gehad.

Omtrent het begrip „chlorose” is in de literatuur een groote verwarring ontstaan, doordat vele onderzoekers de chlorotische verschijnselen niet nader hebben beschreven. Door Mes (1930) is een duidelijk overzicht gegeven van de verschillende door haar bij tabak waargenomen chlorotische symptomen. Om misverstand uit te sluiten heb ik het woord „chlorose” alleen gebruikt, wanneer een ijzerchlorose bedoeld werd, terwijl alle overige „chlorotische verschijnselen” nader zijn omschreven.

Bij verschillende proeven bleek altijd een klein gedeelte van de planten minder gevoelig voor ijzergebrek te zijn dan de overige planten. Dit komt, omdat niet met genetisch eenvormig materiaal is gewerkt.

Scholz (1934) en Parsche (1936) constateerden, dat gele lupine van verschillende herkomst, niet altijd dezelfde gevoeligheid vertoont ten opzichte van kalkovermaat. Ook was dit volgens Scholz wel eens met zaad van dezelfde herkomst het geval. Volgens hem zou deze meerdere of mindere gevoeligheid samenhangen met den ijzervoorraad van de zaden.

Bij de meeste van mijn proeven waren de symptomen bij alle planten van een bepaalde serie steeds gelijk en deed zich hierbij het bezwaar niet voelen, dat niet met bijzonder geselecteerd zaad is gewerkt.

## HOOFDSTUK I.

### MATERIAAL EN METHODIEK

Gewerkt werd met eenjarige gele lupine (*Lupinus luteus* L.)<sup>1)</sup>

De zaden werden eerst in een Ceresan-oplossing van  $\frac{1}{8}$  % gedurende een half uur gedesinfecteerd, daarna gedurende een half uur goed afgespoeld en vervolgens op scherp zand, dat gedurende anderhalf uur op 1 atm. overdruk was gesteriliseerd, uitgelegd. Zoo- dra de planten 3 blaadjes hadden gevormd werden ze voorzichtig uit de kweekbakken losgespoeld en nadat alle zanddeeltjes van de wortels waren verwijderd, op cultuarpotten van  $\pm$  350 cc inhoud overgebracht, die voor het gebruik met een formaline-oplossing van 4% werden gedesinfecteerd. Voor de in de hoofdstukken IX en X beschreven proeven werden de wortels vóór het overbrengen van de planten op de voedingsoplossingen eerst nog met gedestilleerd water nagespoeld, voor de in hoofdstuk XI beschreven proeven met  $2 \times$  gedestilleerd water.

Bij het overbrengen van de planten op de potten werd er voor gezorgd, dat planten uitgekozen werden van ongeveer gelijke ontwikkeling.

De planten werden op eerst zwart en daaroverheen witgeschil- derde jampotten gekweekt, zoals o.a. ook door s' J a c o b (1927), M e s (1930) en d e J a g e r (1933) is gedaan. Voor de in de hoofdstukken IX en X beschreven proeven werden nog gearaffi- neerde metalen schroefdeksels gebruikt, doch bij alle overige proe- ven gearaffineerde beukenhouten deksels. Dit bracht het voordeel mee, dat het langdurige los- en vastschroeven achterwege kon blijven. De pH werd steeds colorimetrisch bepaald volgens de methode van C l a r k en L u b s.

Voor de in de hoofdstukken X en XI beschreven proeven werden pro analyse zouten van S c h e r i n g-K a h l b a u m, „mit garantie-

<sup>1)</sup> Dr. F. C. Gerritsen, hoofd van de microbiologische afdeling van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen was zoo vriendelijk om mij een kleine hoeveelheid zaad van eenjarige witte lupine af te staan, afkomstig van de Saat- zuchtanstalt von Lochow te Petkus waarmee ook nog enkele proeven werden gedaan.

schein" gebruikt, voor alle overige proeven purissimum-zouten. Verder werd gebruik gemaakt van 2 × gedestilleerd water (proeven hoofdstuk XI), 1 × gedestilleerd water (proeven hoofdst. IX en X) en gewoon leidingwater (proeven hoofdst. II t/m VIII).

Volgens de laatste officieele opgave van de „Utrechtsche Waterleiding Mij" bevat het Baarnsche leidingwater de volgende stoffen:

concentr. in mgr. per L.			
Cl'	11,0	Fe	> 0.1
NO <sub>3</sub> '	spoor	Ca <sup>++</sup>	27.2
SO <sub>4</sub> "	5,4	CaO	38.0
HCO <sub>3</sub> '	97,—	Mg <sup>++</sup>	1.74
vrij CO <sub>2</sub>	1,2	MgO	2,9
SiO <sub>2</sub>	11,—	vrije O <sub>2</sub>	3,4
pH	> 8		

Door de hooge pH van het leidingwater, was de begin pH van vrijwel alle verschillende voedingsoplossingen steeds licht alkalisch. In verband hiermee werd de pH bij het maken van de voedingsoplossingen met HCl steeds op 6,5 teruggebracht. Bij alle proeven is opgegeven hoe de pH in 14 dagen tijd veranderde. Van een v. d. Crone-oplossing liep de pH steeds op tot ± 6,9. Dit werd aldus aangegeven (pH 6,5—6,9).

De voedingsoplossingen werden voor het eerst na 3 weken, daarna om de 14 dagen ververscht. Voor de in hoofdstuk II beschreven proeven geschiedde de verversching om de 6 dagen.

Daar gebleken was, dat lupine op v. d. Crone zeer goed groeit, werden de contrôleplanten steeds op deze oplossing gekweekt. De groei op Z i n z a d z e (1927) pH 6,5, is even goed, doch daar deze oplossing gecompliceerder is dan die van v. d. C r o n e, werd hiervan verder geen gebruik gemaakt. Bij het samenstellen van de voedingsoplossingen, waarin een van de elementen ontbrak, of in onvoldoende hoeveelheid, of in overmaat aanwezig was, werd ook steeds uitgegaan van v. d. C r o n e. Aan alle voedingsoplossingen, die met leidingwater werden gemaakt, werd 0.5 mgr. H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> en 0.5 mgr. MnSO<sub>4</sub> toegevoegd. In de hoofdstukken X en XI is verder nader aangegeven in welke combinaties en concentraties de elementen B, Mn, Al, Zn en Cu zijn toegevoegd, wanneer met 1 × of 2 × gedestilleerd water en pro analyse zouten werd gewerkt.

Behalve wanneer het om elementen gaat, waarvan de planten slechts zeer kleine hoeveelheden nodig hebben, zooals B, Mn en Cu, staat men altijd voor de moeilijkheid, dat wanneer men een element weglaat of in overmaat toedient, men nooit alle overige omstandigheden constant kan houden. Bij mijn proeven heb ik dan ook steeds zooveel mogelijk getracht de verschillende factoren tegen elkaar uit te spelen, om aan te kunnen toonen, dat de symptomen, die door het weglaten of in overmaat toedienen van een element

optreden, aan den invloed van dit element moeten worden toegeschreven. Werd bijv. in een oplossing met weinig stikstof de concentratie  $\text{KNO}_3$  verminderd, dan werd in het eene geval het ontbrekende Kalium als  $\text{KCl}$  en in het andere geval als  $\text{K}_2\text{SO}_4$  aangevuld.

De concentraties van de verschillende zouten zijn in mgr. per L. en hierachter tusschen ( ) in m.mol. opgegeven.

Bij de verschillende proeven werd ook gelet op de ontwikkeling van de wortelknolletjes. s' Jacob (1927) heeft bij zijn proeven met erwten en boonen het aantal wortelknolletjes geteld. Deze methode heeft weinig waarde, daar de knolletjes zeer sterk in grootte kunnen variëren. Bij mijn proeven werd alleen het verschil in ontwikkeling van de knolletjes in de verschillende series vermeld, wanneer dit verschil opvallend was. Deze methode is natuurlijk zeer grof, doch een nauwkeuriger methode heb ik niet nader uitgewerkt, omdat de knolletjes in de meeste gevallen eerst na het optreden van de symptomen tot ontwikkeling kwamen. Als de planten ongeveer 5 weken op de potten stonden, begonnen ze pas zichtbaar te worden. Daar de planten van verschillende series reeds na een maand waren afgestorven, was hierbij niet na te gaan in hoeverre de voeding invloed heeft gehad op de knolontwikkeling. Verder mag aan het verschil in de ontwikkeling van de knolletjes in de verschillende oplossingen ook geen al te groote waarde worden gehecht, omdat geen kunstmatige infectie met *Bacterium radicola* is toegepast, zoodat het toeval bij de infectie van de wortels door de knolbacteriën een niet te verwaarloozen factor is.

De planten werden meestal 3 weken na den bloei opgeruimd. Hierbij werd ook op de vruchtzetting gelet. Wanneer de vruchtzetting niet plaats had of slecht was, is dit opgegeven. Het had geen zin om het aantal peulen per plant te tellen, daar dit aantal bij de verschillende planten sterk uiteen liep.

De planten stonden 's winters en in het voorjaar in een verwarmde kas (wintertemperatuur  $10-25^\circ \text{C}$ ; voorjaartemp.  $16-30^\circ \text{C}$ ) en 's zomers buiten op een tafel onder een glazen afdak, dat aan drie kanten door glas was afgesloten.

Bij alle planten werden de cotylen steeds verwijderd, als de planten een week op de cultuurpotten stonden. Dit werd gedaan, om te voorkomen, dat de planten de verschillende elementen, die in de oplossingen ontbraken, uit de reserves in de cotylen zouden kunnen krijgen.

Bij het beëindigen van de proeven werd van alle series, voor zover hiervan genoeg planten waren overgebleven, het gemiddeld drooggewicht en de middelbare fout van dit gewicht bepaald. Het bepalen van de middelbare fout geschiedde volgens de formule

$$\text{m.f. gem. gewicht} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$$

$n$  = het aantal planten van de serie;  $\Sigma d^2$  = de som van de quadraten van het verschil tusschen het drooggewicht van deze planten en het gemiddeld drooggewicht van de heele serie.

Zooals bekend, mogen bij het vergelijken van het gemiddeld drooggewicht van 2 series slechts conclusies getrokken worden, wanneer het verschil tusschen het gemiddeld drooggewicht van deze series  $3 \times$  zoo groot is als de middelbare fout van dit verschil. Dit werd bepaald volgens de formule

$$\text{m.f. verschil} = \sqrt{\text{m.f.}_1^2 + \text{m.f.}_2^2}$$

$\text{m.f.}_1$  en  $\text{m.f.}_2$  zijn hierbij de middelbare fouten van de drooggewichten van de beide series, die met elkaar worden vergeleken.

## HOOFDSTUK II.

### DE DOOR VERSCHILLENDE REACTIES VAN HET MILIEU TEWEEGGEBRACHTE ZIEKTESYMPTOMEN.

#### § 1. Literatuuroverzicht.

In den loop der jaren zijn zeer veel onderzoeken gedaan over den invloed van de reactie van het milieu op de plantengroei en de door de reactie veroorzaakte ziektesymptomen. Uitvoerige literatuuroverzichten zijn hierover door Arrhenius (1924, 1926), Mevius (1927) en Kappen (1929) gegeven.

In het begin ging men alleen na, bij welke pH de planten het best groeiden, zonder dat men zich daarbij afvroeg, of de reactie van het milieu ook niet op het milieu zelf van invloed zou kunnen zijn, waardoor bepaalde gebreken in het milieu zouden ontstaan. Dit heeft dan ook aanleiding gegeven tot zeer uiteenlopende resultaten. Later heeft men meer aandacht geschonken aan de factoren, die bij een verandering van de reactie van het milieu zich doen gelden, waarbij gebleken is, dat de reactie van het milieu ook een invloed uitoefent op de oplosbaarheid en de opname van de in dit milieu aanwezige zouten. Dit kan men de indirecte invloed van de reactie van het milieu op de planten noemen. Hiernaast zou nog een directen invloed bestaan, n.l. de invloed op de permeabiliteit van de cellen.

#### a. De invloed op de oplosbaarheid van de voedingszouten.

Uit tal van onderzoeken is gebleken, dat de oplosbaarheid van ijzer afneemt, naarmate de waterstofionenconcentratie kleiner wordt. Bij een hoge pH van den bodem kan ijzergedrek dus als „limiting factor” optreden. Zoo vonden Hopkins en Wann (1926, 1927) dat ijzer „limiting factor” werd voor den groei van *Chlorella*, wanneer de pH van de voedingsoplossing hooger dan 5,7 was. Door toevoeging van natriumcitraat bleef het ijzer tot pH 7,4 nog in oplossing. Het ijzer werd echter ook nog door het



in de oplossing aanwezige calciumphosfaat geadsorbeerd. Door een voedingsoplossing zonder calcium te nemen, waarop *Chlorella* goed kan groeien, en ook nog natriumcitraat toe te voegen, kregen zij een optimale groei vanaf pH 5,7 tot 7,5. Er zou echter ook nog een andere „limiting factor” aanwezig zijn, waardoor geen scherp groei-optimum kon worden verkregen.

Een ander geval, waarbij ijzer als „limiting factor” heeft gewerkt, is door de proeven van Olsen (1931), waarbij hij de auximonentheorie van Bottomley heeft getoetst, aan het licht gekomen. Volgens Bottomley (1914—1920) zouden voor de planten bepaalde organische substanties onmisbaar zijn, die in veenextract aanwezig zijn en die hij „auximonen” noemde. Olsen toonde aan, dat dit veenextract vervangen kon worden door Ferri-citraat. In de door Bottomley gebruikte voedingsoplossing moet het ijzer vrijwel niet in oplossing geweest zijn. Door gebruik te maken van veenextract, waarin volgens Olsen colloidaal ijzer zou zitten, zou ijzergebrek voorkomen kunnen worden. De proeven van Olsen zijn door Burk, Lineweaver en Horner (1932) becritiseerd, omdat uit het onderzoek van Olsen niet was gebleken, dat het ijzer en niet het citraat het veenextract verving. Uit de proeven van deze onderzoekers met *Azotobacter* is gebleken, dat uit veenextract verkregen humuszuren vervangen konden worden door Ferricitraat, -tartraat en -oxalaat, Ferrisulfaat, metallisch ijzer en synthetische humuszuren met een hoog ijzergehalte. Synthetische humuszuren, die vrij van ijzer waren, konden de humuszuren, uit veenextract verkregen, niet vervangen.

Door Mevius (1924) is gewezen op het verband tusschen de kalkschuwheid van verschillende planten en ijzergebrek tengevolge van een te hooge pH van den bodem. In hoofdstuk III is deze kwestie uitvoeriger behandeld. Voor kalium, calcium en  $PO_4$  is door Arrhenius (1926) aangetoond, dat de oplosbaarheid bij pH 4,2 veel grooter was dan bij pH 7,8.

Ook de oplosbaarheid van mangaan wordt door de reactie van het milieu beïnvloed. In alkalisch milieu is vrijwel geen mangaan in oplossing aanwezig, hetgeen bij verschillende planten aanleiding kan geven tot mangaangebrek. Aan den anderen kant kan bij sterk zure reactie mangaanbeschadiging optreden door te veel mangaan.

Voor aluminium is aangetoond, dat de oplosbaarheid hiervan met stijgenden zuurgraad toeneemt, waardoor ten slotte aluminiumbeschadiging kan ontstaan.

De literatuur over den invloed van den zuurgraad op de oplosbaarheid van mangaan en aluminium en de in verband hiermee veroorzaakte ziektesymptomen, is in hoofdstuk X nader besproken.

Behalve de zuurgraad, oefent de verhouding van de zoutconcentraties een grooten invloed uit op de oplosbaarheid van de zouten. Dit verklaart, waarom dezelfde planten op verschillende gronden, die dezelfde pH hebben, geheel anders kunnen groeien.

## b. De invloed op de zoutopname.

Voor gerst op watercultures vond Hoagland (1919), dat de opname van  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , Ca, Mg en  $\text{SO}_4$  bij pH 5 tot 5,5 grooter was dan bij pH 6,8. Samen met Davis (1923, 1924) vond hij, dat de opname van  $\text{NO}_3$  door Nitellacellen met stijgende pH sterk afnam. Bij pH 8,2 werd vrijwel geen  $\text{NO}_3$  meer opgenomen. Arrhenius (1922) stelde voor tarwe op watercultures vast, dat kalium het sterkst werd opgenomen bij pH 4 en 6, calcium bij pH 6, magnesium bij pH 5,  $\text{PO}_4$  bij pH 7,  $\text{NO}_3$  en  $\text{SO}_4$  bij pH 4. Bij radijs was de opname van kalium het sterkst bij pH 8, calcium bij pH 5, magnesium bij pH 5,  $\text{PO}_4$  bij pH 8,  $\text{NO}_3$  bij pH 9 en  $\text{SO}_4$  bij pH 8. Men ziet hier dus uit, dat het ook nog van den aard van de planten afhangt, bij welke pH de zouten het sterkst worden opgenomen. Hieruit is dan ook te verklaren, waarom verschillende planten een geheel ander groeioptimum hebben.

Voor maïs en tarwe vond Tidmore (1930), dat bij pH 6 veel meer  $\text{PO}_4$  werd opgenomen, dan bij pH 7,5. Bij maïs was de opname het sterkst bij pH 4, bij tarwe bij pH 4,5 tot 6.

Ook bij het suikerriet is volgens van den Honert (1933) de fosphaatopname bij pH 6 veel sterker dan bij pH 7,5. Volgens Arrhenius (1922) gaat echter niet maximum groei, maar minimum groei samen met maximum opname.

Door verschillende onderzoekers is verder het verband nagegaan tusschen de pH en de opname van nitraat- en ammoniakstikstof. In hoofdstuk VIII wordt hier nader op teruggekomen.

Dat de reactie van het milieu ook een invloed moet uitoefenen op het ionenantagonisme volgt uit den invloed van het milieu op de oplosbaarheid en de opname van de verschillende ionen die in dit milieu aanwezig zijn. In verband hiermee vond Mevius (1927) voor *Pinus Pinaster*, dat de antagonistische werking van kalium en magnesium met een afnemende waterstofionenconcentratie ook afneemt. Bij pH 7 was het antagonisme nog duidelijk waar te nemen. Voor maïs vond hij, dat de antagonistische werking van genoemde elementen bij  $\pm$  pH 4,5 het sterkst was.

## c. De directe invloed van de reactie van het milieu.

Door enkele onderzoekers is aangenomen, dat de zuurgraad in de cellen afhankelijk is van de reactie van het uitwendig milieu. Volgens deze onderzoekers zou er een directe invloed bestaan van de reactie van het milieu op de enzymatische processen in de plantencellen. Bij hogere planten zouden speciaal in de wortelcellen deze processen bevorderd of geremd worden.

Door Kappen (1918), Kappen en Zapfe (1919) is voor boonen en gele lupine en door Dustman (1925) voor tomaten, bij proeven op gekalkten en ongekalkten grond geen betrekking

gevonden tusschen de pH van perssappen van verschillende plantendeelen en de reactie van den bodem. Truog en Meacham (1919), Haas (1920), Bauer en Haas (1922) e.a. constateerden echter, dat bij verschillende planten de pH van de perssappen in de meeste gevallen door het kalken werd verhoogd. Hoagland (1919) vond, dat de pH van het perssap van gerst niet door de reactie van het milieu werd beïnvloed. Door Arrhenius (1924) en Mevius (1927) is op de onbruikbaarheid van de perssappmethode gewezen, omdat door het uitpersen van plantendeelen de oorspronkelijke pH van de cellen sterk kan veranderen. Bovendien is o.a. uit de onderzoekingen van Arrhenius (1924) en Rogers en Shive (1932) gebleken, dat de pH in cellen uit verschillende weefsels sterk kan uiteenloopen (zie ook Small, 1929). Voorts is door Hoagland en Davis (1923, 1924) aangetoond, dat de samenstelling van het celvocht van *Nitella* geheel anders was dan van het perssap. Uit hun proeven met *Nitella* bleek verder, dat de pH van het celvocht constant bleef op  $\pm 5,2$ , wanneer de pH van de voedingsoplossing van 5 tot 9 varieerde. Ook Arrhenius (1922) vond voor verschillende planten, dat de reactie van het celvocht onafhankelijk was van de reactie van het uitwendig milieu. Door Mevius (1924) is dit voor wortelcellen van *Pinus Pinaster* ook nog bevestigd.

Mevius (1927) komt dan ook tot de conclusie, dat binnen bepaalde grenzen de reactie van den celinhoud constant is en onafhankelijk van de reactie van het uitwendig milieu. Bij het overschrijden van deze grenzen heeft beschadiging van de cellen plaats en zal ook de pH van den celinhoud sterk kunnen veranderen. Volgens Small (1929) zou het cytoplasma een bufferende werking uitoefenen, doordat het geen sterkere zuren of basen doorlaat. Als gevolg hiervan zou ook de reactie van het celvocht constant blijven. We mogen dus niet van een directen invloed van de reactie van het milieu op de reactie in de cellen spreken.

Als eenigste directe invloed blijft dus de invloed op de permeabiliteit over.

Door Arrhenius is de hypothese opgesteld, dat de permeabiliteit van de wortelcellen bepaald wordt door de reactie van de voedingsoplossing. Bij een voor den groei ongunstige pH wordt de permeabiliteit sterk verhoogd, waardoor de protoplasten overstroomd worden door de verschillende ionen, hetgeen beschadiging en groeiremning ten gevolge heeft.

Voor *Pinus Pinaster* en enkele *Spagnaceae* heeft Mevius (1924) aangetoond, dat de grens, waarbij beschadiging optreedt aanmerkelijk verschoven kan worden, naarmate de samenstelling van de voedingsoplossing gevarieerd wordt. Mevius komt in 1927 voor den directen invloed van de reactie van het milieu tot de volgende hypothese:

De pH is mede van invloed op de permeabiliteit van de planten-

cellen. Hierdoor zijn de groeikrommen van de reactie van het milieu afhankelijk. In de buurt van de pH grenzen voor den groei wordt de permeabiliteit zoodanig verhoogd, dat een meer of minder sterke exomose optreedt. Door neutraal reagerende zouten kunnen deze grenzen gedeeltelijk verschoven worden. De mate van verschuiving is van de zouten afhankelijk. De selectieve permeabiliteit hangt behalve van de zouten, die in het uitwendig milieu aanwezig zijn, in sterke mate van de pH af. Wanneer de verhouding van de concentraties van de verschillende ionen ongunstig is, ontstaat een storing in de opname van de voedingsstoffen.

Daar dus niet alleen de waterstofionen-concentratie, maar ook de overige ionen voor de normale zoutopname van belang zijn, zou volgens hem hierin de oorzaak gezocht kunnen worden van de één- en tweetoppige groeikrommen die door verschillende onderzoekers voor dezelfde planten zijn gevonden. Bij de proeven van deze onderzoekers was n.l. wel de pH gelijk, maar niet de samenstelling van de voedingsoplossingen.

Voor tabak heeft M e s (1930) aangetoond, dat naar gelang van de voedingsoplossing een één- of tweetoppige groeikromme kan worden verkregen.

## § 2. Eigen onderzoek.

Wanneer men den invloed van de reactie van het milieu op den groei van planten en de ziektesymptomen, die hierbij optreden, wil bestudeeren, is het gewenscht om er zorg voor te dragen, dat de pH en de concentratie van de voedingsoplossingen zooveel mogelijk constant blijven. Dit bereikt men het best, door met stroomende oplossingen te werken. O l s e n (1923) heeft dit voor het eerst toegepast en na hem hebben verschillende onderzoekers deze methode gebruikt. Bij de volgende proeven kon hiervan echter geen gebruik worden gemaakt, daar voedingsoplossingen, die uitsluitend uit oplosbare zouten bestaan, voor lupine niet te gebruiken zijn. Uit de proeven over den invloed van phosphor is n.l. gebleken, dat lupine geen oplosbaar fosphaat verdraagt, doordat hierdoor de dissociatie van het gevormde ijzerfosphaat geheel wordt teruggedrongen, wat ijzergebrek tengevolge heeft. In hoofdstuk IV is dit nader uiteengezet. Bij de hieronder beschreven proeven werd de oplossing van v o n d e r C r o n e gebruikt, waarop zooals in de inleiding reeds is gezegd, lupine zeer goed groeit.

Op 6 Augustus 1935 werden de planten op de potten overgebracht. Gedurende de eerste 2 weken was de pH van alle series 6,5. Dit werd gedaan, om de planten zich eerst geheel aan het nieuwe milieu te doen aanpassen. Alle planten sloegen goed aan en waren na 2 weken ongeveer gelijk ontwikkeld. Hierna werden de oplossingen ververscht en de pH met HCl en KOH op 3 -

4 - 5 - 6 - 7 - 7,5 - 8 en 9 gebracht. De series met pH 7 en 8 bestonden uit 10 planten, de overige series uit 8. Verder kregen 5 planten van de serie met pH 8 en alle planten van de serie met pH 9 100 mgr. ijzercitraat per L. extra.

Daar de pH van de voedingsoplossingen niet constant bleef, moest deze 2 à 3 maal per dag worden bijgesteld. Het meest constant bleven pH 3 en 4, pH 5 liep steeds op tot  $\pm 5,5$ , pH 6 tot  $\pm 6,4$ , pH 7 liep voortdurend terug tot 6,8 à 6,9, pH 7,5 tot  $\pm 7,1$ , pH 8 tot  $\pm 7,9$  en pH 9 tot  $\pm 8,7$ .

De ontwikkeling van de planten in de verschillende series was als volgt:

#### Serie met pH 3.

De wortelgroei was zeer slecht. Er kwamen slechts weinig zijwortels tot ontwikkeling, die vrij kort bleven. Al spoedig kregen deze wortels een slijmerige, weke consistentie; wortelknolletjes kwamen niet tot ontwikkeling. Het oudere blad werd spoedig geel en verschrompelde. De planten groeiden vrijwel niet en binnen een maand waren alle toppen verdroogd en de planten afgestorven.

#### Serie met pH 4.

De wortels werden spoedig vrij sterk beschadigd. Er werden betrekkelijk weinig zijwortels gevormd, waarvan enkele vrij lang werden en enkele kort bleven. Op den duur werden alle wortels zwart en hadden ook een tamelijk slijmerige consistentie. Betrekkelijk weinig wortelknolletjes werden gevormd. De planten groeiden slecht. Veel van het oudere blad werd geel en verschrompelde. Na ruim een maand stierven 5 planten van deze serie af. De 3 overige planten bleven zich slecht ontwikkelen. Een kwam nog in bloei, terwijl de andere 2 niet verder kwamen dan de vorming van kleine bloemknoppen.

#### Serie met pH 5.

Van deze serie ontwikkelden alle planten zich aanvankelijk vrij goed. Na 6 weken werden echter de wortels van alle planten sterk door *Fusarium* en vermoedelijk ook door bacteriën aangetast, tengevolge waarvan alle planten van deze serie spoedig afstierven.

#### Serie met pH 6.

Alle planten ontwikkelden zich krachtig. Gedurende de eerste 6 weken was geen verschil waar te nemen tusschen de planten van deze serie en die van de serie met pH 7. De wortels groeiden goed en er werden veel knolletjes gevormd. Na ongeveer 2 maanden waren de planten in ontwikkeling iets achter gebleven bij die van de volgende serie. Ook waren de wortels donkerder van kleur dan bij pH 7. Verder zijn er geen verschillen waar te nemen geweest tusschen deze 2 series. Kort voor den bloei werd een plant door

*Fusarium* aangetast en verwelkte binnen enkele dagen. De overige planten bleven vrij van infectie.

Serie met pH 7.

Zoals reeds gezegd verschilde deze serie in het begin weinig van de vorige. Op den duur ontwikkelden de meeste planten zich wat krachtiger, dan de planten bij pH 6; ook de wortels ontwikkelden zich goed en kregen veel knolletjes. Verschillen met de vorige serie in de wortelontwikkeling, of in het aantal of de grootte van de knolletjes zijn ook niet te constateeren geweest.

Serie met pH 7,5.

Deze serie bleef vrij spoedig in ontwikkeling achter bij de vorige 2. Twee planten werden spoedig sterk chlorotisch, de wortels ontwikkelden zich zeer slecht en na ongeveer een maand waren deze planten afgestorven. De overige planten werden niet chlorotisch en de kleur van het blad was ook normaal. De planten bleven echter sterk in ontwikkeling achter bij de vorige 2 series. Ook de wortels waren minder goed ontwikkeld. De meeste zijwortels waren dun, en vrij kort, terwijl enkele abnormaal lang werden. Dit worteltype komt ook voor bij de planten met ijzergebrek, zooals in hoofdstuk V is beschreven (zie ook afbeelding IV op pag. 46). Het aantal wortelknolletjes was ook veel minder dan bij de beide voorafgaande series.

Serie met pH 8.

De 5 planten met extra ijzertoevoeging ontwikkelden zich iets beter dan de overige 5 van deze serie. De planten zonder extra ijzer werden spoedig vrij sterk chlorotisch, terwijl de planten met extra ijzer slechts iets lichter groen waren dan die van de vorige series. Alle planten bleven sterk in ontwikkeling achter bij de series met pH 6 en 7, de planten zonder extra ijzer iets meer, dan die met extra ijzer. De wortels van alle planten ontwikkelden zich nog slechter dan die van de vorige serie, hoewel het type ongeveer hetzelfde was. Op den duur werden alle wortels donkerbruin en eenigszins slijmerig. Wortelknolletjes kwamen haast niet tot ontwikkeling. Ondanks den slechten groei, kwamen alle planten nog in bloei.

Serie met pH 9.

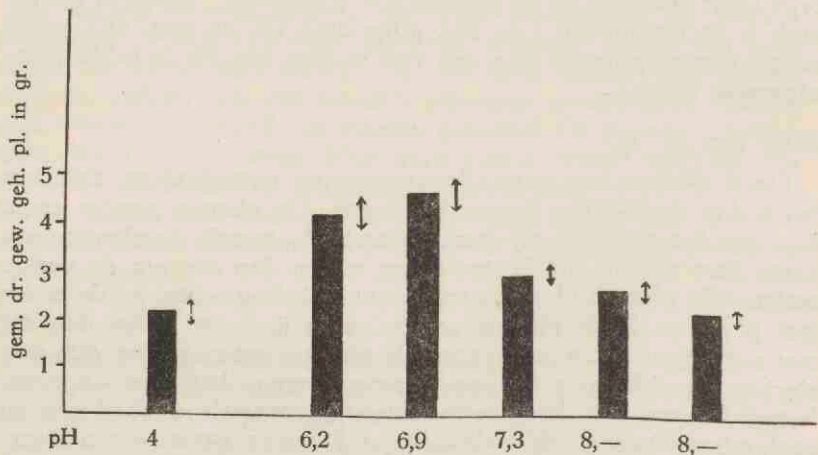
Alle planten groeiden zeer slecht en werden spoedig sterk chlorotisch. De wortels werden al heel gauw donkerbruin en slijmerig. Nieuwe zijwortels werden niet meer gevormd of bleven zeer kort. Wortelknolletjes ontbraken. Binnen een maand waren alle toppen verdroogd en de planten afgestorven. Extra toevoeging van Ferricitraat heeft bij deze serie geen succes gehad.

Op foto 1 is het verschil in ontwikkeling tusschen de planten met verschillende pH duidelijk te zien.

Na 3 maanden, nadat alle series waren uitgebloeid, werden deze proeven beëindigd en het drooggewicht van de planten bepaald. Het gemiddeld drooggewicht is in tabel I opgenomen en in grafiek 1 weergegeven.

TABEL I.

pH	GEM. DROOGGEWICHT			aantal planten
	bovengrondsche deelen	wortels	geheele plant	
4	1,51 ± 0,23	0,65 ± 0,04	2,16 ± 0,27	3
6 (gem. 6,2)	2,98 ± 0,29	1,31 ± 0,07	4,29 ± 0,36	7
7 (gem. 6,9)	3,37 ± 0,27	1,29 ± 0,07	4,66 ± 0,33	10
7,5 (gem. 7,3)	2,09 ± 0,14	0,92 ± 0,06	3,00 ± 0,20	6
8	1,49 ± 0,12	0,74 ± 0,05	2,23 ± 0,15	5
8 (+ extra Fe)	1,77 ± 0,15	0,88 ± 0,04	2,65 ± 0,18	5



De middelb. fouten zijn door pijltjes naast de zwarte kolommen aangegeven.

Grafiek 1.

Hieruit is te zien, dat het drooggewicht van de serie met pH 7 het grootst is, terwijl dat van de serie met pH 6 iets minder is. Hierbij moet worden opgemerkt, dat pH 6 steeds opliep tot 6,3, terwijl pH 7 voortdurend terugliep tot ± 6,8. Gemiddeld is de pH van deze series dus resp. 6,2 en 6,9 geweest. Uit de verkregen drooggewichten is dus op te maken, dat op v. d. Crone waarschijn-

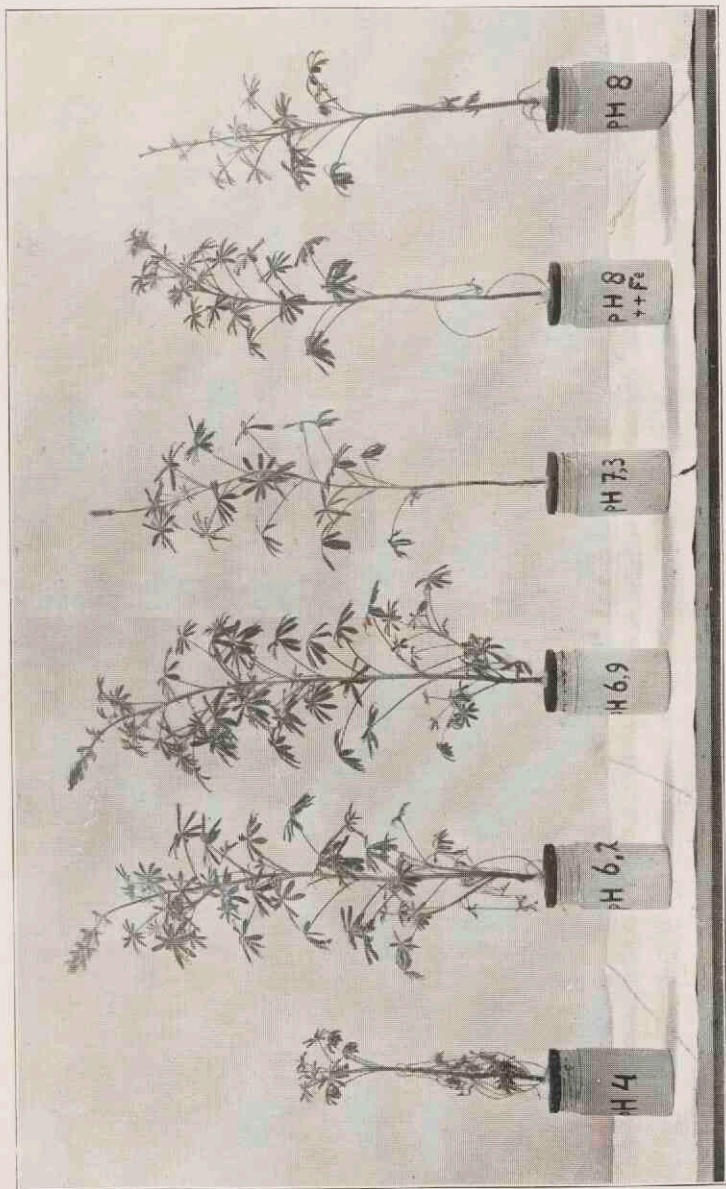


Photo 1. — Plants in v. d. Crone Solution on different pH.



lijk de optimale groei bij pH 6,5 plaats heeft. In alkalisch milieu neemt het drooggewicht met toenemende pH sterk af. Hier zal ijzer de belangrijkste „limiting factor” geweest zijn, daar ook uit andere proeven is gebleken, dat lupine veel ijzer nodig heeft. Reeds bij pH 7,5 krijgt men een sterke vermindering in drooggewicht. Ook hierbij moet opgemerkt worden, dat deze pH steeds terugliep, zoodat de pH gedurende de geheele ontwikkeling gemiddeld  $\pm 7,3$  geweest is. Waarschijnlijk zou het gewicht van deze serie groter geweest zijn, wanneer de planten ook extra ijzer hadden gehad. De hoeveelheid ijzer zal bij de meeste planten van deze serie juist voldoende geweest zijn om geen chlorose te krijgen, doch niet voldoende voor een krachtige ontwikkeling. Het gewicht van de planten met pH 8, die extra ijzer hebben gehad is iets meer, dan van de planten zonder deze extra ijzergift. Bij deze pH is dus slechts een zeer gering gedeelte van het ijzer in oplossing geweest, ondanks de extra ijzergift. Naast ijzergebrek speelt bij deze pH ook de alkalische reactie een groote rol, die wortelbeschadiging ten gevolge heeft gehad. Deze beschadiging is tot uiting gekomen in de donkerbruine kleur en het eenigszins slijmerig worden van de wortels. Een zelfde wortelbeschadiging heeft s' Jacob ook bij boonen waargenomen.

Volgens Boas en Merkenschlager (1923) zou lupine het best groeien op gronden met een zwak zure reactie, volgens Arrhenius (1925) bij pH 4—6, terwijl volgens Trénel (1927) de optimale groei waarschijnlijk tusschen pH 4 en 5 plaats heeft. Olsen (1923) constateerde, dat gele lupine op watercultures bij pH 6 al chlorotisch werd. Hij heeft echter een voedingsoplossing gebruikt, waarin het fosphaat als  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  voorkwam, zoodat bij pH 6 reeds ijzergebrek moet zijn ontstaan, wat niet het geval geweest zou zijn, wanneer hij onoplosbare fosphaten genomen had. Voor de ontwikkeling van de knolbacteriën van lupine bij verschillende pH is door Fred en Davenport (1918) op kunstmatige voedingsbodems gevonden, dat de bacteriën het best bij neutrale reactie groeiden. Bij pH 3,2 konden de bacteriën nog juist groeien. Arrhenius (1925, 1926) geeft op, dat de vorming van wortelknolletjes van lupine het best is bij pH 6, iets minder bij pH 7, bij pH 5 en 8 aanmerkelijk minder, terwijl bij pH 4 geen knolletjes worden gevormd. Dit komt ongeveer overeen met wat bij de hierboven beschreven proeven is waargenomen, waarbij echter geen verschil in de knolontwikkeling tusschen de series met pH 6 en 7 te zien was.

### *Samenvatting.*

Uit de hierboven beschreven proeven is het volgende gebleken. Bij een sterk zure reactie (pH 3) wordt het blad spoedig geel en verschrompelt. De toppen verdrogen en de planten sterven kort

daarop af. De wortelgroei is zeer slecht en de wortels worden spoedig van een slijmerige, weke consistentie. Bij pH 4 sterven de meeste planten onder ongeveer dezelfde symptomen af. Hierbij worden de wortels zwart en tamelijk slijmerig. De groei bij pH 6 ( $\pm 6,2$ ) is slechts weinig minder dan bij pH 7 ( $\pm 6,9$ ). De optimale groei zal op von der Crone waarschijnlijk bij pH 6,5 plaats hebben. In zwak alkalisch milieu (pH  $\pm 7,3$ ) treden lichte symptomen van ijzergebrek op. De planten ontwikkelen zich veel minder krachtig dan bij pH 7. Bij pH 8 zijn de symptomen van ijzergebrek veel sterker en is de groei slecht. Verder worden de wortels donkerbruin en eenigszins slijmerig. Door toevoeging van Ferricitraat aan de oplossing wordt de groei iets verbeterd en is de chlorose veel minder sterk. Bij pH 9 sterven de planten spoedig af, nadat het blad sterk chlorotisch is geworden. De wortels blijven kort, worden donkerbruin en slijmerig. Toevoeging van Ferricitraat aan de oplossing heeft bij deze pH geen succes gehad.

## HOOFDSTUK III.

### CALCIUM

De door gebrek of overmaat van calcium veroorzaakte ziektesymptomen.

#### § 1. Literatuuroverzicht.

##### a. Calciumgebrek.

Symptomen van calciumgebrek zijn voor zeer veel planten beschreven. Men heeft gevonden, dat de wortelgroei bij calciumgebrek altijd zeer slecht is. Er worden weinig zijwortels gevormd, die meestal kort blijven, bruine toppen krijgen en daarna vaak geheel bruin worden. In de meeste gevallen sterven de planten vroegtijdig af, waarbij de spruiten vaak chlorotisch worden en de bladen soms bruine vlekken krijgen.

Wat de leguminosen betreft, zijn de gebreksverschijnselen voor erwten door s'Jacob (1927), Day (1929), Hibbard en Grigsby (1934) en Schropp en Zoller (1934), voor boonen door s'Jacob (1927) en Schropp en Zoller (1934) en voor lupine door Boas en Merkschlager (1923), Mevius (1927) en Schropp en Zoller (1934) beschreven. Volgens Boas en Merkschlager (1923) doen zich bij lupine in kalkvrij milieu de zwaarste vergiftigingsverschijnselen voor, die aan de kalium- en magnesiumionen zijn toe te schrijven, daar het ontgiftende calciumion ontbreekt. De wortels worden geheel gedesorganiseerd en zijwortels worden niet gevormd.

Sorokin en Sommer (1929) hebben voor erwten de histologische veranderingen in de worteltoppen tengevolge van calciumgebrek beschreven en Schneider (1935) de anatomische veranderingen in den stengel van Pelargonium. Schneider meent, dat er een betrekking bestaat tusschen calcium en het looizuur in de weefsels, daar bij calciumgebrek, onder invloed van het niet door calcium gebonden looizuur, een abnormale cambiumvorming

om de looistofcellen plaats heeft. Door verschillende onderzoekers is gevonden dat de hoeveelheid  $\text{CaCO}_3$  in den bodem van invloed is op het stikstofgehalte van de planten. Volgens Parker en Truog (1920) zou er een directe betrekking bestaan tusschen het calcium en stikstofgehalte van de planten. Ginsburg en Shive (1926) constateerden, dat bij sojaboonen het stikstofgehalte niet door calcium werd beïnvloed, wanneer  $\text{CaCl}_2$  of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  aan den bodem werd toegevoegd. Bij toediening van  $\text{CaCO}_3$  was echter het gehalte Ca en N in de planten hooger, dan wanneer de beide andere calciumzouten werden gebruikt. Een hoog stikstofgehalte van de planten ging samen met een lage pH van het milieu. Hieruit blijkt dus dat de pH hier ook een rol bij speelt. Door Ginsburg en Shive is verder ook nog een literatuuroverzicht gegeven over de onderzoekingen, die betrekking hebben op het verband tusschen het calcium en stikstofgehalte van planten.

Nightingale, cs. (1931) hebben bij tomaten waargenomen, dat bij calciumgebrek geen nitraten konden worden opgenomen. Verder ontstond een sterke ophooping van koolhydraten in de planten, omdat blijkbaar de assimilatie van nitraten niet plaats kon hebben. Ook Colby (1932, 1933) vond, dat jonge pruimenboomen bij calciumgebrek weinig  $\text{NO}_3$  opnamen. De nitraatopname werd echter ook sterk geremd door K-, Mg-, en P-gebrek. In een recente publicatie wijst Schneider (1935) op een door calciumgebrek verstoorde eiwitstofwisseling, daar hij bij in Ca-vrij milieu gekweekte Pelargonium een ophooping van zetmeel in de weefsels vond, terwijl een reactie op  $\text{NO}_3$  meestal negatief uitviel.

#### b. Calciumovermaat.

Speciaal gevoelig voor hoge kalkgiften zijn de z.g. kalkschuwe planten. Deze planten worden op kalkgronden spoedig chlorotisch en sterven daarna vaak af.

Over de oorzaak van deze kalkschuwheid bestaan verschillende opvattingen.

Verschillende oudere onderzoekers waren reeds van meening, dat de kalkschuwheid door ijzergebrek wordt veroorzaakt. Deze meening is in den loop der jaren telkens weer naar voren gebracht en ook telkens weer verworpen. Door Gris (1845), Sachs (1888), Gile (1911), Gile en Carrero (1916, 1920) en vooral Hiltner (1909, 1915) is aangetoond, dat na bespuiting van het chlorotische blad met een verdunde ijzeroplossing, de chlorose weer verdween. Gile (1911) toonde ook aan, dat de groei van ananas op kalkgrond weer normaal werd, wanneer hij de wortels in contact bracht met kristallen van  $\text{FeSO}_4$ . Gile en Carrero (1920) besluiten naar aanleiding van hun proeven met rijst, dat de „kalkchlorose” alleen toegeschreven moet worden aan een vermindering van de beschikbare hoeveelheid ijzer in kalkgrond.

Mazé (1914) meent, dat door veel  $\text{CaCO}_3$  het oplossend vermogen van de door kalkschuwe planten uitgescheiden stoffen wordt verminderd. Als gevolg hiervan zouden phosphorzuur, ijzer, mangaan, zink en silicium niet kunnen worden opgenomen.

Een andere opvatting is, dat door overmaat van kalk kaligebrek ontstaat. Volgens de kalk-kaliwet van Ehrenberg (1920) zal, wanneer een plant weinig kali krijgt en daarbij de kalkgift sterk wordt verhoogd, de kali-opname sterk teruggedrongen worden, waardoor een sterke beschadiging plaats heeft. Door ook de kalkgift te verhoogen, kan deze beschadiging worden voorkomen. Volgens Ehrenberg is deze wet speciaal op kalkschuwe planten van toepassing.

Hansteen-Cranner (1919) neemt aan, dat bij kalkschuwe planten het kalium uit de lipoiden van de plasmatische grenslagen door calcium wordt verdrongen, waardoor de opname van kalium en water wordt bemoeilijkt.

Uit de onderzoekingen van Gile en Carrero (1920), Mevius (1921), e.a. is echter gebleken, dat planten tengevolge van kaligebrek nooit chlorotisch worden.

De door verschillende onderzoekers geopperde veronderstelling, dat calcium voor kalkschuwe planten giftig is, wordt door de onderzoekingen van Mevius (1921, 1927) onwaarschijnlijk gemaakt, daar hieruit is gebleken, dat verschillende kalkschuwe planten veel kalk kunnen verdragen.

Volgens Mevius (1921, 1924) wordt de kalkschuwheid van verschillende *Sphagnaceae*, *Pinus Pinaster* en *Sarothamnus scoparius* alleen door de alkalische reactie van de oplossing veroorzaakt. Hierbij worden de wortelcellen door de verschillende in de oplossing aanwezige ionen overstroomd, waardoor een sterke beschadiging optreedt. Verder zouden ook nog de aard, het aantal en de verhouding van de verschillende in de oplossing aanwezige ionen een belangrijke rol bij de mate van beschadiging spelen. Bij *Pinus Pinaster* zou een tweede oorzaak van de kalkschuwheid ijzergebrek zijn.

#### De kalkschuwheid van gele lupine.

Over de kalkschuwheid van gele lupine zijn in den loop der jaren zeer veel publicaties verschenen. Uitvoerige literatuuroverzichten hierover zijn door Ehrenberg (1920), Burk (1926) en Scholz (1932) gegeven.

Pfeiffer en Blanck (1911) meenden oorspronkelijk, dat de kalkschuwheid van lupine op alkaligevoeligheid zou berusten. Bij latere onderzoekingen (1914) vonden ze echter dat de planten ook door gips chlorotisch werden. Hieruit concludeerden ze, dat een algemeene kalkwerking mede oorzaak van de kalkschuwheid was. Ook zagen ze, dat de vorming van wortelknolletjes door kalk sterk geremd werd. Dit alles bracht hun tot de opvatting, dat de

kalkschuwheid zeer gecompliceerd was, waarbij zeker meerdere factoren in het spel waren. Een van deze factoren zou een gebrekkige ijzeropname kunnen zijn. Later is hun oorspronkelijke meening, dat de kalkschuwheid van lupine in de eerste plaats met een alkaligevoeligheid zou samenhangen, door Pfeiffer en Simmermacher (1919) weer herroepen. De beschadiging van de wortelknolletjes werd door hen verder als een secundaire factor beschouwd.

Volgens Creydt (1915) zou de gevoeligheid van lupine voor kalk op een specifieke afkeer van deze plant tegen kalk berusten en niet door een algemeene gevoeligheid voor alkalisch reagerende voedingsstoffen te verklaren zijn. Bij zijn proeven heeft een alkalische bemesting juist gunstig, een zure bemesting schadelijk gewerkt. Verder vond hij ook, dat kalk een ongunstigen invloed op de knolbacteriën uitoefende. De reductie in de vorming van wortelknolletjes zag hij voor een secundaire factor aan, die het ziektebeeld versterkte. Von Seelhorst, cs. (1915) zagen daarentegen juist de schadelijke werking van kalk op de knolbacteriën voor de primaire oorzaak van de kalkschuwheid aan. Deze meening wordt echter door Hiltner (1915), Merckenschlager (1921) en de latere onderzoekers niet gedeeld.

Kappen en Zapfe (1919) waren geneigd om ijzergrek voor de oorzaak van de „kalkchlorose" aan te zien.

Merckenschlager (1921) heeft er op gewezen, dat lupine alleen in het jeugd stadium gevoelig is voor hoge kalkgiften. Op kalkarmen grond gekweekte lupine was na het uitputten van de cotylen geheel ongevoelig geworden voor hoge kalkgiften. De opvatting, dat bij de kalkschuwheid ijzergrek een rol zou kunnen spelen wees hij van de hand. Wel zou er een functioneele storing plaats hebben, die het ijzertransport zou verhinderen. Verder zou een gebrek aan minerale voedingsstoffen bij de kalkschuwheid geen rol spelen.

Von Wrangell (1922) heeft de oorzaak van de kalkschuwheid in fosphaatgebrek gezocht. Een fosphaatbemesting was echter niet voldoende om in het jeugd stadium de kalkschuwheid te onderdrukken.

Fischer (1923) meende dat kalk een directe schadelijke werking op lupine zou uitoefenen. Deze schadelijke werking kon door een kalibemesting sterk worden verminderd.

Volgens Boas en Merckenschlager (1923) treden de ziektesymptomen bij de vorming van het derde blad op. Eenige weken later beginnen de planten zich weer te herstellen. Gedurende het gevoelige jeugd stadium zou geen kali-, fosphaat- of ijzerbemesting helpen. Verder zouden niet alleen de carbonaten van calcium schadelijk zijn, maar ook de sulfaten, nitraten, chloriden en fosphaten. De kalkgevoeligheid zou aan het kat-ion gebonden zijn. Volgens hun hypothese doen de Ca-ionen de eiwitcolloïden

in de cotylen uitvlokken, waardoor de in de proteïnen gemaskeerd aanwezige ijzerverbindingen hun functie verliezen. Door het onwerkzaam maken van het ijzer zou de assimilatie geremd worden.

M e v i u s (1927) vond, dat gele lupine op een voedingsoplossing met 2 gr.  $\text{CaCO}_3$  per L., waarvan de pH 7,7 à 7,8 was, niet chlorotisch werd, wanneer hij lucht door de oplossing leidde. Wanneer hij dit niet deed werden alle planten chlorotisch. Witte lupine werd echter in beide gevallen chlorotisch. Hij meent, dat de „kalkchlorose” van lupine op watercultures door een neutrale tot alkalische reactie, door zuurstofgebrek, koolzuurophooping en vermoedelijk ook door lage temperatuur wordt bevorderd. Naar aanleiding hiervan besluit hij, dat een onvoldoende luchtvoorziening in kalkgrond tot „kalkchlorose” moet leiden.

Door D e n s c h e n S t e i n f a t t (1930) wordt de opvatting gehuldigd, dat de ziektesymptomen alleen optreden, wanneer vrije alkali-ionen in den bodem aanwezig zijn, of hierin makkelijk afgesplitst kunnen worden.

R e i n c k e (1930) heeft er op gewezen, dat de oudere onderzoekers onder de door te veel kalk veroorzaakte ziektesymptomen vaak de symptomen van 2 verschillende ziekten hebben samengevat, die na elkaar kunnen optreden. Het komt n.l. vaak voor, dat als het blad weer groen begint te worden, de planten aan stikstofgebrek gaan lijden. Beide ziekten treden echter geheel onafhankelijk van elkaar op. R e i n c k e vond verder ook, dat te veel kalk nadeelig werkte op de ontwikkeling van de knolletjes, wat echter niet van invloed was op de chlorose. Dat de alkalische reactie van den bodem de „kalkchlorose” zou veroorzaken, of een van de oorzaken hiervan zou zijn, leek hem ook zeer onwaarschijnlijk. Ook bleek uit zijn proeven niet, dat kali- of phosphorgebrek hiervan de oorzaak was. Het calcium zou eerst in de planten schadelijk gaan werken. Als gevolg van de sterke calciumconcentratie zou het ijzertransport uit de oudere naar de jongere bladen belemmerd worden. In de cotylen werd geen ijzer gebonden. Wanneer hij tegelijk met veel kalk extra stikstof gaf, werd het ziektebeeld versterkt.

S c h o l z (1932, 1933) heeft tenslotte aangetoond, dat de jeugdchlorose van lupine een echte ijzerchlorose is. Hij vond, dat door de te groote hoeveelheid kalk in den bodem de opname van ijzer door de wortels verhinderd werd. De schadelijke werking van kalk op de wortels was van de kalk-ijzerverhouding van den bodem afhankelijk. De oplosbaarheid van calcium en ijzer in den bodem zou dus van primair belang zijn voor de bestrijding van de kalkchlorose. Door een ijzerbemesting kon de schadelijke werking van kalk bijna geheel worden opgeheven. De hoeveelheid ijzer in de zaden van lupine was alleen voldoende tot aan de vorming van het 3de blad. Verder oefende het ontbreken van wortelknolletjes geen invloed uit op de jeugdchlorose. Ook oefende ijzergebrek een ongunstigen invloed uit op de vorming van wortelknolletjes. Evenals

Reincke (1930) e.a. was hij ook van meening, dat de pH geen invloed uitoefent op de chlorose.

Ook Triwosch (1933) vond, dat wanneer het ijzer in den bodem in een bepaalde verhouding tot het calcium stond, wat oplosbaarheid en hoeveelheid betreft, de chlorose verhinderd kon worden. De alkalische bodemreactie zou hierbij geen rol spelen. In een recente publicatie heeft Parsche (1936) de hypothese opgesteld, dat in lupine, die door veel kalk chlorotisch is geworden, zich ammoniak ophoopt, waardoor de reactie in de weefsels alkalisch en het ijzer onwerkzaam wordt gemaakt. Volgens hem wordt door een overmatige bemesting met  $\text{NH}_4$ -zouten dezelfde chlorose veroorzaakt als door kalkovermaat. Zijn proeven leveren echter niet voldoende bewijskracht om zijn hypothese te staven.

### c. De antagonistische werking tusschen calcium en andere kationen.

Door verschillende onderzoekers is een antagonistische werking tusschen calcium en andere kationen waargenomen, zooals tusschen calcium en magnesium, calcium en kalium, enz. De literatuur hierover is door Mes (1930) besproken, terwijl door de Jager (1933) een overzicht is gegeven van de verschillende opvattingen over de plaats, waar de eigenlijke antagonistische werking optreedt.

Volgens Loew (1932) is voor leguminosen de gunstigste Ca—Mg-verhouding 3 : 1. Door verhooging van de magnesiumgift neemt de opbrengst af, omdat het magnesium niet voldoende onschadelijk gemaakt kan worden door het calcium. Verhoogt men de hoeveelheid calcium, dan wordt de opbrengst minder, doordat de phosphorzuurassimilatie belemmerd wordt. De verhouding Ca—Mg noemt Loew de kalkfactor.

## § 2. Eigen onderzoek.

Om de ziektesymptomen bij gele lupine door te weinig of te veel calcium veroorzaakt, op watercultures te bestudeeren, werden 9 verschillende oplossingen samengesteld, die in tabel II zijn opgenomen.

Op 1 Juni 1935 werden de planten op de oplossingen overgebracht. Van de series op de oplossingen II, III, IV en V werd de eene helft van het aantal planten bij zwak zure en de andere helft bij zwak alkalische reactie gekweekt, van de serie op oplossing VI de eene helft bij neutrale reactie en de andere helft bij zwak zure reactie en alle overige series bij zwak zure reactie. Het gedrag van de planten op de verschillende oplossingen zal hieronder voor iedere oplossing afzonderlijk worden besproken.

Oplossing I (weinig calcium, 8 planten, pH 6,5—6,9).

De planten bleven spoedig in ontwikkeling achter bij de con-



TABEL II.  
Calciumproeven  
concentraties in mgr. per L. (en m.mol)

	weinig Ca			veel onoplosbaar Ca					veel oplosbaar Ca			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX			
KNO <sub>3</sub>	1000 (9.88)	1000 (9.88)	1000 (9.88)	1000 (9.88)	1000 (9.88)	490 (4.84)	350 (3.46)	490 (4.84)	490 (4.84)			
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 4 H <sub>2</sub> O						600 (2.54)	800 (3.38)	600 (2.54)	600 (2.54)			
CaSO <sub>4</sub> , 2 H <sub>2</sub> O		500 (2.90)	3940 (22.8)	500 (2.90)								
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>		250 (0.81)	250 (0.81)	2320 (7.49)								
CaCO <sub>3</sub>		2000 (20.0)			2000 (20.0)							
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	20 (0.08)							300 (1.19)	300 (1.19)			
MgSO <sub>4</sub> , 7 H <sub>2</sub> O	600 (2.44)	500 (2.03)	500 (2.03)	500 (2.03)	500 (2.03)	500 (2.03)	500 (2.03)	500 (2.03)	500 (2.03)			
FeCl <sub>3</sub> , 6 H <sub>2</sub> O	540 (1.51)	250 (0.70)	250 (0.70)	250 (0.70)	50 (0.18)	50 (0.18)	50 (0.18)	50 (0.18)	50 (0.18)			
Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>												
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>					270 (1.55)	270 (1.55)	270 (1.55)	270 (1.55)	270 (1.55)			
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>					310 (1.78)	310 (1.78)	600 (3.44)	420 (3.08)	420 (3.08)			
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>												

De Opl. II, III en IV bevatten evenveel Ca; verder werd de Kaliumconcentratie in Opl. V, de SO<sub>4</sub>-concentratie in oplossing VII en PO<sub>4</sub>-concentratie in oplossing VIII en IX verhoogd.

trôleplanten op von der Crone. De wortelgroei was slecht; de worteltoppen werden spoedig roodbruin en stierven daarna af. Op verschillende plaatsen van de zijwortels ontstonden roodbruine ringen (zie afbeelding I, op pag. 46). De meeste zijwortels bleven tamelijk kort en dun, terwijl ook enkele vrij lang en dun werden (zie afbeelding II, op pag. 46). Ook werden er betrekkelijk weinig knolletjes gevormd. Op den duur werden alle wortels zwart. Het oudere blad werd spoedig iets chlorotisch, doch na ongeveer een maand was de chlorose bij de meeste planten geheel weggetrokken. Twee planten bleven chlorotisch en groeiden zeer slecht. Na  $\pm$  6 weken waren deze planten afgestorven. Van de overige planten ontwikkelden 3 zich vrij goed en de rest vrij slecht, doch de bladkleur van alle planten bleef verder normaal. Na  $\pm$  2 maanden waren alle overgebleven planten in bloei.

Oplossing II (veel  $\text{CaCO}_3$ ).

a. Zwak alkalische reactie (5 planten, pH 7,8—7,4).

Al spoedig werden alle planten vrij sterk chlorotisch. De blaadjes werden licht geel, terwijl de hoofdnerf een tijdlang groen bleven. Ook de spruiten kregen spoedig een lichtgele kleur. De planten groeiden zeer slecht. Al het blad werd op den duur sterk chlorotisch en verschrompelde. De stengeltoppen verdroogden en na  $\pm$  2 maanden waren alle planten afgestorven. De wortels hadden zich slecht ontwikkeld. De zijwortels waren gering in aantal en op enkele abnormaal lange na, kort en dun. De hoofdwortel was donkerbruin en de zijwortels waren geel geworden. Wortelknolletjes kwamen vrijwel niet voor. Ditzelfde worteltype komt ook bij planten met ijzergebrek voor (zie afbeelding IV op pag. 46).

b. Zwak zure reactie. (5 planten, pH 6,9).

De pH liep voortdurend op en werd dagelijks met HCl op 6,9 teruggebracht. In het begin groeiden alle planten zeer goed. Na een maand stonden deze planten er aanmerkelijk beter bij, dan de planten, die bij zwak alkalische reactie werden gekweekt. Het verschil in ontwikkeling tusschen de planten van deze 2 series is op foto 2 duidelijk te zien. Na 6 weken werden echter ook de planten in zwak zuur milieu licht chlorotisch en groeiden hierna vrijwel niet meer. Een plant werd kort voor den bloei door *Fusarium* geïnfecteerd en stierf snel af. De overige planten kwamen nog in bloei, doch slechts bij een plant werden enkele zeer kleine peulen gevormd, die echter spoedig afvielen. De wortels hadden zich ook vrij slecht ontwikkeld. Het aantal wortelknolletjes was vrij gering. Ook deze wortels waren min of meer van het „type ijzergebrek”.

In aansluiting op deze proeven werden 7 planten, die eerst op von der Crone waren gekweekt en zich hierop goed hadden ontwikkeld, na 5 weken op oplossing II overgebracht. De pH

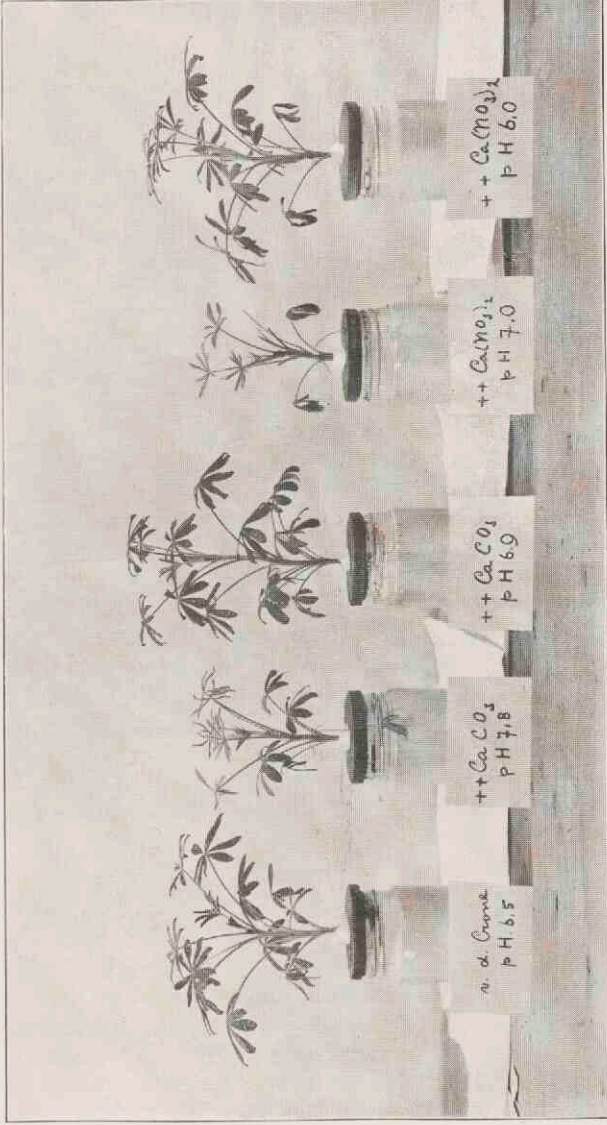


Photo 2. — From left to right: v. d. Crone sol.; sol. II on pH 7,8 and 6,9; sol. VI on pH 7,0 and 6,0.

liep bij deze planten in 14 dagen van 7,8 steeds terug tot  $\pm 7,1$ . Na een maand waren 2 planten vrij sterk en de overige planten licht chlorotisch geworden. Bij het beëindigen van de proeven waren deze planten ook iets minder krachtig ontwikkeld dan de contrôleplanten. Ook de wortels waren iets minder krachtig ontwikkeld, doch hieraan was verder niets bijzonders waar te nemen.

Oplossing III (veel  $\text{CaSO}_4$ ).

a. Zwak alkalische reactie. (5 planten, pH 7,6—7,1).

De planten ontwikkelden zich vrij goed. Na 7 weken werd 1 plant sterk chlorotisch en stierf kort daarop af. De overige planten werden niet chlorotisch, doch ontwikkelden zich op den duur minder goed, dan de planten, die bij zwak zure reactie werden gekweekt.

De wortels waren iets beter ontwikkeld, dan die van de serie met veel  $\text{CaCO}_3$  (pH 7,8), doch overigens van dezelfde habitus en wit van kleur. Ook werden er betrekkelijk weinig knolletjes gevormd.

b. Zwak zure reactie. (5 planten, pH 6,9).

De pH liep slechts weinig op en werd om de 2 à 3 dagen op 6,9 teruggebracht.

Alle planten groeiden in het begin goed. Een plant moest spoedig opgeruimd worden, daar hiervan het vegetatiepunt werd beschadigd. Na 2 maanden werd 1 van de 4 overgebleven planten sterk chlorotisch en stierf kort daarop af. De wortels hiervan waren vrij slecht ontwikkeld (type ijzerebrek). Van de 3 overige planten waren 2 bij het afsluiten van de proef even goed ontwikkeld als de contrôleplanten. Ook de wortels waren vrij goed ontwikkeld, wit gekleurd en ongeveer van dezelfde habitus als die van de contrôleplanten. Ook waren er vrij veel wortelknolletjes gevormd. De derde plant was op den duur in ontwikkeling achtergebleven bij de andere 2, doch deze plant werd ook niet chlorotisch. De wortels hiervan waren slecht ontwikkeld (type ijzerebrek).

Oplossing IV. (veel  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ).

a. Zwak alkalische reactie. (5 planten, pH 7,5—7,1).

Aanvankelijk groeiden de planten goed, doch na 3 weken werden 3 planten vrij sterk chlorotisch. De wortels groeiden vrijwel niet verder en werden donkerbruin. Na 6 weken waren deze planten sterk chlorotisch geworden, de stengeltoppen verdroogden en kort daarop waren de planten afgestorven. Van de 2 overgebleven planten groeide een zeer goed en de andere vrij slecht. Van de plant, die het best groeide, waren de wortels ongeveer even goed ontwikkeld als die van de contrôleplanten en wit van kleur. Ook de wortelknolletjes hadden zich goed ontwikkeld. De minder goede plant werd zwak chlorotisch. Het wortelstelsel was slecht ontwik-

keld (type ijzergebrek). Het aantal knolletjes was vrij gering.

b. **Z w a k z u r e r e a c t i e.** (5 planten, pH 6,9).

De pH bleef tamelijk constant en werd om de 2 à 3 dagen op 6,9 teruggebracht.

Alle planten groeiden in het begin goed. Na een maand werden 2 planten sterk chlorotisch. De wortels groeiden zeer slecht en werden donkerbruin. Deze planten waren 3 weken later afgestorven. De overige 3 planten groeiden na eenige weken vrijwel niet meer, doch werden niet chlorotisch. De wortels waren slecht ontwikkeld, vrij lang en wit. Het aantal knolletjes was echter vrij groot.

Oplossing V. (veel  $\text{CaCO}_3$  + extra Kali).

a. **Z w a k a l k a l i s c h e r e a c t i e.** (5 planten, pH 7,8—7,3).

De planten werden spoedig zeer sterk chlorotisch, de stengeltoppen verdroogden en na een maand waren alle planten afgestorven. De wortels waren zeer slecht gegroeid (Type ijzergebrek, afb. IV, pag. 46). De kleur van de wortels was donkerbruin geworden. Wortelknolletjes waren nog niet gevormd.

b. **Z w a k z u r e r e a c t i e** (5 planten, ph. 6,9).

De pH liep voortdurend op en werd dagelijks op 6,9 teruggebracht.

Deze planten werden iets later chlorotisch, doch gedroegen zich verder geheel overeenkomstig de planten, die bij zwak alkalische reactie werden gekweekt. Na 7 weken waren alle planten afgestorven.

Oplossing VI. (veel  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

a. **N e u t r a l e r e a c t i e** (5 planten, pH 7,2—7,0).

De planten groeiden slecht en werden na 3 weken sterk chlorotisch. Na 5 weken waren alle planten afgestorven. De wortels waren slecht gegroeid (type ijzergebrek) en donkerbruin geworden. Knolletjes waren nog niet gevormd.

b. **Z w a k z u r e r e a c t i e** (5 planten, pH 6,0).

De pH bleef tamelijk constant en werd om de 2 à 3 dagen op 6,0 teruggebracht.

Alle planten groeiden in het begin vrij goed. Na 4 weken stonden deze planten er beduidend beter bij dan de planten, die bij neutrale reactie werden gekweekt, zoals op foto 2 duidelijk is te zien. Na 5 weken werd echter het blad van 4 planten vrij sterk chlorotisch. Vanaf dit oogenblik groeiden deze planten vrijwel niet meer; de stengeltoppen verdroogden en na 7 weken waren alle 4 planten afgestorven. De wortels waren donkerbruin geworden en hadden zich vrij slecht ontwikkeld (type ijzergebrek). Wortel-

knolletjes kwamen niet voor. De eenige overgebleven plant groeide langzaam door en kwam nog in bloei. Kort voor den bloei werd deze plant licht chlorotisch. De wortels waren vrij slecht ontwikkeld, lichtbruin gekleurd, met vrij veel knolletjes, doch overigens van hetzelfde type als van de afgestorven planten van deze serie.

Oplossing VII (veel  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  + veel sulfaat).

De serie bestond uit 8 planten pH 6,5—6,7. De planten groeiden in de eerste 3 weken vrij goed. Daarna werd het blad chlorotisch; de planten gingen langzaam groeien en na 6 weken stond de heele serie er slecht bij. Na 7 weken waren alle planten afgestorven. De wortels waren bruin geworden, slecht ontwikkeld, met vrij lange, dunne zijwortels. Wortelknolletjes kwamen niet voor.

Oplossing VIII en IX (veel  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  + veel fosfaat).

Beide series bestonden uit 8 planten (pH 6,5).

Het eenige verschil tusschen deze 2 oplossingen was, dat in oplossing VIII het ijzer als  $\text{FeCl}_3$  en in oplossing IX als  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  werd gegeven. In den loop van 14 dagen veranderde de pH vrijwel niet.

Na 14 dagen begonnen alle planten van beide series sterk chlorotisch te worden. Hierna werd de pH van de helft van elke serie op 6,0 gebracht, om te zien, of de chlorose in een zuurder milieu zou verdwijnen, doch dit bleek niet het geval te zijn. Na 3 weken begonnen de stengeltoppen te verdrogen en na 4 weken waren alle planten van beide series afgestorven. De wortels waren donkerbruin geworden en slecht ontwikkeld (type ijzergebrek). Wortelknolletjes hadden zich nog niet ontwikkeld.

Op 15 Augustus, dus na  $\pm 10$  weken, werden de proeven beëindigd en de drooggewichten bepaald. (Zie tabel III). Daar de cijfers voor de opl. II t/m VI uit te weinig materiaal zijn verkregen, kan hieraan ook maar weinig waarde worden gehecht. Slechts volledigheidshalve zijn deze cijfers aan de tabel toegevoegd.

Het drooggewicht van de planten, die aan calciumgebrek leden, is veel kleiner, dan van de contrôleplanten. Verder komen de bij calciumgebrek waargenomen symptomen niet overeen met de door Mevius (1927) en Schropp en Zoller (1934) beschreven verschijnselen van Ca-gebrek. Volgens Mevius wordt het bladoppervlak van gele lupine geelgroen, terwijl de hoofdnerf donkergroen blijft. Hierbij moet worden opgemerkt, dat de pH van de oplossing van Mevius 7,6 à 7,7 is geweest, zoodat zijn planten waarschijnlijk ook nog aan ijzergebrek geleden hebben. Bovendien heeft hij met een voedingsoplossing gewerkt, waarin behalve 2 mgr.  $\text{CaCO}_3$  alleen 250 mgr.  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  per L. voorkwam, waaraan dus ook nog kalium, magnesium en stikstof ontbraken. Op grond hiervan mogen de waar-

genomen symptomen niet aan calciumgebrek alleen worden toegeschreven. Verder heeft Mevius bij zijn proeven waargenomen, dat de wortels vrij lang en dun waren en dat wortelharen sporadisch voorkwamen. Schropp en Zoller hebben gevonden, dat gele lupine na een maand was afgestorven op een voedingsoplossing zonder calcium, waarbij de wortels in het geheel niet gegroeid waren. Zij maakten hierbij gebruik van een door Merckenschlager (1927) voor calciumgebrek gewijzigde v. d. Crone-oplossing. In deze oplossing komt echter 250 mgr.  $K_2HPO_4$  voor, zoodat bij deze proeven ook ijzergebrek een rol heeft gespeeld (zie hoofdstuk IV). Dat bij mijn proeven de meeste planten nog een volledige vegetatie-

TABEL III.

Oplossing	GEM. DROOGGEWICHT IN GR.			aantal planten
	bovengrondsche deelen	wortels	geheele plant	
v. d. Crone	$2.01 \pm 0.23$	$0.71 \pm 0.11$	$2.72 \pm 0.33$	7
id. , doch na 5 weken opl. II	$1.46 \pm 0.15$	$0.56 \pm 0.08$	$2.02 \pm 0.23$	7
I (Ca-gebrek)	$1.07 \pm 0.21$	$0.35 \pm 0.06$	$1.42 \pm 0.27$	6
II, zwak zuur	$0.59 \pm 0.12$	$0.29 \pm 0.04$	$0.88 \pm 0.16$	4
III } zw. alk.	$1.11 \pm 0.14$	$0.41 \pm 0.04$	$1.52 \pm 0.17$	4
	$1.43 \pm 0.31$	$0.51 \pm 0.10$	$1.94 \pm 0.41$	3
IV } zw. alk.	$1.77 \pm 0.60$	$0.76 \pm 0.31$	$2.53 \pm 0.91$	2
	$0.76 \pm 0.24$	$0.40 \pm 0.09$	$1.16 \pm 0.33$	3
VI	1,36	0,40	1,76	1

periode hebben kunnen doormaken komt, doordat aan de voedingsoplossing 20 mgr.  $Ca(H_2PO_4)_2$  per L. werd toegevoegd, terwijl verder in het leidingwater nog 38 mg CaO per L. aanwezig was. Het is natuurlijk zeer goed mogelijk, dat alle planten bij absoluut Ca-gebrek vroegtijdig afgestorven zouden zijn. Bij mijn proeven is dit slechts met 2 planten het geval geweest.

Uit de proeven met veel  $CaCO_3$  is gebleken, dat de planten spoedig sterk chlorotisch worden en hierna afsterven, wanneer de reactie van de voedingsoplossing zwak alkalisch blijft. Wanneer echter de reactie zwak zuur wordt gemaakt, worden de planten veel later chlorotisch en hoewel de groei gedurende de verdere ontwikkeling slecht is, zijn de meeste planten toch nog in staat om een volledige vegetatieperiode door te maken.

Wanneer de planten in een later stadium veel  $CaCO_3$  krijgen, heeft ook een lichte tot vrij sterke chlorose plaats. De planten sterven dan echter niet af, doch wel vermindert het gewicht iets. Verder blijkt hierbij, dat oudere planten veel beter in staat zijn om de

pH van de voedingsoplossing te veranderen, dan jonge planten. De oorspronkelijke pH werd door oudere planten steeds van 7,8 op  $\pm 7,1$  teruggebracht; door jonge planten tot 7,4. Deze factor zou ook een rol kunnen spelen bij de kalkschuwheid, daar het zeer goed mogelijk zou kunnen zijn, dat de planten op iets ouderen leeftijd de pH van de directe omgeving zoodanig kunnen veranderen, dat ze de beschikking krijgen over voldoende ijzer, waardoor de kalkschuwheid overwonnen kan worden.

Door Mevius (1927) is er op gewezen, dat planten op watercultures veel makkelijker chlorotisch worden, dan in den grond, waarin meestal makkelijk opneembare ijzerverbindingen aanwezig zijn. In verband hiermee is het ook te begrijpen, dat lupine op watercultures de jeugdchlorose niet te boven komt.

Een overmaat van  $\text{CaSO}_4$  of  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  heeft lang zoo schadelijk niet gewerkt als  $\text{CaCO}_3$ . Bij de proeven met veel  $\text{CaSO}_4$  waren bij pH 6,9 twee van de drie overlevende planten veel krachtiger ontwikkeld, dan de 4 overgebleven planten bij pH 7,1. Bij de proeven met veel  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  daarentegen waren juist de 2 overlevende planten bij pH 7,1 beter ontwikkeld dan de 3 overgebleven planten bij pH 6,9. Het is niet onmogelijk, dat de planten bij zwak zure reactie ook nog een nadeeligen invloed van te veel fosfaat hebben ondervonden, doordat hierdoor de dissociatie van het ijzerfosfaat werd teruggedrongen, waardoor het ijzergebrek zich nog sterker deed gelden. Er zijn echter veel meer proeven noodig, om uit te maken, welke rol de pH speelt bij de werking van  $\text{CaSO}_4$  en  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Uit de verschillende proeven is ook gebleken, dat  $\text{CaCO}_3$  niet alleen door de alkalische reactie schadelijk werkt, daar  $\text{CaCO}_3$  bij pH 6,9 ongunstiger heeft gewerkt, dan  $\text{CaSO}_4$  of  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  bij pH 7,1.

Verder is ook nog gebleken, dat wanneer in een oplossing met veel calcium de fosfaatgift werd verhoogd, in den vorm van oplosbaar fosfaat, de ziektesymptomen versterkt werden en de planten sneller afstierven dan zonder deze extra fosfaatgift. Ook een verhooging van de kaliconcentratie in de oplossing met veel calcium heeft een ongunstigen invloed uitgeoefend. Daar echter een gedeelte van de extra kaligift als  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  werd gegeven, zou een eventueele gunstige werking van kalium door het oplosbaar fosfaat te niet gedaan kunnen zijn. Daarom werd op 26 Juli 1935 nog de volgende proef aangezet.

6 planten werden op een von der Crone-oplossing gekweekt, waaraan 2 gr.  $\text{CaCO}_3$  en 0,5 gr.  $\text{K}_2\text{SO}_4$  per L. extra waren toegevoegd. De pH liep in 14 dagen van 7,8 terug tot  $\pm 7,3$ .

Ook deze planten werden spoedig chlorotisch en waren na 7 weken afgestorven. De wortels waren ook slecht ontwikkeld, donkerbruin, met weinig knolletjes (type ijzergebrek).

Hieruit is dus gebleken, dat de schadelijke werking van veel



$\text{CaCO}_3$  niet door verhooging van de kaligift kan worden opgeheven.

Om te zien, of in een iets zuurder milieu de chlorose ook nog op zou treden, werden op 26 Juli 5 planten op oplossing II gebracht, waarvan de pH op 6,5 werd gehouden. In het begin groeiden alle planten goed. Na een maand bleven 2 planten sterk in ontwikkeling achter bij de overige planten. Deze planten werden echter niet chlorotisch. De 3 overige planten ontwikkelden zich bijna even goed als de contrôleplanten. Ook de wortels waren slechts iets minder goed ontwikkeld en hadden talrijke knolletjes. De 2 minder goede planten hadden slecht ontwikkelde wortels, met betrekkelijk weinig knolletjes. Het ijzergebrektype was hier niet uit te halen. Op ult. Oct. werd deze proef beëindigd en het gem. drooggewicht bepaald, dat in tabel IIIa is opgenomen.

TABEL IIIa.

	GEM. DROOGGEWICHT IN GR.			aantal
	bovengr. deelen	wortels	geheele plant	
v. d. Crone	3,60 ± 0,08	1,41 ± 0,02	5,01 ± 0,10	5
veel $\text{CaCO}_3$ goede pl.	3,18 ± 0,14	1,29 ± 0,07	4,47 ± 0,21	3
.. .. slechte pl.	1,62 ± 0,31	0,61 ± 0,10	2,23 ± 0,40	2

Uit deze proef is dus te zien, dat de pH bij de chlorose een groote rol speelt. Dit is in strijd met de opvatting van Merckenschlager, Reincke, Scholz, Triwosch e.a. (zie literatuuroverzicht). De opvatting van deze onderzoekers wordt echter niet door hun proeven bevestigd. Bovendien is het zeer moeilijk om in den grond de pH in de directe omgeving van de wortels te meten. Uit de proeven van Mevius (1927) zou men ook den indruk krijgen, dat de reactie geen rol speelt bij de chlorose van gele lupine, daar zijn planten bij pH 7,7—7,8 niet chlorotisch werden, wanneer hij lucht door de oplossing leidde. Hij heeft zijn proeven echter niet lang genoeg voortgezet, zoodat hieruit moeilijk conclusies te trekken zijn.

Om uit te maken, of de ziektesymptomen, die bij een hooge  $\text{CaCO}_3$ gift optreden, door ijzergebrek worden veroorzaakt, werd op 25 Augustus 1935 de volgende proef aangezet. 3 series van 8 planten kregen resp. v. d. Crone (pH 6,5—6,9), v. d. Crone + 2 gr.  $\text{CaCO}_3$  per L. (pH 7,8—7,4) en v. d. Crone + 2 gr.  $\text{CaCO}_3$  + 0,1 gr. ijzercitraat per L. (pH 7,8—7,4).

Van de serie op v. d. Crone + 2 gr.  $\text{CaCO}_3$  werden alle planten spoedig sterk chlorotisch. Na 3 weken werd de concentratie  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  in de voedingsoplossing van 0,25 op 1 gr. per L. gebracht. Dit had geen invloed op de pH. Reeds na een paar dagen

begonnen de blaadjes en jonge spruiten weer groen te worden en na ruim een week was de chlorose geheel verdwenen. De planten begonnen daarna ook weer goed te groeien.

De serie met 2 gr.  $\text{CaCO}_3$  en 0,1 gr. Fe-citraat werd in het geheel niet chlorotisch. Het blad was zelfs donkerder groen dan van de contrôle-planten. Het merkwaardige was dat deze planten zeer langzaam groeiden en na een maand ongeveer 2 maal zoo klein waren als de contrôle-planten. De planten stonden er overigens goed bij.

Na 10 weken, op 10 November, werd deze proef afgebroken, omdat alle planten toen vrijwel niet meer groeiden.

Het best ontwikkeld waren de contrôleplanten, daarna volgden de planten met veel  $\text{CaCO}_3$  en  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  en ten slotte de planten met veel  $\text{CaCO}_3$  en Fe-citraat. De wortels van alle planten waren goed ontwikkeld. Van de serie, die later meer  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  had gekregen, waren de wortels slechts iets minder goed ontwikkeld dan van de contrôleplanten. De wortels van de serie met Fe-citraat waren korter en sterker vertakt dan van de contrôleplanten. Verder hadden de contrôleplanten ook de meeste knolletjes.

Uit deze proeven is dus gebleken, dat ijzergebrek de oorzaak van de chlorose is. De „kalkchlorose” is dus niets anders dan een ijzerchlorose. Door deze proeven wordt dus voor watercultures bevestigd, wat door Scholz (1932) voor potcultures is aangetoond.

Alvorens tot de samenvatting over te gaan, moet nog worden opgemerkt, dat alle chlorotische verschijnselen, die zich tengevolge van te veel calcium voordeden, steeds dezelfde waren, n.l. zooals voor veel  $\text{CaCO}_3$  is beschreven.

### *Samenvatting.*

Uit de in dit hoofdstuk beschreven proeven is dus het volgende gebleken. Bij weinig Calcium is de wortel- en spruitgroei slecht. De worteltoppen worden spoedig rood-bruin en sterven daarna af. Verder ontstaan op verschillende plaatsen van de zijwortels rood-bruine ringen (zie afb. I op pag. 46). De meeste zijwortels zijn tamelijk kort en dun, terwijl hiernaast ook enkele vrij lange dunne zijwortels voorkomen (zie afbeelding II op pag. 46). Op den duur worden alle wortels zwart. Het oudere blad wordt eerst iets chlorotisch, doch deze chlorose verdwijnt bij de meeste planten spoedig weer, waarna aan het blad verder geen bijzondere symptomen zijn waar te nemen.

Bij veel  $\text{CaCO}_3$  worden de planten spoedig sterk chlorotisch, waarbij alleen de hoofdnerfen een tijdlang nog groen blijven. Hierna verschrompelen de bladen; vervolgens verdrogen de stengeltoppen en ten slotte sterven de planten af. De wortels hebben dezelfde habitus als die van planten, welke aan ijzergebrek lijden (zie afb. IV op pag. 46). Door de pH van de voedingsoplossing op 6,5 te

houden, kan de door  $\text{CaCO}_3$  veroorzaakte chlorose worden voorkomen. Veel  $\text{CaSO}_4$  en  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  zijn bij dezelfde pH minder schadelijk dan  $\text{CaCO}_3$ . Door in de voedingsoplossing de fosfaat- of kaliconcentratie te verhogen, kan de chlorose niet voorkomen worden. Door de oplosbare fosphaten worden de ziektesymptomen versterkt en sterven de planten sneller af. Door de concentratie  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  in de oplossing te verhogen, of door ijzercitraat aan de oplossing toe te voegen, kan de chlorose geheel voorkomen worden. De „kalkchlorose“ is dus een echte ijzerchlorose.

## HOOFDSTUK IV.

### PHOSPHOR.

De door gebrek of overmaat van Phosphor veroorzaakte ziektesymptomen.

#### § 1. Literatuuroverzicht.

##### a. Phosphorgebrek.

De literatuur over de symptomen van phosphorgebrek is door Merkenschlager (in Sorauer 1933, pag. 237) en Schropp en Zoller (1934) uitvoerig besproken, zoodat hierop slechts in het kort zal worden ingegaan.

Roemer en Wimmer (1907) namen bij suikerbieten rood- tot zwartbruine verkleuringen aan de bladranden waar, Möller (1904) bij Pinuszaailingen een blauwroode tot violette verkleuring van de naalden, Mitscherlich (1914) en Merkenschlager (1927) bij haver een roode verkleuring van het blad, s' Jacob (1927) bij Phaseolus rood- tot donkerbruine bladvlekken, Mes (1930) bij tabak witte, donker- of roodbruine ronde vlekken.

Volgens Meyer (1929) zijn tomaten zeer goede indicatoren voor phosphorgebrek, daar de gebrekssymptomen heel typisch zijn en spoedig zichtbaar worden. Hierbij zijn de cotylen onder een scherpe hoek naar boven gericht („Starrtracht”), waarbij de bovenkant donkergroen en de onderkant sterk violetrood gekleurd wordt.

Door verschillende onderzoekers zooals Roemer en Wimmer (1907), Meyer (1929), Merkenschlager (1932), Schropp en Zoller (1934), e.a. is waargenomen, dat bij phosphorgebrek de bladkleur donkergroen wordt. Merkenschlager heeft dit „Hyperchlorophyllierung” genoemd. Verder heeft hij gewezen op een laten bloei- en rijpingstijd tengevolge van phosphorgebrek.

Volgens verschillende onderzoekers, zooals Turner (1929), Teakle (1929), Mes (1930) en Schropp en Zoller (1934)

worden de wortels van verschillende planten bij afwezigheid van fosfor zeer lang. Hartman en Powers (1928) en Brenchley (1929) hebben daarentegen gevonden, dat zonder fosfor vrijwel geen wortelgroei plaats heeft. Brenchley (1929) heeft waargenomen, dat fosfor speciaal belangrijk is voor de wortelvorming van gerst gedurende de eerste 4 weken. Wanneer de planten gedurende de eerste 6 weken geen fosfor kregen, werd het wortelstelsel niet meer normaal.

Volgens Kreyzi (1932) is bij haver de fosphaatopname evenredig met het wortelgewicht. Het drooggewicht van de wortels zou een maatstaf zijn voor de fosphaatopname.

#### b. Phosphorovermaat.

Uit de praktijk zijn ziektesymptomen tengevolge van phosphorovermaat, voor zoover mij bekend, haast niet beschreven. Chupp (1930) vermeldt, dat een sterke superphosphaatbemesting „tip burn” van kool in sterke mate doet toenemen. Volgens de algemeene opvatting wordt door veel phosphor de bloei en rijping vervroegd. Door verschillende onderzoekers, o.a. Parker (1927), Pierre en Parker (1927), Parker en Pierre (1928), von Wrangell (1926, 1930), Tidmore (1930) is gevonden, dat phosphor in het bodemvocht slechts in zeer geringe concentratie voorkomt. Behalve von Wrangell konden deze onderzoekers met de lage fosphaatconcentraties, zooals die in het bodemvocht voorkomen, op watercultures geen normale plantengroei krijgen. Omtrent de verschillende opvattingen over de wijze, waarop het fosphaat uit den bodem door de planten wordt opgenomen, heeft van den Honert (1933) een vrij uitvoerig overzicht gegeven. Over den invloed van de pH op de fosphaatopname is in hoofdstuk II reeds e.e.a. gezegd. Volgens Pfeiffer en Simmermacher (1916), von Wrangell (1926) en Emmert en Ball (1933) wordt de fosphaatopname ook door het watergehalte van den grond beïnvloed.

In den grond komt phosphor in organische en anorganische, oplosbare en onoplosbare verbindingen voor. Volgens Whiting en Heck (1926) en Heck en Whiting (1927) zouden de planten zowel organische als anorganische phosphorverbindingen kunnen opnemen. Bij hun proeven dienden zij het organisch fosphaat in den vorm van phytine toe. Pierre en Parker (1927) hebben echter gevonden, dat de wortels geen organische phosphorverbindingen konden opnemen.

Uit de onderzoekingen van Prianschnikow (1911), von Wrangell (1920, 1922) e.a. is gebleken, dat de oplosbaarheid van de bodemphosphaten door kalk wordt verminderd. Hierbij speelt de pH ook een rol. Teakle (1928) heeft den invloed van de pH op de oplosbaarheid van verschillende phosphaten in den bodem onderzocht. De fosphaatconcentratie in het bodemvocht

zou steeds laag blijven, doordat bij verschillende bodemreacties telkens weer andere onoplosbare fosphaten zouden worden gevormd, bijv. van aluminium, ijzer, mangaan en calcium. Talrijke publicaties zijn voorts nog verschenen over de werkzaamheid van verschillende fosphaatmeststoffen en de factoren, die hierop van invloed zijn. Hierop zal niet nader worden ingegaan.

Reeds door von der Crone (1904) is waargenomen, dat verschillende planten op watercultures chlorotisch worden, wanneer oplosbare fosphaten in de voedingsoplossing aanwezig zijn. Wanneer hij phosphor, of phosphor en ijzer uit de voedingsoplossing weglief, bleven de planten groen. Oorspronkelijk meende hij, dat de chlorose door ijzergebrek werd veroorzaakt, doch later was hij van meening, dat het oplosbaar fosphaat hiervan de oorzaak was. Door het fosphaat als  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  en  $\text{Fe}_4(\text{PO}_3)_2$  te geven, kreeg hij zeer krachtige planten, die niet chlorotisch werden. De opvatting van von der Crone is door Benecke (1909) en Appel (1918) bestreden. Deze onderzoekers waren van meening, dat door de oplosbare fosphaten het ijzer geheel onoplosbaar werd, zoodat de chlorose door ijzergebrek werd veroorzaakt. Arndt (1926) vond, dat *Lupinus albus* chlorotisch werd, wanneer de concentratie oplosbaar fosphaat in de voedingsoplossing hoog was. Mes (1930) constateerde, dat de oplosbare fosphaten bij tabak makkelijk een chlorose konden teweegbrengen. Na bespuiting van de chlorotische bladen van een paar planten met een 0,5%  $\text{FeSO}_4$ -oplossing, werden deze bladen weer groener. Mes meent, dat wanneer de planten meer fosphaat krijgen, ze ook meer ijzer moeten opnemen om groen te blijven. Tot dezelfde opvatting is ook Olsen (1935) gekomen. Hij vond, dat maïs bij pH 6—7 chlorotisch werd, doordat in dit pH-gebied zeer veel fosphaat werd opgenomen, waardoor het ijzer in de vaatbundels als  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  werd neergeslagen. Wanneer de fosphaatconcentratie in de voedingsoplossing laag was (21 mgr.  $\text{PO}_4$  per L.), werden de planten niet chlorotisch. Door Ferricitraat of humusextract aan de voedingsoplossing toe te voegen, kon de chlorose voorkomen worden. We kunnen dus, vooral naar aanleiding van bovengenoemd onderzoek van Olsen, met groote zekerheid aannemen, dat een hooge concentratie oplosbaar fosphaat slechts indirect oorzaak is van de bij verschillende planten waargenomen chlorose. De directe oorzaak is ijzergebrek, doordat het ijzer door het fosphaat als  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  wordt neergeslagen, waarbij overmaat  $\text{PO}_4$  in de oplossing aanwezig is, zoodat de dissociatie van het  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  geheel wordt teruggedrongen.

## § 2. Eigen onderzoek.

Op 7 Juni 1935 werden 8 series van 8 planten aangezet op de oplossingen, die in tabel IV zijn gegeven.

TABEL IV.  
Phosphorproeven  
concentratie in mgr. per L. (m.mol)

	Opl. I	Opl. II	Opl. III	Opl. IV	Opl. V	Opl. VI	Opl. VII	Opl. VIII
$\text{KH}_2\text{PO}_4$				300 (2,20)	300 (2,20)	300 (2,20)	300 (2,20)	300 (2,20)
$\text{K}_3\text{HPO}_4$								100 (0,57)
$\text{K}_3\text{PO}_4$								100 (0,47)
$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	250 (0,70)			250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$				250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$				500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)
$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	920 (5,34)	920 (5,34)	500 (2,90)					
$\text{CaCO}_3$			240 (2,40)					
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)
$\text{KNO}_3$	1000 (9,88)	1000 (9,88)	1000 (9,88)	780 (7,72)	780 (7,72)	1000 (9,88)	1000 (9,88)	1000 (9,88)
$\text{NH}_4\text{NO}_3$				90 (1,13)				
$\text{NaNO}_3$								
$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$		30 (0,12)	30 (0,12)		190 (2,24)			

Oplossing I (weinig phosphor; 8 planten, pH 6,5—6,9).

In het begin ontwikkelden alle planten zich even goed als de contrôleplanten. Na 3 weken werd bij het ververschen van de oplossingen de hoeveelheid  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  van 250 mgr. op 80 mgr. teruggebracht. Om ijzergebrek te voorkomen werd tevens 30 mgr. ijzerchloride aan de oplossing toegevoegd. Sindsdien bleven de planten sterk in ontwikkeling achter bij de contrôleplanten. De wortels ontwikkelden zich minder krachtig, terwijl de zijwortels vrij lang en dun werden. Wortelknolletjes kwamen niet of sporadisch voor. Verder verloren de planten veel blad. Bijzondere symptomen van phosphorgebrek konden bij deze planten overigens niet worden waargenomen.

Oplossing II (geen phosphor; 8 planten, pH 6,5—6,7).

De planten bleven spoedig zeer sterk in ontwikkeling achter bij de contrôleplanten. Na 3 weken ontstonden op de bladen onregelmatige paarsbruine vlekken. De bladen kregen ook een donker blauwgroene tint. De wortels ontwikkelden zich vrij slecht. De zijwortels werden zeer lang en dun, zooals op foto 3 duidelijk is te zien (zie ook afbeelding III op pag. 46). Wortelknolletjes ontwikkelden zich vrijwel niet. Door Schropp en Zoller (1934) is bij gele lupine eveneens waargenomen, dat de wortels bij afwezigheid van phosphor zeer lang werden. De bladkleur was echter anders, n.l. vlekkerig licht groen. Hierbij moet worden opgemerkt, dat de door hun gebruikte voedingsoplossing niet geheel overeenkwam met oplossing II, terwijl bovendien hun potten veel groeter waren. De inhoud hiervan was 2 L., terwijl mijn potten een inhoud hadden van  $\pm 350$  cc. Mes (1930) heeft er op gewezen, dat planten met een relatief klein wortelstelsel, zooals tabak, veel beter op kleine, dan op groote potten groeien. Het lijkt dus niet onmogelijk, dat de contrôleplanten van Schropp en Zoller ook hierdoor zeer slecht groeiden. Uit onderstaand staatje is duidelijk het verschil in ontwikkeling tusschen de proefplanten van Schropp en Zoller en mijn planten te zien.

	dr. gew. bovengrond-sche deelen	dr. gew. wortels	dr. gew. geheele plant	gem. spruit-lengte	proefduur	pH opl.	aantal planten
contr. v. d. Crone:							
Schropp en Zoller	0,70 gr.	0,46 gr.	1,16 gr.	9 cM.	2/6 — 28/7	6,2 — 6,6	3
Eigen onderzoek	$2,02 \pm 0,23$	$0,75 \pm 0,11$	$2,77 \pm 0,34$	40 "	7/6 — 12/8	6,5 — 6,9	7
— P (Schr. en Z.)	0,57	0,37	0,94	6 "	2/6 — 28/7	5,8 — 6,4	3
— P (eigen onderz.)	$0,41 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,02$	$0,62 \pm 0,06$	20 "	7/6 — 12/8	6,5 — 6,7	8

Zooals in de inleiding reeds is gezegd, meenden Boas en Merckenschlager (1923), dat gele lupine moeilijk op watercultures te kweken zou zijn. Ook Schropp en Zoller kwamen tot



deze opvatting, daar hun controleplanten slecht groeiden. Uit mijn proeven is echter gebleken, dat deze opvatting onjuist is. Door Schropp en Zoller zijn de voedingsoplossingen gedurende de geheele proef niet ververscht, zoodat ook dit ongunstig op de ontwikkeling van de planten gewerkt kan hebben.

Oplossing III (geen phosphor; 8 planten, pH 6,5—7,1).

Het gedrag van de planten op deze oplossing was ongeveer gelijk aan dat van de planten op oplossing II. De pH moest echter voortdurend worden bijgesteld, daar door het in de oplossing aanwezige  $\text{CaCO}_3$  de oplossing steeds alkalisch dreigde te worden. Een plant van deze serie werd spoedig sterk chlorotisch en stierf kort daarop af. De bladsymptomen van de overige planten kwamen overeen met de voor de vorige serie beschreven symptomen. De wortels waren iets korter dan die van de vorige serie. Knolletjes kwamen vrijwel niet voor. Verder waren de planten iets kleiner en slechter ontwikkeld dan de planten op oplossing II.

De planten van de series I—III en de controleplanten bloeiden ongeveer gelijktijdig, zoodat hierbij dus door de afwezigheid van phosphor geen invloed op den bloeitijd tot uiting is gekomen. De vruchtzetting bij de series I—III was echter slecht en er werden slechts enkele kleine peulen gevormd.

Oplossing IV-VIII (met oplosbaar phosphaat, series van 8 planten)

Bij het begin van de proef werd de pH van alle 5 oplossingen op 6,5 gebracht. Na 10 dagen begonnen alle planten van deze 5 series licht chlorotisch te worden. Toen de chlorose toenam, werd de pH van de oplossingen tot 5,5 teruggebracht. Sindsdien schommelde de pH van de 5 oplossingen tusschen 5,5 en 5,8. Het zuurder maken van de oplossing kon echter de chlorose niet doen verdwijnen. Na ruim een maand waren de stengeltoppen van 3 planten van oplossing IV, 5 van oplossing V en alle planten van de oplossingen VI, VII en VIII verdroogd. Drie weken later waren de overgebleven planten van de oplossingen IV en V afgestorven. Het ziekteproces was bij alle planten op dezelfde wijze verlopen. Het begon met een chlorose, die steeds sterker werd, eindigende met het verdrogen van de stengeltoppen en afsterven der planten. De wortels groeiden slecht, de zijwortels bleven over het algemeen kort en dun, terwijl enkele hiervan abnormaal lang werden (Type ijzergerek, zie afbeelding IV op pag. 46). Wortelknolletjes kwamen niet tot ontwikkeling. Het ziektebeeld kwam geheel overeen met dat van de in hoofdstuk III beschreven planten, die oplosbaar phosphaat hadden gekregen (series V—IX).

Op 12 Augustus werden de overgebleven series (I—III) opgeruimd en de gemiddelde drooggewichten bepaald, die in tabel V zijn opgenomen.

TABEL V.

Oplossing	GEM. DROOGGEWICHT IN GR.			aantal planten
	bovengrondsche deelen	wortels	geheele plant	
7/6 — 12/8 '35				
v. d. Crone	2,02 ± 0,23	0,75 ± 0,11	2,77 ± 0,34	7 <sup>1)</sup>
I (weinig P)	1,— ± 0,09	0,39 ± 0,04	1,39 ± 0,13	8
II (geen P)	0,41 ± 0,04	0,21 ± 0,02	0,62 ± 0,06	8
III (geen P)	0,31 ± 0,04	0,19 ± 0,02	0,50 ± 0,06	7 <sup>1)</sup>
26/7 — 6/11 '35				
v. d. Crone	3,15 ± 0,10	1,13 ± 0,11	4,28 ± 0,19	5
A 1 (+ extra P)	1,43	0,32	1,75	1 <sup>2)</sup>
A 3 (idem + extra Fe)	2,33 ± 0,11	0,66 ± 0,05	2,99 ± 0,16	4 <sup>2)</sup>
B 2 (idem + extra Fe)	1,84 ± 0,44	0,55 ± 0,14	2,39 ± 0,58	3 <sup>2)</sup>
25/8 — 6/11 '35				
v. d. Crone	2,89 ± 0,24	1,26 ± 0,11	4,15 ± 0,34	5
C 1 (+ extra P)	1,83 ± 0,08	0,87 ± 0,05	2,70 ± 0,12	4 <sup>2)</sup>
C 2 (idem + extra Fe)	2,55 ± 0,33	1,28 ± 0,06	3,83 ± 0,38	5

Op 26 Juli werden in aansluiting op de voorgaande proeven de volgende series aangezet.

#### Serie A.

1. v. d. Crone + 150 mgr. (0,71 m.mol)  $K_3PO_4$ : 8 planten.
2. „ + 300 mgr. (1,41 m.mol)  $K_3PO_4$ : 5 planten.
3. „ + 300 mgr. (1,41 m.mol)  $K_3PO_4$   
+ 100 mgr. (0,37 m.mol)  $FeCl_3$ , 6  $H_2O$ : 5 planten.

#### Serie B.

1. v. d. Crone + 250 mgr. (1,44 m.mol)  $K_2HPO_4$ : 5 planten.
2. „ + 250 mgr. (1,44 m.mol)  $K_2HPO_4$   
+ 100 mgr. (0,37 m.mol)  $FeCl_3$ , 6  $H_2O$ : 5 planten.

#### Serie A 1. (pH 6,5—7,0).

Alle planten werden spoedig chlorotisch, groeiden slecht, de stengeltoppen verdroogden en na 1 maand was de heele serie op 1

<sup>1)</sup> Van de 8 planten moest 1 plant uitvallen wegens *Fusarium*aantasting.

<sup>2)</sup> Van A 1 zeven van de acht planten afgestorven, van A 3 één van de vijf, van B 2 twee en van C 1 één.

plant na afgestorven. De wortels hadden zich slecht ontwikkeld (type ijzergebrek, zie afbeelding IV op pag. 46). De eenige overgebleven plant bleef sterk in ontwikkeling achter bij de contrôleplanten en werd tegen den bloei vrij sterk chlorotisch. Het wortelstelsel was slecht ontwikkeld (type ijzergebrek). Er hadden zich echter vrij veel knolletjes gevormd.

Serie A 2. (pH 6,5—6,9).

Alle planten gedroegen zich geheel als de planten van A 1 en waren na een maand afgestorven.

Serie A 3. (pH 6,5—6,9).

De planten groeiden in het begin goed, doch bleven op den duur vrij sterk in ontwikkeling achter bij de contrôleplanten. Na een maand werd één plant sterk chlorotisch en stierf kort daarop af. De wortels hiervan waren slecht ontwikkeld (type ijzergebrek). De overige 4 planten werden tegen den bloei licht chlorotisch. De wortels waren vrij slecht ontwikkeld (type ijzergebrek), doch hadden vrij veel kleine knolletjes.

Serie B 1. (pH 6,5—7,0).

De planten gedroegen zich geheel als de planten van A 1 en waren na een maand afgestorven.

Serie B 2. (pH 6,5—7,0).

Na een maand werden 2 planten sterk chlorotisch en stierven kort daarop af. De wortels hadden zich slecht ontwikkeld (type ijzergebrek). De overige 3 planten gedroegen zich geheel als de planten van A 3, doch waren op den duur iets minder goed ontwikkeld. Tegen den bloei werden ook deze planten licht chlorotisch.

Op 7 November werden de series opgeruimd en de drooggewichten van de planten bepaald. Het gemiddeld drooggewicht is in tabel V opgenomen.

Tenslotte werden op 25 Augustus de volgende series aangezet, met planten, die eerst een maand op v. d. Crone waren gekweekt en zich hierop krachtig hadden ontwikkeld. Voor één serie werd *Lupinus albus* genomen.

Series C. en D.

1. v. d. Crone + 500 mgr. (3,67 m.mol)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  : 5 planten.
2. „ + 500 mgr. (3,67 m.mol)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   
+ 100 mgr. Ferricitraat : 5 planten.

Serie C met *Lupinus luteus* (pH 6,5—6,7).

De planten van C 1 (zonder extra ijzer) werden na drie weken licht chlorotisch. Al spoedig bleven deze planten sterk in ontwikkeling achter bij de planten van C 2. Na 6 weken werd één plant

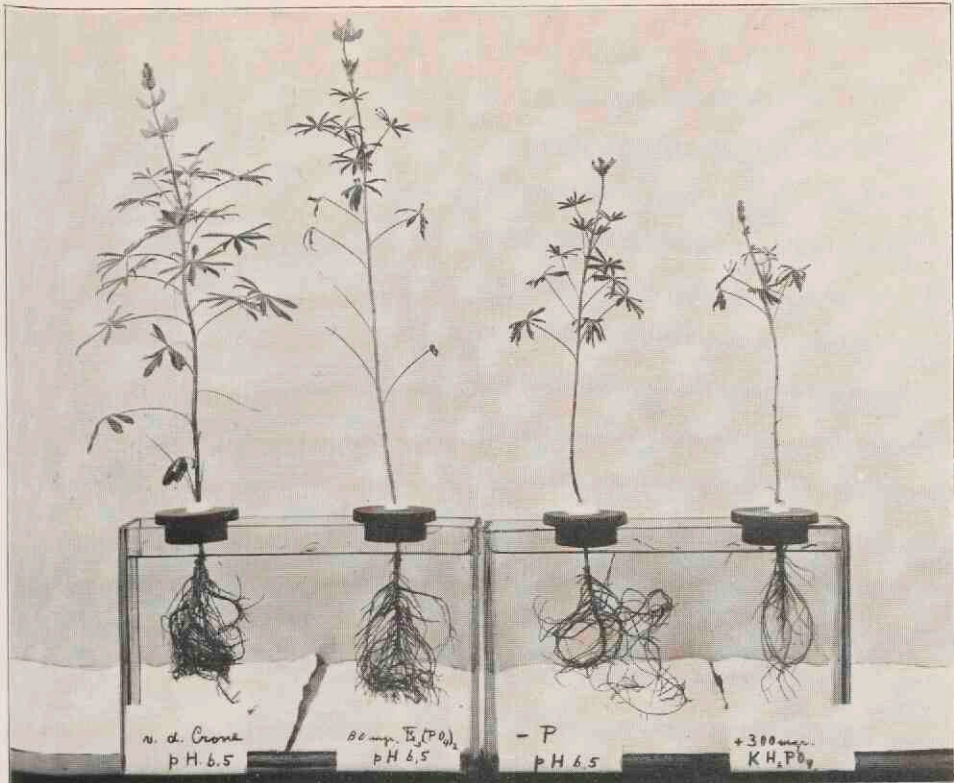
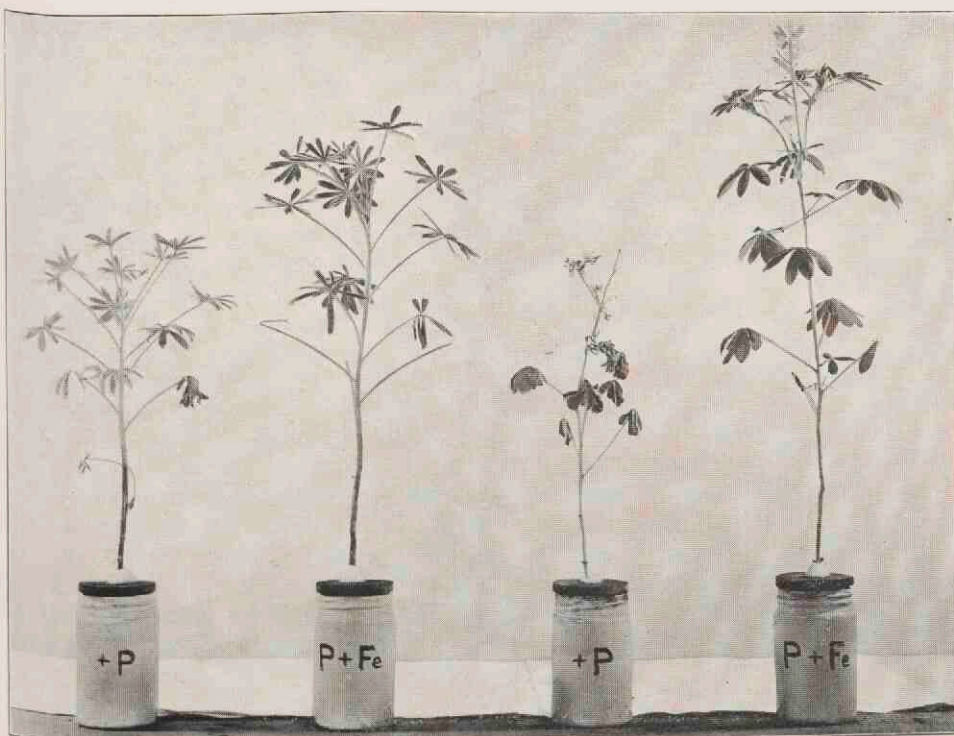


Photo 3. — From left to right: v. d. Crone sol.; sol. I in which the  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  concentration has been reduced to 80 mgr. after 3 weeks and to which at the same time 30 mgr.  $\text{FeCl}_3$  has been added; sol. II; sol IV.



Lupinus luteus

Lupinus albus

Photo 4. — In both series: left: v. d. Crone sol. + 500 mgr.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  per Liter; right: the same + 100 mgr. Fe-citrate per Liter extra.

sterk chlorotisch en stierf kort daarop af. De wortels, die zich eerst goed hadden ontwikkeld waren naderhand in hun groei blijven steken. Vlak voor den bloei werden de 4 overgebleven planten vrij sterk chlorotisch, zooals op foto 4 duidelijk is te zien. De wortels waren ook veel minder goed ontwikkeld dan die van C 2 en ook de wortelknolletjes waren kleiner en minder talrijk.

De planten van C 2 ontwikkelden zich verder normaal en waren bij het beëindigen van de proef slechts iets minder krachtig ontwikkeld dan de contrôleplanten. De wortels en de knolletjes waren even goed ontwikkeld als die van de contrôleplanten.

Op 6 November werd deze serie opgeruimd en het drooggewicht van de planten bepaald, dat in tabel V is opgenomen.

Serie D, met *Lupinus albus* (pH 6,5—6,7).

De planten van D 1 (zonder extra ijzer) werden spoedig sterk chlorotisch en na een maand waren 3 van de 5 planten afgestorven. De wortels waren ook haast niet meer gegroeid en ook de ontwikkeling van de knolletjes was slecht. De 2 overgebleven planten groeiden haast niet verder. Het verschil in ontwikkeling tusschen deze planten en die van D 2 is op foto 4 duidelijk te zien. Na 8 weken werden de wortels van de 2 overgebleven planten van D 1 en van de 5 planten van D 2 door *Fusarium* aangetast en binnen een week waren alle planten afgestorven. Van deze serie werd dan ook het drooggewicht niet bepaald.

Uit de hierboven beschreven proeven is dus gebleken, dat gele en witte lupine op een oplossing met oplosbare phosphaten spoedig sterk chlorotisch worden en daarna afsterven. Hierdoor is het ook te verklaren, dat verschillende onderzoekers, zooals Mazé (1914), Brenchley (1914) en Boas en Merckenschlager (1923) geen lupine op watercultures hebben kunnen kweken, omdat deze onderzoekers met voedingsoplossingen waarin oplosbare phosphaten aanwezig zijn hebben gewerkt (Rothamstedoplossing, de oplossing van Sachs, enz.).

s' Jacob (1927) heeft de door v o n d e r C r o n e bij verschillende planten waargenomen chlorose tengevolge van een te hooge phosphaatconcentratie o.a. toegeschreven aan een te zure reactie van de voedingsoplossing. Om dit te voorkomen, heeft hij met secundaire phosphaten gewerkt. Uit mijn proeven is echter gebleken, dat primaire, secundaire of tertiaire phosphaten bij gele lupine dezelfde chlorose teweegbrengen. Olsen (1935) vond, dat planten, die veel ijzer nodig hebben, zooals maïs en *Xanthium spinosum* alleen tusschen pH 6 en 7 chlorotisch worden. Bij lupine is het ziekteproces bij pH 6,5 op dezelfde wijze verlopen als bij pH 5,5. Het is niet onmogelijk, dat de chlorose overwonnen was geworden, wanneer de reactie nog zuurder was gemaakt (lager dan pH 5,5). In ieder geval lijkt het mij onwaarschijnlijk, dat de chlorose door een zure reactie bevoor-

derd wordt. Het zal m.i. van de ijzerbehoefte van een plant afhangen, of deze plant al dan niet chlorotisch wordt op een voedingsoplossing, waarin oplosbare phosphaten voorkomen. Uit de in dit hoofdstuk beschreven proeven is ook weer gebleken, dat gele lupine een plant is, die veel ijzer noodig heeft. Evenals uit de proeven van Olsen, is ook uit mijn proeven gebleken, dat door Ferricitraat de chlorose kan worden voorkomen, terwijl dit met ijzerchloride niet het geval is.

### Samenvatting.

Uit de in dit hoofdstuk beschreven proeven is het volgende gebleken. Bij afwezigheid van phosphor ontstaan op de bladen onregelmatige paarsbruine vlekken, terwijl het blad een donker blauwgroene tint krijgt. De wortelontwikkeling is vrij slecht; de zijwortels worden zeer lang en dun.

Bij aanwezigheid van oplosbare phosphaten in de voedingsoplossing worden de planten spoedig sterk chlorotisch en sterven onder symptomen van ijzergebrek af. Wanneer echter tevens meer ijzer aan de voedingsoplossing wordt toegevoegd in den vorm van ijzerchloride, worden de planten pas tegen den bloei chlorotisch. Door het ijzer als Ferricitraat te geven, kan de chlorose geheel voorkomen worden. De door oplosbare phosphaten veroorzaakte chlorose is dus een echte ijzerchlorose.

Uit een proef met *Lupinus albus* bleek verder ook nog, dat ook deze plant op een oplossing met oplosbaar phosphaat chlorotisch wordt en afsterft en dat de chlorose kan worden voorkomen, door Ferricitraat aan de voedingsoplossing toe te voegen.

## HOOFDSTUK V.

### IJZER

#### De door ijzergebrek veroorzaakte symptomen.

##### § 1. Literatuuroverzicht.

Door ijzergebrek wordt spoedig een meer of minder sterke chlorose veroorzaakt, waarbij het blad naar gelang van de beschikbare hoeveelheid ijzer van licht- tot donkergeel en soms haast wit gekleurd wordt. De planten groeien verder slecht en sterven vaak spoedig af.

Men kan een onderscheid maken tusschen direct en indirect ijzergebrek. In het eerste geval is er onvoldoende ijzer in het milieu aanwezig, terwijl in het laatste geval de beschikbaarheid van het ijzer door verschillende factoren sterk wordt verminderd. Deze factoren kunnen zijn:

1. een alkalische reactie van het milieu (zie hoofdst. II en III);
2. kalkovermaat, waardoor de reactie eveneens alkalisch wordt (zie hoofdstuk III);
3. een sterke fosfaatconcentratie (zie hoofdstuk IV);
4. mangaanovermaat (zie hoofdstuk X);
5. een ongunstige vorm, waarin het ijzertzout voorkomt.

De literatuur over de sub 1—4 genoemde indirecte factoren van ijzergebrek is in de hoofdstukken II, III, IV en X reeds uitvoerig besproken, zoodat hierop niet nader hoeft te worden ingegaan.

Over de werkzaamheid van verschillende ijzertzouten in watercultures is door Scharer (1934) een uitvoerig literatuuroverzicht gegeven, zoodat dit hier achterwege kan blijven.

Door verschillende onderzoekers, zooals Marsh en Shive (1925), Ingalls en Shive (1931), Rogers en Shive (1932) en Oserkowsky (1932) is gevonden, dat het ijzergehalte in chlorotische planten, vooral in de bladen, hooger was dan in normale planten. Ingalls en Shive (1931) en Rogers

en Shive (1932) hebben voor verschillende planten gevonden, dat het gehalte aan oplosbaar ijzer in de verschillende plantendeelen omgekeerd evenredig was met de pH hiervan. Een lage pH ging samen met een hoog gehalte aan oplosbaar ijzer en omgekeerd was bij een hoge pH weinig oplosbaar ijzer in de weefsels aanwezig. De waterstofionenconcentratie in de verschillende weefsels was verder omgekeerd evenredig met de lichtintensiteit.

### § 2. Eigen onderzoek.

Op 30 Juli 1935 werden 3 series van 8 planten aangezet op de oplossingen, die in onderstaande tabel VI zijn gegeven.

TABEL VI.

#### IJzerproeven

	CONCENTR. IN MGR. PER L. (m.mol)		
	Opl. I	Opl. II	Opl. III
KNO <sub>3</sub>	1000 (9,88)	1000 (9,88)	1000 (9,88)
MgSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)
CaSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	420 (1,35)	470 (1,51)	250 (0,81)
Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	50 (0,14)		2500 (7,00)

Oplossing I (zonder ijzer, 8 planten, pH 6,5—6,9).

De planten groeiden vrijwel niet; de bladen werden spoedig sterk chlorotisch, waarbij alleen de hoofdnerf nog een tijdlang groen bleven, daarna verdroogden de bladen en vielen af. De stengeltoppen werden eerst geel, daarna bruin en verdroogden tenslotte. Binnen 3 weken waren alle planten afgestorven. De wortels waren zeer slecht ontwikkeld en wit gekleurd. De meeste zijwortels waren kort en dun, terwijl enkele hiervan abnormaal lang waren geworden (zie afb. IV op pag. 46). De planten waren afgestorven, voordat de wortelknolletjes zich hadden kunnen ontwikkelen.

Oplossing II (weinig ijzer, 8 planten, pH 6,5—6,9).

De planten groeiden slecht; 4 planten werden na een maand sterk chlorotisch en gedroegen zich geheel als de planten op Opl. II. Een maand later waren deze 4 planten afgestorven. De wortels hadden dezelfde habitus als die van de planten van de vorige serie. Verder waren slechts weinig knolletjes tot ontwikkeling gekomen. De 4 overige planten bleven in ontwikkeling sterk achter bij de controleplanten. Deze planten werden echter niet chlorotisch, doch verschilden onderling sterk in grootte. Alle 4 planten kwamen ook



nog in bloei. Hoewel de wortels beter ontwikkeld waren dan die van de vorige serie, had het wortelstelsel toch dezelfde habitus (afb. IV op pag. 46). De knolletjes waren klein en gering in aantal. De kleur van de wortels was licht grijs.

Oplossing III (veel ijzerphosphaat, 8 planten, pH 6,5—6,8).

Van deze serie was de groei van 4 planten gering. Na 6 weken begon het blad te verwelken, de stengeltoppen verdroogden en 2 weken later waren deze planten afgestorven. De wortels waren bruin geworden, slecht ontwikkeld, met betrekkelijk weinig vrij lange dunne zijwortels. De wortelknolletjes waren klein en kwamen slecht sporadisch voor. De 4 overgebleven planten groeiden slecht, doch konden nog in bloei komen. Ook deze 4 planten verschilden onderling sterk in grootte. De wortels hiervan hadden zich nog vrij goed ontwikkeld; de zijwortels waren lang en dun en de wortelknolletjes waren vrij slecht ontwikkeld. Verder was de kleur van de wortels donkergrijs.

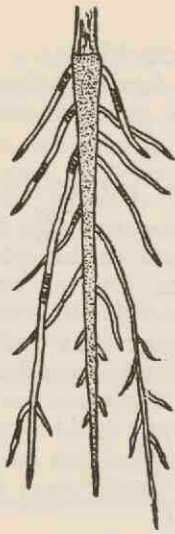
Op 6 November, dus na ruim 3 maanden, werden deze proeven beëindigd. Daar van de series II en III de overgebleven planten onderling te sterk in grootte verschilden, werd van deze series het drooggewicht niet bepaald.

#### *Samenvatting.*

Uit de hierboven beschreven proeven is dus gebleken, dat bij afwezigheid van ijzer in de voedingsoplossing de planten slechts in zeer geringe mate groeien. De bladen worden spoedig sterk chlorotisch, waarbij de geheele bladschijf geel wordt, terwijl alleen de hoofdnerf een tijdlang nog groen blijft. Hierna verschrompelen de bladen en vallen af. De stengeltoppen worden eveneens eerst sterk chlorotisch, daarna bruin en verdrogen tenslotte. De wortels ontwikkelen zich zeer slecht en hebben een witte kleur; de meeste zijwortels zijn kort en dun, terwijl enkele hiervan abnormaal lang worden (zie afb. IV op pag. 46).

Op een oplossing met weinig ijzer gedragen de planten zich gedeeltelijk als de planten, die geen ijzer kregen. Een ander gedeelte van de planten wordt niet chlorotisch, doch de groei hiervan is slecht, terwijl de wortels dezelfde habitus hebben als die van de planten, die geen ijzer hebben gehad. Verder hebben de wortels een lichtgrijze kleur.

Op een oplossing met veel ijzerphosphaat is de groei eveneens slecht. Van de helft van de planten verwelkt het blad langzamerhand, de stengeltoppen verdrogen, waarna de planten afsterven. De wortels zijn bruin gekleurd, slecht ontwikkeld, met betrekkelijk weinig lange dunne zijwortels. De andere helft blijft slecht groeien, doch komt nog in bloei. Hiervan zijn de wortels nog vrij goed ontwikkeld, donkergrijs van kleur, met lange dunne zijwortels.



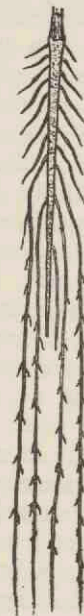
Afbeelding I.  
Wortels van een jonge plant  
met Ca-gebrek.



Afbeelding II.  
Wortels van een oudere plant  
met calciumgebrek.



Afbeelding III.  
Wortels van een plant  
met phosphorgebrek.



Afbeelding IV.  
Wortels van een plant  
met ijzergebrek.

(TEEKENINGEN HALF SCHEMATISCH).

## HOOFDSTUK VI.

### KALIUM.

#### De door gebrek of overmaat van Kali veroorzaakte ziektesymptomen.

##### § 1. Literatuuroverzicht.

###### a. Kaligebrek.

Uitvoerige beschrijvingen van de symptomen van kaligebrek zijn door Wilfarth en Wimmer (1903) gegeven. Verder hebben Merkenschlager (in Sorauer, 1933, pag. 225) en Scharrer en Schropp (1934) een uitgebreid literatuuroverzicht hierover gegeven.

Volgens Schaffnit en Volk (1928) ontstaan bij mono- en dicotylen ten gevolge van kaligebrek ineengedrongen en slappe planten. De internodiën zijn verkort en de bladen zien er verwelkt uit. Dit type hebben ze „Welketracht” genoemd, als tegenstelling met het „Starrtracht”-type bij stikstof- en phosphorgebrek. Bij dicotylen, ook bij leguminosen (zie hiervoor het door Rohde (1934) gegeven literatuuroverzicht), heeft men waargenomen, dat de bladen zich gaan ombuigen, waarbij de bovenkant convex wordt. Aan de bladranden en tusschen de nerven treden vaak gele verkleuringen op, die daarna bruin en soms ook wit worden. De bladen worden tenslotte geheel bruin en verdrogen. Een typisch beeld voor kaligebrek is ook het en masse afsterven van het blad.

Voor leguminosen zijn de symptomen van kaligebrek op watercultures door s' Jacob (1927) bij erwten en boonen beschreven en door Schropp en Zoller (1934) bij erwten, boonen en blauwe lupine.

De invloed van calcium op de opname van kalium is in hoofdstuk III reeds besproken.

Volgens verschillende onderzoekers kan bij kaligebrek de groei wel iets verbeterd worden door natrium, doch hierdoor niet wor-

den vervangen. Een literatuuroverzicht hierover is door Scharrer en Schropp (1935) gegeven. Scharrer en Soukup (1935) en Scharrer en Schropp (1935) hebben gevonden, dat sojaboonen en winterkoolzaad op een voedingsoplossing zonder kalium en met natrium iets beter groeide dan op een voedingsoplossing zonder kalium en zonder natrium. In de eerste oplossing werd stikstof als  $\text{NaNO}_3$  en in de tweede oplossing als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  gegeven, waarbij echter in de laatste oplossing ruim 2 maal zooveel stikstof aanwezig was als in de eerste. Bovendien was de reactie van de laatste oplossing zuurder dan van de eerste. Op grond hiervan mogen de op beide oplossingen verkregen resultaten niet zonder meer met elkaar vergeleken worden.

#### b. Kaliovermaat.

Volgens Merckenschlager (zie Sorauer, 1933, pag. 273) speelt bij een overmatige kalibemesting de tijd van bemesting een groote rol bij de hierdoor veroorzaakte beschadiging en is veel van de veroorzaakte schade op een ongunstig bemestingstijdstip terug te brengen. Ook kan een gedeelte van de beschadiging aan de bijproducten van de kalimeststoffen worden toegeschreven. Door hem en s' Jacob (1927) is voorts een literatuuroverzicht gegeven van de door kaliovermaat veroorzaakte ziektesymptomen.

#### § 2. Eigen onderzoek.

Op 17 Juni 1935 werden 5 reeksen van 8 planten aangezet op de oplossingen, die in onderstaande tabel VII zijn opgenomen.

TABEL VII.  
Kaliproeven I

	CONCENTR. IN MGR. PER L. (m.mol).				Contrôle v. d. Crone
	K-gebrek		evenveel K. als in v. d. Crone		
	Opl. I	Opl. II	Opl. III	Opl. IV	
$\text{K}_2\text{SO}_4$		430 (2,46)		430 (2,46)	
$\text{K}_2\text{HPO}_4$		430 (2,47)	430 (2,47)		
$\text{KNO}_3$		500 (4,94)	500 (4,94)	500 (4,94)	1000 (9,88)
$\text{NaNO}_3$	840 (9,89)	420 (4,95)	420 (4,95)	420 (4,95)	
$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)
$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)

In de oplossingen II, III en IV is 500 mgr.  $\text{KNO}_3$  vervangen door 430 mgr.  $\text{NaNO}_3$  (met evenveel  $\text{NO}_3$ ). Verder is het kalium in oplossing III aangevuld als  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  en in oplossing IV als  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . In oplossing III is dus de  $\text{PO}_4$ -concentratie en in oplossing IV de  $\text{SO}_4$ -concentratie hooger dan in de v. d. Crone-oplossing, terwijl bij de oplossingen III en IV natuurlijk ook nog rekening gehouden moet worden met den invloed van het natrium. Wanneer nu de planten zich op de oplossingen III en IV op dezelfde wijze zouden ontwikkelen, zou hieruit volgen, dat door de verhoogde  $\text{PO}_4$ - en  $\text{SO}_4$ -concentratie geen invloed op de planten is uitgeoefend. Eventuele verschillen van de planten op deze oplossingen met de planten op oplossing II, zouden dan in hoofdzaak aan den invloed van de in laatstgenoemde oplossing verhoogde kaliumconcentratie kunnen worden toegeschreven. Door ook nog de planten op deze oplossingen met de planten op v. d. Crone te vergelijken, kan dan ook nog de invloed van het natrium worden nagegaan, daar dit element ook een rol zou kunnen spelen in oplossing I.

Oplossing I (zonder kali, 8 planten, pH 6,5—7,1).

De planten sloegen goed aan. In het begin was er geen verschil waar te nemen tusschen deze planten en de contrôleplanten, doch na een maand vertoonden de planten zonder kali een sterke groei-vertraging. Na 6 weken waren de symptomen van kaligebrek duidelijk waarneembaar. De planten kregen een ineengedrongen habitus en veel van het oudere blad werd bruin en verdroogde. Hierbij werden eerst de bladtoppen bruin en van hieruit verspreidde de bruine kleur zich over het geheele bladoppervlak. Op den duur bleef bij de meeste planten slechts een krans van jonge blaadjes aan den top over, die een donkergroene kleur hadden en waarvan vooral de bladtoppen vrij sterk naar onder toe waren omgebogen. Het jonge blad had soms bruine necrotische toppen of smalle, bruine randzônes, doch op de bladschijf zelf ontstonden geen necrotische plekken en ook geen verkleuringen. De wortels waren vrij slecht ontwikkeld. De zijwortels waren meestal tamelijk kort, dun en gering in aantal. Wortelknolletjes kwamen sporadisch voor. De planten kwamen nog in bloei, doch de bloemtrossen waren zeer klein en ook de vruchtzetting was slecht.

Oplossingen II en III (2 series van 8 planten, pH  $\pm$  6,5).

De planten groeiden van het begin af slecht op beide oplossingen en waren na  $\pm$  14 dagen sterk chlorotisch geworden. De stengeltoppen verdroogden en na een maand waren alle planten van beide series afgestorven. De wortels hadden zich slecht ontwikkeld (type ijzergerek, zie afb. IV op pag. 46). Het ziektebeeld was bij deze en de in hoofdstuk IV beschreven planten, die extra oplosbaar fosphaat kregen (opl. VIII en IX), geheel gelijk. De planten,

die op oplossing II waren gekweekt, hebben verder niet gereageerd op de hoogere kaligift.

Oplossing IV (8 planten, pH 6,5—6,9).

De planten ontwikkelden zich op den duur iets minder goed, dan de contrôleplanten. Ook de wortels waren iets minder krachtig ontwikkeld. De wortelknolletjes waren echter vrij goed ontwikkeld. Typische verschillen waren er verder tusschen de planten van deze serie en de contrôleplanten niet waar te nemen.

Op 12 Augustus, na  $\pm 2$  maanden, werden deze proeven beëindigd en het drooggewicht van de planten bepaald. Het gemiddeld drooggewicht van de overgebleven series is in tabel VIII opgenomen.

TABEL VIII.

Oplossing	GEMIDDELD DROOGGEWICHT IN GR.			aantal planten
	bovengrondsche deelen	wortels	geheele plant	
17/6—12/8 '35				
I (— K.)	0,72 $\pm$ 0,09	0,39 $\pm$ 0,01	1,11 $\pm$ 0,10	8
IV	1,24 $\pm$ 0,11	0,52 $\pm$ 0,03	1,76 $\pm$ 0,13	8
v. d. Crone	1,50 $\pm$ 0,18	0,62 $\pm$ 0,05	2,12 $\pm$ 0,22	8
26/7—30/10 '35				
V (weinig K.)	2,93 $\pm$ 0,27	0,82 $\pm$ 0,08	3,75 $\pm$ 0,34	8
VI (veel K.)	2,93 $\pm$ 0,14	0,91 $\pm$ 0,06	3,84 $\pm$ 0,19	8
VII " "	2,73 $\pm$ 0,14	0,75 $\pm$ 0,07	3,48 $\pm$ 0,20	8
VIII " "	2,72 $\pm$ 0,34	0,87 $\pm$ 0,15	3,59 $\pm$ 0,47	8
v. d. Crone	3,55 $\pm$ 0,16	1,37 $\pm$ 0,06	4,92 $\pm$ 0,21	8

Het drooggewicht van de planten op Opl. IV is iets kleiner dan van de contrôleplanten. Het verschil in de drooggewichten van deze 2 series is echter te klein, om hieruit conclusies te kunnen trekken. Een ongunstige invloed van het Na is hierbij niet duidelijk tot uitdrukking gekomen. Een sterke Tripsaantasting is verder de oorzaak geweest van het lage drooggewicht van de contrôleplanten. Doordat de planten op Opl. IV in mindere mate van Trips te lijden hebben gehad, is het niet onmogelijk, dat het verschil in drooggewicht tusschen de beide series grooter zou zijn geweest, wanneer de planten niet door Trips waren aangetast.

Het drooggewicht van de contrôleplanten is bijna 2 maal zoo

groot als van de planten zonder kali. Daar in de oplossing zonder kali stikstof als  $\text{NaNO}_3$  is gegeven, heeft men hierbij ook rekening te houden met een ongunstigen invloed van het Na, vooral daar in deze oplossing 2 maal zooveel Na aanwezig is als in Opl. IV. Uit de in hoofdstuk VIII beschreven proeven is bovendien gebleken, dat de groei slecht is, wanneer stikstof als  $\text{NaNO}_3$  wordt gegeven (Opl. IX en X). De wortels hadden verder dezelfde habitus als die van de planten zonder kali, terwijl echter de bladsymptomen anders waren. Hieruit kan men de conclusie trekken, dat het Na speciaal ongunstig op de wortelontwikkeling heeft gewerkt.

Om na te gaan welke ziektesymptomen zich bij lupine voordoen, wanneer de planten veel kali krijgen, werden op 26 Juli nog 4 series van 8 planten aangezet; 3 series kregen veel en 1 serie kreeg weinig kali. De oplossingen zijn in tabel IX gegeven.

De pH van alle 4 oplossingen liep in 14 dagen van 6,5 steeds op tot 6,9.

TABEL IX.  
Kaliproeven II

CONCENTRATIES IN MGR. PER L. (m.mol)				
	weinig Kali		veel Kali	
	Opl. V	Opl. VI	Opl. VII	Opl. VIII
$\text{K}_2\text{SO}_4$			140 (0,80)	500 (2,86)
KCL		300 (4,02)	300 (4,02)	
$\text{KNO}_3$	100 (0,99)	1000 (9,88)	1000 (9,88)	1000 (9,88)
$\text{NaNO}_3$	800 (9,41)			
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)
$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)
$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)

De kaliconcentratie in de opl. VII en VIII is gelijk. Verder waren de 3 laatste oplossingen bedoeld, om den invloed van de  $\text{SO}_4$ -ionen en dien van de Cl-ionen met elkaar te kunnen vergelijken. Na een maand waren de planten op alle 4 oplossingen even goed ontwikkeld. Hierna werd de kaliconcentratie in de 3 laatste oplossingen verdubbeld, zoodat oplossing VI in het vervolg 600 mgr. (8,04 m.mol) KCL, oplossing VII 600 mgr. (8,04 m.mol) KCL en 280 mgr. (1,60 m.mol)  $\text{K}_2\text{SO}_4$  en oplossing VIII 1000 mgr. (5,73 m.mol)  $\text{K}_2\text{SO}_4$  kregen. Ook hierna ontwikkelden de planten zich op de verschillende oplossingen geheel gelijk. Op den duur ontwikkelden 2 planten op oplossing V en 2 op oplossing VIII zich

minder goed dan de overige planten, zonder dat aan de planten te zien was, waardoor dit werd veroorzaakt. Bij het opruimen van de series op 30 October waren verder de planten van alle series geheel gelijk ontwikkeld. Dit blijkt ook uit de drooggewichten, die in het onderste gedeelte van tabel VIII zijn opgenomen. Ziektesymptomen, tengevolge van te veel kali zijn bij deze proeven ook niet waargenomen. Alle planten waren verder minder krachtig ontwikkeld dan de contrôleplanten. De wortels van de planten, die weinig kali kregen hadden dezelfde habitus als die van de planten, die zich op een oplossing met veel kali hadden ontwikkeld. Het aantal zijwortels en ook het aantal knolletjes was van al deze planten veel minder dan bij de contrôleplanten, doch overigens waren hierbij geen bijzondere symptomen waar te nemen.

Volgens Boas en Merckenschlager (1923) is lupine een „kalifreudige” plant. Ze vermelden echter niet wat hieronder moet worden verstaan. Wanneer hiermee is bedoeld, dat de kalibehoeft van lupine groot is, moet hierbij worden opgemerkt, dat dit uit mijn proeven niet is gebleken.

#### *Samenvatting.*

Uit de in dit hoofdstuk beschreven proeven is het volgende gebleken. Bij afwezigheid van kali krijgen de planten een ineengedrongen habitus. Veel van het oudere blad wordt bruin en verdroogt. Hierbij worden eerst de bladtoppen bruin en van hier uit verspreid de bruine kleur zich over het geheele bladoppervlak. Tenslotte blijft slechts een krans van jonge blaadjes aan den top over, die een donkergroene kleur hebben en waarvan de bladtoppen vrij sterk naar onder ombuigen. Het jonge blad krijgt soms bruine necrotische toppen of smalle bruine randzônes, doch op de blad-schijf ontstaan geen necrotische plekken en evenmin verkleuringen. De wortels ontwikkelen zich vrij slecht; de zijwortels zijn meestal tamelijk kort, dun en gering in aantal.

Wanneer de kaliconcentratie in de oplossing wordt verhoogd in den vorm van  $K_2HPO_4$  sterven de planten spoedig af onder symptomen van ijzeregebrek.

Wanneer veel kali als KCl of  $K_2SO_4$  wordt gegeven, is het drooggewicht lager dan van normaal-gevoede planten, doch overigens doen zich hierbij geen bijzondere symptomen voor. Dit is ook het geval, wanneer de planten weinig kali krijgen.



## HOOFDSTUK VII.

### MAGNESIUM.

De door gebrek of overmaat van magnesium veroorzaakte ziektesymptomen.

#### § 1. Literatuuroverzicht.

##### a. Magnesiumgebrek.

Door verschillende onderzoekers, zoals Reed en Haas (1924), Hartman en Powers (1928), Jones (1929), Garner, c.s. (1923, 1930), van Schreven (1935), e.a. is bij magnesiumgebrek een vlekkerige of streperige chlorose waargenomen. Ginsburg (1925) nam op de bladen van sojaboonen bij magnesiumgebrek bruine vlekken waar, terwijl het blad vroegtijdig afviel. Colby (1932) constateerde bij Fransche pruimen bruine bladranden. De bruine kleur breidde zich van hieruit over het geheele bladoppervlak tot den middennerf toe uit. Ook hij nam een vroegtijdige bladafval waar. De bij tabak in Amerika onder den naam van „sand drown” bekende ziekte, waarbij o.a. een bijzondere chlorose optreedt, wordt door Garner, c.s. (1923, 1930) aan magnesiumgebrek toegeschreven. Volgens Mes (1930) zou Mg-gebrek echter niet zonder meer als directe oorzaak van de ziekte mogen worden aangenomen, daar het ziektebeeld tengevolge van Mg-gebrek slechts gedeeltelijk overeenkomt met de symptomen van „sand drown”. Hierbij zouden nog andere indirecte factoren een rol kunnen spelen. Jessen (1931) schreef het gemarmerd uiterlijk van de bladen van tarwe, haver, gerst en rogge op zure, lichte zandgronden toe aan magnesiumgebrek. Volgens hem zou hierbij geen sprake zijn van een zuurbeschadiging. De ziekte kon door kalken van den grond ook niet genezen worden. Gehring, c.s. (1931, 1933) vonden, dat het in den grond adsorptief gebonden magnesium met een stijgenden kalkverzadigingsgraad oplosbaarder werd. Bij veld- en potproeven met haver bleek de werking van Mg-houdende mest-

stoffen afhankelijk te zijn van den kalktoestand van den grond. Volgens Gehring (1930, 1932) komt „sand drown” overeen met de door magnesiumgebrek bij haver en rogge veroorzaakte „Säureerscheinung”. De gronden, waarop „sand drown” voorkwam bleken zeer arm aan kalk te zijn. De oplosbaarheid van het magnesium zou hierdoor in deze gronden sterk verminderd zijn. Door deze gronden te kalken en met Mg-zouten te bemesten, kon de ziekte bestreden worden. De invloed van de pH zou hierbij veel kleiner zijn dan de invloed van kalk.

In een recente korte mededeeling wijst van Itallie (1935) op een overeenkomst tusschen de symptomen van de Hooghalensche ziekte en van Mg-gebrek bij granen. Uit zijn proeven meent hij voorloopig te kunnen concluderen, dat een geringe voor de plant beschikbare hoeveelheid magnesium in den grond, onder bepaalde omstandigheden, de voornaamste oorzaak kan zijn voor het optreden der Hooghalensche ziekte. Gunstige omstandigheden hiervoor waren verder een lage pH en de aanwezigheid van veel zouten in den grond, waarbij naast een minder gunstige verhouding der basen, vooral ook de anionen, zooals chloriden en sulfaten, schadelijk zouden werken.

Garner, c.s. (1930) nemen aan, dat bij Mg-gebrek in de eerste plaats een desorganisatie van het chlorophyl plaats heeft, waardoor de assimilatie belemmerd wordt. Bij Mg-gebrek nam het gehalte aan koolhydraten in de bladen af.

Over het antagonisme tusschen Ca en Mg is in hoofdstuk III reeds e.e.a. gezegd. Loew (1931) heeft hierover verder nog een literatuuroverzicht gegeven.

#### b. Magnesiumovermaat.

Volgens S. F. en H. M. Trelease (1931) en de Jager (1933) heeft een overmatige magnesiumgift bij tarwe een spiraalbeschadiging en het afwerpen van bladtoppen ten gevolge. De Jager nam verder ook nog geknikte bladtoppen waar. Loew en Merckenschlager (1929) hebben waargenomen, dat maïs zeer resistent was tegen hoge Mg-giften. Wanneer kiemplanten van maïs op een 0,5% oplossing van  $MgSO_4$  of  $MgCl_2$  werden overgebracht, had er geen beschadiging plaats. Bij lupine werden de wortels op een 0,1—0,5% oplossing van deze zouten spoedig geel, daarna geelbruin en slijmig, de turgor verdween en uit de toppen traden slijmige wolkjes naar buiten. Zijwortels werden niet gevormd. De groene deelen bleven verder nog een tijdlang in leven.

Volgens Boas en Merckenschlager (1922) is gele lupine zéér gevoelig voor magnesium. Zij kwamen tot deze opvatting, doordat in perssappen van kiemplanten van gele lupine door  $MgCl_2$  (ook door  $CaCl_2$ ) direct de eiwitten werden uitgevlokt. Zij namen aan, dat ditzelfde ook in de planten zou gebeuren, waardoor de struc-

tuur en de functie van het plasma sterk veranderd zou worden. Het behoeft geen betoog, dat de in vitro waargenomen reacties nog niet in het levende plantenweefsel hoeven plaats te hebben.

Triwosch (1934) vond, dat gele lupine na toediening van 0,01% MgO aan den grond sterk chlorotisch werd. Bij een gift van 0,2% MgO gingen de planten dood, zonder eerst chlorotisch te worden. Hierbij werden de wortels donkerbruin. Hij zag de hooge pH voor de oorzaak van de schadelijke werking aan. Het magnesium zou hierbij geen primaire rol spelen. De „Mg-chlorose” leek ook volkomen op de „kalkchlorose” en kon door toediening van ijzer verhinderd worden. Hij nam dan ook aan, dat de door hem waargenomen „Mg-chlorose” in de eerste plaats door ijzergerebrek, tengevolge van een te hooge pH, werd veroorzaakt.

### § 2. Eigen onderzoek.

Op 17 Juni 1935 werden eenige oriënteerende proeven gedaan, waarbij van de in tabel X gegeven oplossingen werd gebruik gemaakt.

TABEL X.

CONCENTR. IN MGR. PER L.		
	geen Mg	veel Mg
KNO <sub>3</sub>	1000 (9,88)	1000 (9,88)
CaSO <sub>4</sub> . 2 H <sub>2</sub> O	500 (2,90)	500 (2,90)
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	250 (0,81)	250 (0,81)
Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	250 (0,70)	250 (0,70)
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	350 (2,01)	
MgSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O		500 (2,03)
MgCO <sub>3</sub> . 3 H <sub>2</sub> O		500 (3,62)

De serie zonder Mg bestond uit 8 planten. De pH liep in 14 dagen van 6,5 op tot  $\pm$  6,9. Alle planten groeiden zeer slecht. Al spoedig ontstonden er lichtgele vlekken op de bladen, die samenvloeiden, waardoor tenslotte het geheele bladoppervlak, op de hoofdnerf met een vrij breede strook omringd weefsel na, licht geel werd. De bladen verschrompelden hierna en vielen af. Vervolgens verdroogden de stengeltoppen en na een maand waren alle planten afgestorven. De wortels waren slecht gegroeid; het aantal zijwortels was gering, vrij kort, dun en wit. Wortelknolletjes waren nog niet gevormd.

Van de oplossing met veel MgCO<sub>3</sub> liep de pH iederen dag weer op tot  $\pm$  8,3. Het bleek niet mogelijk, om de reactie van de oplossing zwak zuur te houden. Eenige uren na het bijstellen was

de reactie steeds weer alkalisch geworden. De planten groeiden dan ook zeer slecht op deze oplossing en werden spoedig sterk chlorotisch. Na een maand waren alle 10 planten van deze serie afgestorven. De wortels waren zeer slecht ontwikkeld (type ijzergrek, zie afb. IV of pag. 46) en hadden een donkerbruine kleur gekregen. Verder waren er ook nog geen wortelknolletjes gevormd. De hier geconstateerde „Mg-chlorose” vertoonde een groote gelijkenis met de in hoofdstuk III beschreven „kalkchlorose”. De primaire oorzaak van de chlorose zal hier ook ijzergrek geweest zijn, daar uit de hieronder volgende proeven is gebleken, dat gele lupine in het geheel niet reageert op een nog sterkere Mg-concentratie dan bij de hierboven beschreven proef werd aangewend. Ook komen de bij deze proef verkregen resultaten geheel overeen met de uitkomsten van Triwosch (1934), die zooals in het literatuur-overzicht reeds is gezegd, de schadelijke werking van het door hem gebruikte MgO aan ijzergrek toeschreef.

Op 26 Juli werden 4 nieuwe series van 8 planten aangezet, op de oplossingen, die in tabel XI zijn gegeven.

De pH van alle series liep in 14 dagen steeds van 6,5 op tot  $\pm 6,9$ .

TABEL XI.  
Magnesiumproeven

CONCENTRATIES IN MGR. PER L. (m.mol).				
	Opl. I	Opl. II	evenveel Mg	
			Opl. III	Opl. IV
KNO <sub>3</sub>	1000 (9,88)	1000 (9,88)	1000 (9,88)	1000 (9,88)
MgSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O	100 (0,41)	1000 (4,07)	1000 (4,07)	500 (2,03)
MgCl <sub>2</sub> . 6 H <sub>2</sub> O			500 (2,46)	910 (4,47)
CaSO <sub>4</sub> . 2 H <sub>2</sub> O	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)
Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	280 (1,60)			

Alle planten ontwikkelden zich goed en na 3 weken was er geen verschil te zien tusschen de verschillende series. Hierna werd de concentratie MgSO<sub>4</sub> van oplossing I op 20 mgr. (0.08 m.mol) teruggebracht en 14 dagen later werd het MgSO<sub>4</sub> uit deze oplossing weggelaten. In verband hiermee werd de concentratie K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eerst tot 340 mgr. (1.95 m.mol) en daarna tot 350 mgr. (2.01 m.mol) verhoogd. Na een maand werd één plant vrij sterk chlorotisch en vanaf dit oogenblik groeide deze plant haast niet meer.

De wortels ontwikkelden zich ook slecht. De chlorose werd steeds sterker, de stengeltop verdroogde tenslotte en na 2 maanden was deze plant afgestorven. De oorzaak van het gedrag van deze plant kon niet worden vastgesteld. De overige planten van deze serie bleven zich vrij goed ontwikkelen. Symptomen van Mg-gebrek konden bij deze planten niet worden waargenomen. De wortels waren verder vrij goed ontwikkeld en hadden veel knolletjes. De planten van de overige series (Opl. II—IV) ontwikkelden zich op den duur forscher dan de planten, die weinig Mg kregen. Verschil in ontwikkeling tusschen de planten van deze series en de contrôleplanten op v. d. Crone was niet te zien. Ook de wortels ontwikkelden zich krachtig en hadden veel knolletjes. Op 31 October, na ruim 3 maanden, werden deze proeven beëindigd. Het drooggewicht van de verschillende series is in tabel XII opgenomen.

TABEL XII.

Oplossing	GEMIDDELD DROOGGEWICHT IN GR.			aantal planten
	bovengrondsche deelen	wortels	geheele plant	
I (weinig Mg)	2,56 ± 0,08	0,87 ± 0,03	3,43 ± 0,09	7
II (veel Mg)	3,33 ± 0,22	1,23 ± 0,12	4,56 ± 0,33	8
III (veel Mg)	3,31 ± 0,10	1,18 ± 0,04	4,49 ± 0,12	8
IV (veel Mg)	3,28 ± 0,21	1,23 ± 0,11	4,51 ± 0,31	8
v. d. Crone	3,60 ± 0,14	1,33 ± 0,09	4,93 ± 0,21	8

Uit tabel XII is te zien, dat het drooggewicht van de series met veel magnesium en van de contrôleserie zeer weinig verschillen. Hieruit is ook te zien, dat het  $\text{SO}_4$  en het Cl geen nadeeligen invloed op de planten hebben uitgeoefend. Het drooggewicht van de serie met weinig magnesium is minder dan van de overige series. Dit is ook het eenig verschil geweest tusschen deze serie en de overige series. Hieruit blijkt dus, in tegenstelling met de opvatting van Boas en Merckenschlager, dat lupine geheel ongevoelig is voor een vrij sterke Mg-concentratie. Ook van een wortelbeschadiging, zooals door Loew en Merckenschlager (1929) op een 0,1—0,5% oplossing van  $\text{MgCl}_2$  of  $\text{MgSO}_4$  is waargenomen, is bij deze proeven op een volledige voedingsoplossing met veel Mg geen sprake geweest. De meening van Loew, dat de gunstigste Ca-Mg verhouding voor leguminosen 3 : 1 is, kon door de hierboven beschreven proeven voor eenjarige gele lupine niet worden bevestigd.

#### Samenvatting.

Uit de in dit hoofdstuk beschreven proeven is het volgende ge-

bleken. Bij afwezigheid van magnesium in de voedingsoplossing (afgezien van de zeer geringe hoeveelheid Mg, die in het leidingwater aanwezig is) ontstaan spoedig licht gele vlekken op de bladen, waarna, doordat deze vlekken samenvloeien, het geheele bladoppervlak, op de hoofdnerf met een vrij breede strook omringend weefsel na, licht geel gekleurd wordt. De bladen verschrompelen hierna en vallen af. Vervolgens verdrogen de stengeltoppen en sterven de planten af. De wortels groeien slecht, zijn wit gekleurd, terwijl de zijwortels vrij kort, dun en gering in aantal zijn. Wanneer men gedurende de ontwikkeling van de planten de Mg-concentratie sterk vermindert, doen zich geen symptomen van Mg-gebrek voor en ontwikkelen de planten zich alleen minder krachtig dan de controleplanten.

Bij een sterke Mg-concentratie (zie tabel XI op pag. 56) doen zich in het geheel geen pathologische symptomen voor. De planten vertoonen hierbij geen verschil in ontwikkeling met de controleplanten. Door  $MgCO_3$  aan de voedingsoplossing toe te voegen ontstaat spoedig een sterke chlorose, tengevolge waarvan de planten kort daarop onder symptomen van ijzergebrek afsterven.

## HOOFDSTUK VIII.

### STIKSTOF.

#### De door gebrek of overmaat van stikstof veroorzaakte ziektesymptomen.

##### § 1. Literatuuroverzicht.

###### a. Stikstofgebrek.

Volgens Schaffnit en Volk (1928) beantwoorden planten, die aan stikstofgebrek lijden, wat de habitus betreft, aan het zg. „Starrtracht” type. Kenmerkend zijn verder voor stikstofgebrek het klein blijven der planten en een bleekgroene bladkleur. Ook heeft volgens Merckenschlager (in Sorauer 1933, pag. 249) bij verschillende planten, o.a. lupine een pathologische anthocyaanvorming plaats. De verschijnselen van stikstofgebrek zijn voor gele lupine door Reincke (1930) uitvoerig beschreven. Het begint met lichtroode strepen op de bladstelen; daarna ontstaan op de oudere bladen geelgroene niet scherp omgrensde vlekken, die door samenvloeiing aan het heele blad een geelgroene kleur geven. Het jonge blad blijft toegevouwen en is sterk behaard, waardoor het een zilverachtigen glans krijgt. De bladstelen staan rechter tegen de stengels dan bij normale planten. Tegelijkertijd worden stengel en bladstelen geheel rood gekleurd, hierna ook de bladranden en tenslotte verschijnen roode vlekken op het geheele bladoppervlak van de oudere bladen. Deze bladen worden abnormaal groot, dik leerachtig en bros en vallen spoedig af. Bij voortdurend stikstofgebrek blijven de planten klein, terwijl de bloei en vruchtzetting slecht is. Wanneer de planten weer de beschikking krijgen over voldoende stikstof verdwijnen de roode vlekken direct, het blad wordt weer groen en de planten gaan veel beter groeien. Deze verschijnselen beschreef Reincke bij potcultures, waarvan de grond sterk gekalkt was. Nadat de planten de gevolgen van het overmatig kalken

waren te boven gekomen, traden deze symptomen van stikstofgebrek op. Door Schropp en Zoller (1934) zijn verder symptomen van stikstofgebrek op watercultures voor gele en blauwe lupine beschreven. Bij gele lupine werd de bladkleur opvallend lichtgroen en de planten stierven af, nadat al het blad was afgevallen. Blauwe lupine kreeg een roodachtige violette kleur; de oudere bladen vielen af, zonder eerst te verwelken; de wortels bleven betrekkelijk kort, met opvallend dikke zijwortels.

#### b. Stikstofovermaat.

Volgens Merckenschlager (1921, en in Sorauer 1933, pag. 211) wordt bij jonge kiemplanten van lupine door stikstofovermaat de stofwisseling sterk geremd, doordat de zaden rijk aan eiwitten en arm aan koolhydraten zijn. Door toevoeging van  $\text{NH}_4\text{Cl}$  of  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  zouden zware voedingsstoornissen ontstaan. De kalkgevoeligheid en de gevoeligheid voor stikstof zouden langen tijd parallel lopen (ammoniakvorming en ophooping van aminozuren in de planten).

s' Jacob (1927) vond, dat erwten en boonen door overmaat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  sterk beschadigd werden. De wortels werden sterk aangetast, tengevolge waarvan de planten spoedig afstierven. Hij vermeldt echter niet op welke wijze de wortels werden aangetast. Bij boonen droogden de bladen van de randen af, in met groote bruine droge vlekken; bij erwten nam hij geen typische bladsymptomen waar. Bij overmaat  $\text{KNO}_3$  zag hij, bij boonen, dat de planten, vooral de bladen, uitermate sterk ontwikkeld waren. De vegetatieve groeiperiode was veel langer, dan bij normaal gevoede planten. Het wortelstelsel was kort, bijna roestbruin. Overmaat  $\text{KNO}_3$  had bij erwten in vele opzichten hetzelfde resultaat. In tegenstelling met boonen waren erwten niet zoo sterk ontwikkeld. Het wortelstelsel was bruin gekleurd en veel zwakker ontwikkeld dan van de controleplanten. Nòch bij erwten, nòch bij boonen kwamen wortelknolletjes tot ontwikkeling.

Mes (1930) beschreef bij tabak, dat bij het gebruik van ammoniumzouten de wortels snel verslijmde, vooral wanneer de reactie sterk zuur werd. De wortelhals werd bruin en iets ingesnoerd. Behalve met  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  was de ontwikkeling van planten, die  $\text{NH}_4$ -zouten kregen veel slechter dan van de planten, die nitraten kregen. Door aan een voedingsoplossing, waarin stikstof als  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  werd gegeven, het Ca als  $\text{CaCO}_3$  toe te dienen, werd de groei niet verbeterd. Door de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  concentratie sterker te maken ontstonden lichte droge bladvlekken, die eerst grijs waren en daarna bruin werden. De planten bleven klein en vertoonden een groote overeenkomst met planten, die aan kaligebrek leden. Ook s' Jacob heeft op een overeenkomst gewezen tusschen de bladsymptomen van kaligebrek en de door overmaat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  bij boonen veroorzaakte bladvlekken. Verder vond Mes dat bij de se-



ries met  $\text{NaNO}_3$  en  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  het blad iets gemarmerd was.

Door verschillende onderzoekers is aangetoond, dat de pH een belangrijke rol speelt bij de stikstofvoeding. Mevius (1928) vond voor maïs, dat bij neutrale tot alkalische reactie de nitraten een gunstiger invloed op de planten uitoefenden dan de ammoniumzouten. Bij zure reactie werkte ammoniakstikstof beter dan nitraatstikstof, terwijl hierbij ook 3 tot 6 maal meer ammoniakstikstof werd verdragen dan bij neutrale reactie. De opname van ammoniakstikstof was bij neutrale reactie beduidend sterker dan bij zure reactie. Bij pH 5,3 tot 5,6 was opname van  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$  ongeveer gelijk. Ook voor *Tradescantia fluminensis* vond hij, dat de  $\text{NH}_4$ -zouten bij neutrale reactie ongunstig werkten. De ongunstige invloed van ammoniakstikstof uitte zich bij maïs en *Tradescantia fluminensis* in een meer of minder sterke wortelbeschadiging.

Uit de onderzoeken van Pirschle (1929, 1930) is verder voor maïs, komkommer, sojaboonen, tabak en boon en gebleden, dat bij pH 6 ammoniakstikstof beter werkte dan nitraatstikstof. Bij erwten, haver en koolzaad waren de resultaten met nitraatstikstof bij deze pH echter beter dan met ammoniakstikstof. Boven pH 7 en beneden pH 5 werkte ammoniakstikstof veel ongunstiger dan nitraatstikstof.

Volgens Prianischnikow (1933) werken  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  door de physiologische zure reactie ongunstiger dan nitraten. Wanneer de pH constant op 7 werd gehouden, waren voor gerst, erwten en bieten de resultaten met  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  beter dan met  $\text{NaNO}_3$ . Bij pH 5,5 kon bij suikerbieten door de Ca-, Mg- en K-concentratie te verhoogen in een voedingsoplossing, waarin stikstof als  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  werd gegeven, de groei aanmerkelijk verbeterd worden. Bij pH 7 werkte  $\text{NaNO}_3$  veel beter, wanneer de concentratie van de Ca-, Mg- en K-zouten in de voedingsoplossing werd verlaagd. Hij komt tot de conclusie dat niet alleen door de waterstofionenconcentratie, maar ook door de concentratie van andere kat-ionen (speciaal Ca) te veranderen de plant zoodanig beïnvloed kan worden, dat haar optimale ontwikkeling of met de ammoniak- of met de nitraatvoeding samenvalt. De kat-ionen zouden hierbij antagonistisch werken (bijv. Ca en H). Verder vond hij dat ook tabak, op een voedingsoplossing met  $\text{NH}_4$ -stikstof, gunstig reageerde op een verhooging van de Ca-concentratie.

Stahl en Shive (1933) beschreven, dat de opname van ammoniakstikstof door haverplanten uit een oplossing, die evenveel  $\text{NH}_4$  als  $\text{NO}_3$  stikstof bevatte, in de eerste 18 dagen het sterkst was, daarna snel afnam en het minst was tegen den tijd, dat de planten hun volledige ontwikkeling hadden bereikt. De opname van  $\text{NO}_3$  stikstof was in de eerste 18 dagen gering, nam vervolgens geleidelijk toe, was het sterkst tegen den bloei en nam daarna weer af. De maximaal opgenomen hoeveelheid  $\text{NH}_4$  stikstof was ruim twee maal zooveel als de maximaal opgenomen hoeveelheid  $\text{NO}_3$

stikstof. Voor boekweit kwamen zij tot soortgelijke resultaten. Hierbij was de maximaal opgenomen hoeveelheid  $\text{NH}_4$  stikstof  $\pm$  zes maal zooveel als de maximaal opgenomen hoeveelheid  $\text{NO}_3$  stikstof. Het is echter te betreuren, dat zij de pH niet hebben opgegeven, waarbij deze proeven werden genomen en hoe het gedrag van de pH was gedurende de ontwikkeling van de planten.

## § 2. Eigen onderzoek.

Op 6 Juli 1935 werden 11 series aangezet op de oplossingen, die in tabel XIII zijn gegeven.

Oplossing I (weinig N, K als KCl, 9 planten, pH 6,5—6,8).

Al spoedig kreeg het blad een geelgroene kleur; de stengels en daarna ook de bladstelen en hoofdnerven der oudere bladeren werden na 3 weken donkerrood gekleurd, waarna onregelmatige donkerroode vlekken op den bovenkant van deze bladen verschenen. Deze vlekken vloeiden spoedig samen en gaven aan de bladen een volkomen donkerroode kleur. Ten slotte krulden de bladen naar onderen om en verschrompelden. Het jonge blad bleef eerst nog geelgroen. De planten bleven verder klein (zie foto 5), bloeiden slecht en vormden slechts enkele zeer kleine peulen. Ook de wortels groeiden slecht; de hoofdwortels bleven dun en hadden weinig, tamelijk lange, dunne zijwortels. Wortelknolletjes kwamen niet of slechts zeer sporadisch voor.

Deze symptomen van stikstofgebrek komen niet geheel overeen met de door Reincke waargenomen symptomen (zie literatuur-overzicht pag. 59). Van een dichtere beharing van het jonge blad, waardoor dit blad een zilverachtigen glans kreeg was bijv. niets te bespeuren. Ook werd het blad niet abnormaal groot, dik, leerachtig en bros. Daar echter de proeven van Reincke onder geheel andere omstandigheden zijn genomen en hierbij dus nog andere factoren een rol hebben gespeeld, is het te begrijpen dat de door hem en door mij waargenomen symptomen van stikstofgebrek niet geheel met elkaar overeenstemmen.

Oplossing II (weinig N, K als  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 9 planten, pH 6,5—6,8).

De planten ontwikkelden zich op dezelfde wijze als de planten van de vorige serie. Ook bij deze planten deden zich dezelfde symptomen van stikstofgebrek voor. De wortels hadden ook dezelfde habitus en knolletjes kwamen practisch niet voor. Het drooggewicht van beide series was verder ongeveer gelijk (zie tabel XIV). Hieruit blijkt dus dat de invloed van het Cl in Opl. I en het  $\text{SO}_4$  in Opl. II verwaarloosd kunnen worden.

Oplossing III (veel N als  $\text{KN}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$  en  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 8 planten).

In de eerste 10 weken liep de pH steeds van 6,5 terug tot 5,7,

TABEL XIII.  
Stikstofproeven

CONCENTR. IN MGR. PER L. (m.mol.).											
	Opl. I	Opl. II	Opl. III	Opl. IV	Opl. V	Opl. VI	Opl. VII	Opl. VIII	Opl. IX	Opl. X	Opl. XI
KNO <sub>3</sub>	100 (0,99)	100 (0,99)	1000(9,88)	1000 (9,88)					840 (9,89)	840 (9,89)	1180(4,57)
NaNO <sub>3</sub>			500 (6,24)	1060 (12,48)							
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4 H <sub>2</sub> O			500 (6,25)		400 (5,0)	400 (5,0)	540 (10,1)				
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>											
NH <sub>4</sub> Cl								660 (4,99)			
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)	500 (2,03)
MgSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)	500 (2,90)
CaSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)	250 (0,70)
Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)	250 (0,81)
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	670 (8,97)				740 (9,90)						
KCl											
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		770 (4,42)				860 (4,93)	860 (4,93)			860 (4,93)	860 (4,93)

De Opl. III en IV bevatten evenveel stikstof. Verder is in de opl. V t/m XI evenveel stikstof als in v. d. Crone aanwezig.

hierna van 6,5 op tot  $\pm 7,0$ . Dit was ook het geval in de series V en VI, die N als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kregen. Hieruit krijgt men den indruk, dat in een later ontwikkelingsstadium meer  $\text{NO}_3$  dan  $\text{NH}_4$  wordt opgenomen, terwijl dit in het begin juist andersom is. Volgens *Stahl en Shive* (1933) was dit bij haver en boekweit ook het geval.

De planten ontwikkelden zich op deze oplossing iets beter dan de controleplanten. Successievelijk werden echter de wortels van verschillende planten sterk beschadigd, waarna deze planten snel afstierven. De wortelbeschadiging verliep als volgt. Eerst werden de wortels zwart en min of meer slijmerig, waarna een desorganisatie plaats had. Dezelfde wortelbeschadiging had in alle oplossingen plaats, waarin stikstof als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  werd gegeven. Bij het beëindigen van de proeven waren van de 8 planten nog slechts 3 overgebleven. De wortels waren minder krachtig gebouwd dan die van de controleplanten, doch de bovengrondsche deelen waren iets beter ontwikkeld.

Oplossing IV (veel N als  $\text{KNO}_3$  en  $\text{NaNO}_3$ , 8 planten, pH 6,5—7,0).

Op deze oplossing groeiden de planten vrij slecht. Na ongeveer 6 weken ontstonden bij verschillende planten gele vlekjes op enkele van de oudere bladen, waardoor deze bladen er mozaiekachtig uitzagen. Dit symptoom kwam echter niet algemeen voor. Na ongeveer 6 weken verwelkten de bladen van 5 planten, de stengeltoppen verdroogden, waarna de planten afstierven. De wortels van alle planten hadden zich slecht ontwikkeld; de zijwortels waren vrij kort en dun en gering in aantal, terwijl er ook slechts weinig en dan nog kleine knolletjes tot ontwikkeling waren gekomen. De habitus van de wortels kwam overeen met die van de planten op de Opl. IX en X.<sup>1)</sup> De 3 overgebleven planten konden zich nog volledig ontwikkelen.

Oplossing V (N als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , K als KCl, 8 planten).

In de eerste 10 à 11 weken liep de pH van 6,5 steeds tot  $\pm 5,5$  terug, daarna van 6,5 op tot  $\pm 7,0$ .

De planten ontwikkelden zich iets krachtiger dan de controleplanten. De wortelgroei was echter minder krachtig; de zijwortels waren vrij kort, doch vaak zeer zwaar. De ontwikkeling van wortelknolletjes was zeer goed. Successievelijk werden echter de wortels van verschillende planten sterk beschadigd, tengevolge waarvan deze planten spoedig afstierven. Dit gebeurde ook nog tijdens den bloei bij 2 van de 3 overgebleven planten, waardoor bij het beëindigen van de proeven slechts 1 plant was overgebleven.

<sup>1)</sup> Zie de opmerking over Na-beschadiging Sub. opl. IX op pag. 65.



Photo 5.

v. d. Cronec.

Sol. I.

Sol. III.

Sol. IV.

Sol. V.

Sol. IX.

Sol. XI.

Oplossing VI (N als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , K als  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 8 planten).

Ook in deze oplossing liep de pH in de eerste 10 à 11 weken steeds van 6,5 terug tot  $\pm 5,5$ , daarna van 6,5 op tot  $\pm 7,0$ .

De planten van deze serie gedroegen zich op dezelfde wijze als de planten van de vorige serie. Ook bij deze planten werden de wortels successievelijk beschadigd, zoodat bij het beëindigen van de proeven slechts 2 planten waren overgebleven.

Oplossing VII (N als  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 8 planten).

De pH liep in de eerste 3 weken van 6,5 terug tot  $\pm 4,9$ , daarna tot  $\pm 5,6$ . Op deze oplossing groeiden de planten vrijwel niet. De bladen kregen spoedig een lichtgroene kleur. Daarna ontstonden gele vlekken op de oudere bladen, die kort daarop verwelkten. De stengeltoppen verdroogden en na 5 weken waren alle planten van deze serie afgestorven. De wortels ontwikkelden zich zeer slecht, waarbij de zijwortels lang en dun werden. Binnen 3 weken had een sterke wortelbeschadiging plaats, waarbij de wortels een sterk slijmerige consistentie kregen. Wortelknolletjes kwamen niet tot ontwikkeling. De bij deze planten waargenomen symptomen vertoonden een groote overeenkomst met de verschijnselen, die zich voordeden bij een te zure reactie (pH 3) van de voedingsoplossing (zie hoofdstuk II). Waarschijnlijk is de opname van  $\text{NH}_4$  in Opl. VII te sterk geweest, waardoor een sterke wortelbeschadiging heeft plaats gehad. Op v. d. C r o n e is bij pH 3 de sterke wortelbeschadiging door de H-ionen en de overige in de oplossing aanwezige ionen veroorzaakt.

Oplossing VIII (N als  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 8 planten).

De pH liep in de eerste 3 weken van 6,5 terug tot  $\pm 5,0$ , daarna van 6,5 tot  $\pm 5,8$ .

Bij de planten op deze oplossing deden zich dezelfde symptomen voor als bij de planten op Opl. VII. Ook deze serie was na 5 weken afgestorven.

Oplossing IX (N als  $\text{NaNO}_3$ , K als  $\text{KCl}$ , 8 planten, pH 6,5—7,1).

De groei op deze oplossing was gering en de bladen kregen spoedig een lichtgroene kleur. De wortelgroei was slecht; de zijwortels waren meestal tamelijk kort, dun en gering in aantal en wit van kleur. Er werden nog vrij veel kleine wortelknolletjes gevormd. Bij één der proefplanten werden bijna geen zijwortels gevormd; de stengeltop verdroogde langzamerhand en na een maand was deze plant afgestorven.

Bij de proeven over kaligebrek (hoofdstuk IV) werd N ook als  $\text{NaNO}_3$  gegeven. De bladkleur van de planten met kaligebrek was echter donkergroen, doch de wortels waren ongeveer op dezelfde wijze samengesteld. Waarschijnlijk is het Na de oorzaak van den slechten wortelgroei geweest.

Oplossing X (N als  $\text{NaNO}_3$ , K als  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 8 planten, pH 6,5—7,1).

Deze serie ontwikkelde zich op dezelfde wijze als de vorige serie. Bij 2 planten was de wortelgroei zeer slecht; de stengeltoppen verdroogden en na een maand waren deze planten afgestorven.

Oplossing XI (N als  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 8 planten).

De pH liep in de eerste 8 weken steeds van 6,5 op tot 6,9, daarna tot 7,3. In het begin groeiden de planten vrij goed, doch op den duur bleven ze sterk in ontwikkeling achter bij de contrôleplanten. Na 2 maanden waren 2 planten sterk chlorotisch geworden en kort daarop stierven deze planten af onder symptomen van ijzergebrek. De overige planten vertoonden lichte symptomen van ijzergebrek; het blad werd licht chlorotisch en het wortelstelsel had de voor ijzergebrek typische habitus. (zie afb. IV op pag. 46). Langs de hoofd- en zijwortels ontstonden voorts talrijke zéér kleine knolletjes.

Op 27 September, dus na 12 weken, werden de planten opge-ruimd en werd het drooggewicht bepaald. De gemiddelde drooggewichten zijn in tabel XIV opgenomen.

TABEL XIV.

Oplossing	GEM. DROOGGEWICHT IN GR.			aantal planten
	bovengrondsche deelen	wortels	geheele plant	
I (weinig N)	1,04 ± 0,03	0,36 ± 0,02	1,40 ± 0,05	9
II ( id. )	1,06 ± 0,07	0,37 ± 0,02	1,43 ± 0,09	9
III ( $\text{KNO}_3 + \text{NaNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ )	4,11 ± 0,16	1,04 ± 0,05	5,15 ± 0,21	3
IV ( $\text{KNO}_3 + \text{NaNO}_3$ )	2,61 ± 0,11	0,62 ± 0,07	3,23 ± 0,18	3
V ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )	3,96	0,98	4,94	1
VI ( id. )	3,93 ± 0,20	1,21 ± 0,10	5,14 ± 0,29	2
IX ( $\text{NaNO}_3$ )	1,37 ± 0,24	0,36 ± 0,07	1,73 ± 0,30	7
X ( id. )	1,25 ± 0,14	0,41 ± 0,06	1,66 ± 0,20	6
XI $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,65 ± 0,12	0,55 ± 0,09	2,20 ± 0,19	6
v. d. Crone	3,72 ± 0,14	1,45 ± 0,04	5,17 ± 0,17	10

Van de series III, IV, V, VI, IX, X en XI zijn resp. 5, 5, 7, 6, 1, 2 en 2 planten vóór het beëindigen van de proeven afgestorven.

#### Samenvatting.

Uit de in dit hoofdstuk beschreven proeven is dus het volgende gebleken.

Bij stikstofgebrek krijgt het blad spoedig een geelgroene kleur, waarna eerst de stengels en daarna de bladstelen en hoofdnerfen der oudere bladen donkerrood worden. Vervolgens ontstaan onregelmatige donkerroode vlekken op den bovenkant van deze bladen. De roode vlekken geven door samenvloeiing aan de bladen een volkomen donkerroode kleur. De bladen krullen tenslotte naar onderen om en verschrompelen. Het jonge blad blijft eerst nog geelgroen. De planten blijven verder klein, bloeien slecht en vormen slechts enkele zeer kleine peulen. De hoofdwortels blijven dun en hebben weinig, tamelijk lange, dunne zijwortels.

Wanneer stikstof als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  wordt gegeven, is de wortelgroei minder krachtig dan die van de controleplanten. Er worden betrekkelijk weinig zijwortels gevormd, die vrij kort blijven, doch vaak zeer zwaar worden. Successievelijk worden de wortels sterk beschadigd, waarbij ze zwart en min of meer slijmerig worden, terwijl hierna een desorganisatie optreedt. Kort hierop sterven de planten af. Wanneer echter de wortelbeschadiging niet plaats heeft, ontwikkelen de bovengrondsche deelen zich iets forscher dan die van de controleplanten.

Wanneer stikstof als  $\text{NH}_4\text{Cl}$  of  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  wordt gegeven, groeien de planten zeer slecht. Het blad wordt spoedig lichtgroen, waarna gele vlekken op de oudere bladen verschijnen. Deze bladen verwelken spoedig en de planten sterven af, nadat de stengeltoppen verdroogd zijn. De wortels worden spoedig sterk beschadigd en krijgen een sterk slijmerige consistentie.

Wanneer stikstof als  $\text{NaNO}_3$  wordt gegeven is de groei gering en krijgen de bladen spoedig een lichtgroene kleur. De wortels ontwikkelen zich slecht, zijn wit van kleur, terwijl de zijwortels vrij kort, dun en gering in aantal zijn.

Wanneer stikstof als  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  wordt gegeven groeien de planten slecht en vertoonen na eenigen tijd symptomen van ijzerebrek.



## HOOFDSTUK IX.

### BORIUM.

De door gebrek of overmaat van borium veroorzaakte ziektesymptomen.

#### § 1. Literatuuroverzicht.

##### a. Boriumgebrek.

Uit de onderzoekingen van de laatste 20 jaar is wel duidelijk gebleken, dat borium tot de onmisbare elementen gerekend dient te worden.

Oorspronkelijk meende men slechts met een stimuleerende werking te doen te hebben, doch de onderzoekingen van Warington (1923) toonden de onmisbaarheid van borium voor *leguminozen* duidelijk aan. Dit werd hierna door tal van onderzoekers voor vele andere planten aangetoond.

Een overzicht van de oudere literatuur geeft Brenchley (1927). Sindsdien zijn nog talrijke onderzoekingen verschenen, o.a. van Sommeren Lipman (1926), die verschijnselen van boriumgebrek waarnamen bij boonen, katoen, boekweit, *Ricinus*, vlas mosterd en gerst, s'Jacob (1927) bij tuinboonen, Swanback (1927), Mc. Murtrey (1929), Mes (1930) en van Schreven (1934) bij tabak, Johnstonen Dore (1928), Johnston en Fisher (1930) en van Schreven (1935) bij tomaten, Haas en Reed (1927), Haas (1930) en Haas en Klotz (1931) bij Citrus, Brandenburg (1931, 1932, 1934,) bij voeder- en suikerbieten, Mc. Hargue en Calfee (1932, 1933) bij *Lactuca*, van den Honert (1932) bij suikerbiet, van Overbeek (1934) bij maïs en van Schreven (1935) bij aardappels.

Uit de praktijk zijn verder enkele belangrijke ziekten bekend geworden, die door boriumgebrek werden veroorzaakt, zoals de

topsterfte van tabak (Mes, 1930; M. c. Murtrey, 1935) en het hartrot (Herz- und Trockenfäule) der bieten (Brandenburg, 1931—'34).

Uit de verschillende onderzoeken is gebleken, dat de planten slechts zeer geringe hoeveelheden borium nodig hebben. Van den Honert (1932) vond bijv., dat bij het suikerriet reeds 0,01 mgr. boorzuur per L. in watercultures de groei reeds belangrijk verbeterde, terwijl bij 0,1 mgr. per L. geen gebreksverschijnselen meer zichtbaar waren.

Door boriumgebrek wordt de groei van de jonge meristeemen direct sterk geremd. Men ziet, dat de jonge spruiten en wortels langzaam beginnen te groeien, waarna ten slotte een groeistilstand optreedt. De stengeltoppen worden zwart en de planten sterven daarna snel af. Zijspruiten gaan vaak uitgroeien, waarvan na eenigen tijd de toppen ook zwart worden en afsterven. Het blad krult naar onderen om en wordt vaak hard, dik en bros. Op de bladschijf treden gele of zwarte vlekken op, terwijl de nerven soms een gele kleur krijgen. De bladstelen worden zwart en breken makkelijk af. Soms ontstaan ook zwarte strepen langs den stengel. De wortelgroei stagneert spoedig. Tal van zijwortels ontstaan, die echter kort, dik en stomp blijven. Meestal zijn de gebreksverschijnselen het eerst aan de wortels waar te nemen.

Bij *Monocotylen* zijn de gebreksymptomen geheel anders. Van den Honert (1932) nam op het blad van suikerriet kleine doorzichtige witte plekjes waar. Verder trad een sterke groeistagnatie op en een abnormaal sterke uitstoeling, die opnieuw stagneerde. Van Overbeek (1934) vond bij maïs witte transparante strepen in de lengte van het blad. De wortels waren echter slechts weinig minder sterk ontwikkeld, dan die van de gezonde planten.

De sterkte van de ziekteverschijnselen wordt verder nog beïnvloed door den zuurgraad. Zoo vond s' Jacob (1927) voor *Vicia faba*, dat de ziekteverschijnselen bij pH 6,5 veel sterker waren dan bij pH 8. Mes (1930) vond echter voor tabak, dat de symptomen in alkalisch milieu iets sterker waren dan in zuur milieu. Dit vond Brandenburg (1932) ook voor bieten. Het hartrot trad bij ongeveer neutrale reactie aanmerkelijk vroeger op, dan bij zure reactie, terwijl bovendien de ziektesymptomen sterker waren.

#### b. Boriumovermaat.

Behalve boriumgebreksverschijnselen zijn uit de praktijk ook nog verschijnselen bekend geworden van beschadiging door te veel borium, bijv. in Zuid-Californië, tengevolge van een te sterke concentratie van boraten in het irrigatiewater. Hierover verschenen publicaties van Plummer en Wolf (1920), Kelley en Brown (1928), Scofield en Wilcox (1931) en Eaton (1935). Christensen (1934) beschreef, dat bij gerst waargenomen bladvlekken, die aanvankelijk aan *Helminthosporium gra-*

*minum* werden toegeschreven, door boriumovermaat werden veroorzaakt. Verder werden beschadigingsverschijnselen op watercultures waargenomen door Collings (1927) bij sojaboonen, s' Jacob (1927) bij erwten en boonen en Géigel (1935) bij *Spirodella* en *Chlorella*. Een literatuuroverzicht betreffende boriumbeschadiging is voorts door Brenchly (1927) en Heald (1933) gegeven.

De beschadigingssymptomen zijn in het algemeen het geel of bruin worden van de bladranden. Van hieruit breidt de verkleuring zich tusschen de zijnerven naar de hoofdnerf toe uit. Ook kunnen bruine necrotische plekken tusschen de nerven voorkomen. De symptomen treden soms op de oudere, soms op de jongere bladen het eerst op. In het laatste geval groeit het jonge blad niet meer normaal uit. Bij monocotylen worden de bladtoppen geel of bruin en sterven af. Bij vruchtboomen heeft er vaak een sterke gomafscheiding plaats en een verdikking van de bast onder de knoopen. Een sterke gomafscheiding komt echter ook bij boriumgebrek en andere physiologische stoornissen voor (H a a s, 1930; H a a s en K l o t z, 1931).

## § 2. Eigen onderzoek.

Op 30 Augustus 1932 werden 5 series van 10 planten op v. d. Crone aangezet. De series kregen resp. 0, 0,25, 0,50, 0,75 en 1,0 mgr. boorzuur per L. (0, 0,004, 0,008, 0,012 en 0,016 m.mol.). De pH van de voedingsoplossingen schommelde steeds tusschen 6,3 en 6,8, ook wanneer later de boorzuurconcentratie in verschillende oplossingen sterk werd verhoogd.

Na ongeveer 4 weken waren duidelijke verschillen waar te nemen tusschen de reeksen met en zonder borium. Bij de reeks zonder borium waren aan de wortels van alle planten toen de karakteristieke symptomen van boriumgebrek duidelijk zichtbaar geworden. De gevormde zijwortels groeiden niet verder uit, bleven kort, dik en stomp, terwijl de worteltoppen zwart werden. Deze typische habitus van de wortels is op foto 6 duidelijk te zien. Aan de spruiten was aanvankelijk weinig te zien, doch langzamerhand had een sterke groeistagnatie plaats. Na 6 weken hadden de planten zonder borium 5 à 6 blaadjes gevormd en alle planten met borium 15 à 16. Het blad kreeg op den duur onregelmatige gele vlekken en verwelkte. De stengeltoppen werden bruin en verdroogden geheel. Zijspruiten kwamen niet tot ontwikkeling. De wortels waren intusschen geheel zwart en slijmerig geworden en na ongeveer 2 maanden waren de planten afgestorven.

Toen de wortels duidelijke verschijnselen van boriumgebrek vertoonden, werd bij 5 van de 10 planten 0,25 mgr. boorzuur per L aan de voedingsoplossing toegevoegd. Twee planten stierven echter snel af door *Pythium*infectie. De 3 overige planten hadden 3



Photo 6. — Plants in v. d. Crone solution.  
Left no boron; middle  $\frac{1}{4}$  mgr.  $H_3BO_3$  per Liter after 4 weeks; right check plants with  $\frac{1}{4}$  mgr.  $H_3BO_3$  per Liter.

weken later krachtige nieuwe zijwortels gevormd. De blaadjes werden ook weer donkergroen en de spruiten begonnen weer te groeien. Een merkwaardig verschijnsel was, dat bij geen van de planten, ook niet bij de contrôleplanten, wortelknolletjes werden gevormd. Een kunstmatige infectie met de knolbacteriën had geen succes. Bij de proeven in 1934 en 1935 kregen daarentegen de contrôleplanten altijd knolletjes, zonder dat hierbij een kunstmatige infectie hoefde te worden toegepast.

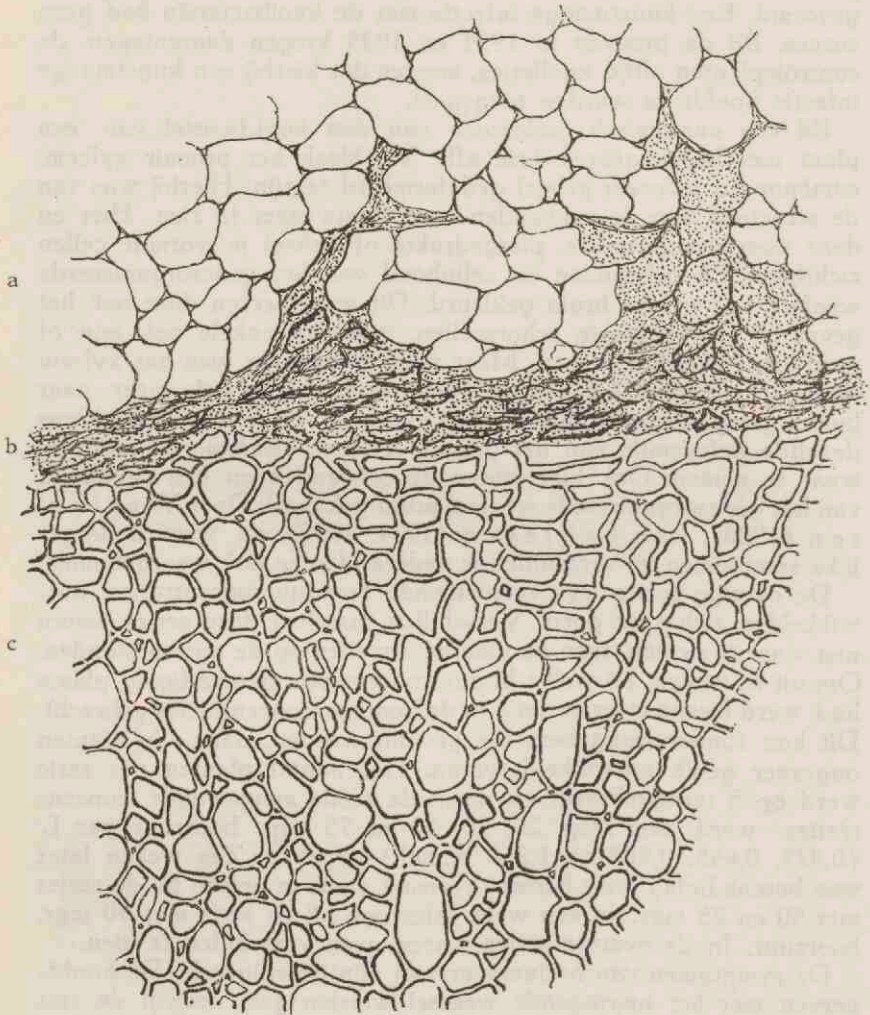
Bij een anatomisch onderzoek van den hoofdwortel van een plant met boriumgebrek (zie afb. V) bleek het primair xyleem, cambium en phloem geheel gedefformeerd te zijn. Hierbij was van de structuur van de celwanden haast niets meer te zien. Hier en daar waren langgerekte, platgedrukte of geheel misvormde cellen zichtbaar. De celwanden en celinhoud van het gedesorganiseerde weefsel was geheel bruin gekleurd. Dit was hier en daar ook het geval bij de binnenste schorscellen, waarvan enkele ook min of meer gedefformeerd waren. Meer naar binnen toe was het xyleem normaal gebouwd, hetgeen ook het geval was met de meer naar buiten gelegen schorscellen. In het hypocotyl en in den stengel was dezelfde deformatie van het primair xyleem, cambium en phloem waar te nemen. Ook hier waren de celwanden en den celinhoud van het gedesorganiseerde weefsel bruin gekleurd. Door *W a r i n g t o n* (1926), van *S c h r e v e n* (1934, 1935) e.a. werden dergelijke symptomen bij verschillende andere planten ook waargenomen.

De overige series met verschillende boorzuurconcentraties ontwikkelden zich zeer goed. Verschillen tusschen deze series waren niet waar te nemen, toen de planten 3 weken op de potten stonden. Om uit te maken, bij welke boriumconcentratie beschadiging plaats had, werd hierna meer variatie in de boorzuurconcentraties gebracht. Dit kon zonder enig bezwaar gedaan worden, daar alle planten ongeveer gelijk ontwikkeld waren. Het aantal planten per serie werd op 5 teruggebracht en naast de reeds aangewende concentraties, werd nog resp. 20, 40, 50 en 75 mgr. boorzuur per L. (0,323, 0,645, 0,806 en 1,210 m.mol.) gegeven. Zes weken later was beschadiging door boriumovermaat waar te nemen bij de series met 50 en 75 mgr. en een week later ook bij de serie met 40 mgr. boorzuur. In de overige series waren geen verschillen te zien.

De symptomen van boriumovermaat zijn de volgende. De hoofdnerven met het omringende weefsel worden geel, terwijl de rest van het bladoppervlak eerst nog een normale groene kleur heeft. Tegelijkertijd krijgen de blaadjes droge grijze toppen, waarna ze van de toppen af indrogen. Meestal vallen de blaadjes af, voordat ze geheel verdroogd zijn. De jonge blaadjes blijven toegevouwen en verschrompelen. Tenslotte verdrogen ook de stengeltoppen, waarna de planten afsterven. De wortels groeien niet verder en worden op den duur bruin.

Om uit te maken, of de planten gedurende de verdere groei nog

borium noodig hebben, werd in het voorjaar van 1935 aan 5 planten, die eerst een maand lang borium hadden gehad en zich krachtig hadden ontwikkeld, geen borium meer gegeven. Deze planten



Afbeelding V

Boriumgebrek. Hoofdwortel dwars vergr. 280  $\times$

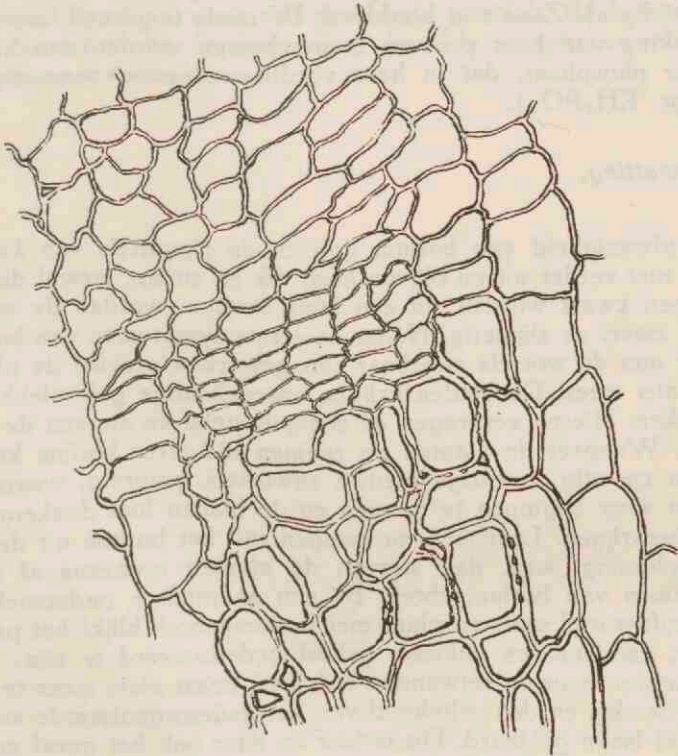
a. schors; b. gedefformeerd cambium, primair xyleem en phloem; c. xyleem.

waren 7 weken later afgestorven. De oorspronkelijk krachtige wortels waren zwart en slijmerig geworden. De bladen kregen gele vlekken en verwelkten, terwijl tenslotte de stengeltoppen verdroog-

den en de planten afsterven. Hieruit blijkt dus, dat *Lupinus luteus* ook in een ouder stadium borium noodig heeft.

Proeven met *Lupinus albus*.

In aansluiting op de vorige proeven werden nog eenige proeven met witte lupine gedaan. Ook hier traden bij het weglaten van borium uit de voedingsoplossing binnen een maand sterke symptomen van boriumgebrek op. De wortels vertoonden dezelfde ver-



Afbeelding VI.

Iets oudere gezonde plant. Hoofdwortel dwars vergr. 280  $\times$ .

schijnselen als ik bij gele lupine heb waargenomen. De bladvlekken waren hier echter anders. Op het blad verschenen na 6 weken onregelmatige gele vlekken, die aan de bladranden en tusschen de nerven samenvloeiden, waarbij tenslotte de hoofdnerf en enkele zijnerf met een strookje aangrenzend weefsel donkergroen afstaken. Verder ontstonden hier en daar tusschen de nerven, maar vooral aan de bladranden bruine necrotische plekken. Het blad had ook vaak een gebobbeld uiterlijk, zooals M e s (1930) dit ook

bij tabak waarnam. Deze gebreksverschijnselen lijken heel veel op symptomen van boriumovermaat, die Scofield en Wilcox (1931) voor *Citrus* beschreven en waarvan ze een duidelijke gekleurde afbeelding hebben gegeven. Bij 20 mgr. boorzuur per liter had beschadiging plaats. De verschijnselen van boriumovermaat waren bij *Lupinus albus* dezelfde als bij *Lupinus luteus*.

Brenchley (1914) heeft ook nog de invloed van borium op witte en gele lupine trachten na te gaan, maar ze kon geen normale planten op watercultures krijgen. Al haar planten stierven altijd vroegtijdig af. Zoals in hoofdstuk IV reeds is gezegd, moet deze mislukking van haar proeven toegeschreven worden aan het oplosbaar fosfaat, dat in haar voedingsoplossing aanwezig was (0,5 gr.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ).

### Samenvatting.

Bij afwezigheid van borium groeien de zijwortels van *Lupinus luteus* niet verder uit en blijven kort, dik en stomp, terwijl de worteltoppen zwart worden. In een later stadium worden de wortels geheel zwart en slijmerig. Nadat de eerste symptomen van boriumgebrek aan de wortels zichtbaar zijn geworden groeien de planten haast niet meer. De bladen krijgen onregelmatige gele vlekken en verwelken. Hierna verdrogen de stengeltoppen en sterven de planten af. Wanneer de planten na eenigen tijd weer borium krijgen, worden spoedig krachtige nieuwe zijwortels gevormd, waarna de planten weer beginnen te groeien en de bladen hun donkergroene kleur herkrijgen. Laat men na eenigen tijd het borium uit de voedingsoplossing weg, dan sterven de planten eveneens af onder symptomen van boriumgebrek. Bij een anatomisch onderzoek van den hoofdwortel van een plant met boriumgebrek blijkt het primair xyleem, cambium en phloeem geheel gedefformeerd te zijn. Van de structuur van de celwanden is hierbij haast niets meer te zien. De celwanden en den celinhoud van het gedesorgeriseerde weefsel is geheel bruin gekleurd. Dit is hier en daar ook het geval met de binnenste schorscellen. Enkele van deze cellen zijn ook min of meer gedefformeerd. Meer naar binnen toe is het xyleem normaal gebouwd. In het hypocotyl en in den stengel is dezelfde deformatie van het primair xyleem, cambium en phloeem waar te nemen. Ook hier zijn de celwanden en den celinhoud van het gedesorgeriseerde weefsel bruin gekleurd.

Bij een overmatige toediening van borium worden de hoofdnerfven met het omringende weefsel geel, terwijl de rest van het blad eerst nog een normale groene kleur behoudt. Tegelijkertijd krijgen de blaadjes droge grijze toppen, waarna ze van de toppen af indrogen. Meestal vallen de blaadjes af, voordat ze geheel verdroogd zijn. De jonge bladen blijven toegevouwen en verschrompelen. Tenslotte



verdrogen de stengeltoppen en sterven de planten af. De wortels groeien in het geheel niet verder en worden donkerbruin.

Bij *Lupinus albus* doen zich dezelfde verschijnselen van boriumgebrek bij de wortels voor. De bladsymptomen zijn echter anders. Op de bladen verschijnen onregelmatige gele vlekken, die aan de randen en tusschen de nerven samenvloeien, waarbij de hoofd-nerven en enkele zijnerfen met een strookje aangrenzend weefsel donkergroen afsteken. Verder ontstaan hier en daar tusschen de nerven en vooral aan de bladranden bruine necrotische plekken. Ook heeft het blad vaak een gebobbeld uiterlijk. Bij boriumovermaat doen zich bij *Lupinus albus* dezelfde symptomen voor als bij *Lupinus luteus*.

## HOOFDSTUK X.

### MANGAAN, ALUMINIUM EN ZINK.

#### § 1. Literatuuroverzicht.

##### 1. Mangaan.

##### a. De door mangaangebrek veroorzaakte symptomen.

Evenals borium heeft men op grond van tal van onderzoekingen aan mangaan een plaats onder de onmisbare elementen toegekend. Mazé (1914) was de eerste, die aantoonde, dat mangaan onmisbaar was voor hogere planten. Hij toonde dit aan met watercultures. Mc Hargue (1922, 1923), Gilbert en Mc Lean (1928) e.a. bevestigden dit met zandcultures. Mc Hargue (1922, 1923, 1926) toonde voorts de onmisbaarheid van mangaan aan voor verschillende leguminosen, radijs, spinazie, *Lactuca*, kool, wortelen, tomaten en tarwe. De leguminosen bleken gevoeliger voor mangaangebrek te zijn dan de overige planten. De resultaten van Mc Hargue werden naderhand door verschillende onderzoekers bevestigd. Voorts nam Miller (1933) ook nog verschijnselen van mangaangebrek waar bij gerst, rogge en tabak. Hij toonde aan, dat tomaten, die aan mangaangebrek leden ook te genezen waren door een verdunde oplossing van mangaansulfaat in de stengels te spuiten. Mc Lean (1927) behaalde dezelfde resultaten met spinazie, door mangaan via de stomata toe te dienen. Brandenburg (1932) beschreef symptomen van mangaangebrek bij suikerbieten, Hopkins (1930, 1931) bij *Chlorella* en *Lemna minor*. Mc Hargue en Calfee (1932) en Clark (1933) bij *Lemna major* en Saeger (1933) bij verschillende andere *Lemnaceae*.

Een uitgebreid literatuuroverzicht over de door mangaangebrek veroorzaakte symptomen wordt door Brenchley (1927), Samuel en Piper (1929) en Scharrer en Schropp (1934) gegeven.

De symptomen van mangaangebrek werden door de oudere onderzoekers als „chlorose” beschreven. Samuel en Piper (1929)

hebben er op gewezen, dat deze benaming niet juist was, daar mangaangebrek geen gewone chlorose veroorzaakt.

Bij *Dicotylen* ontstaan gele vlekken tusschen de nerven, terwijl de nerven zelf groen blijven. Soms ontstaan bovendien bruine necrotische plekken tusschen de nerven. De planten blijven verder klein. Bij *Monocotylen* ontstaan bruine strepen van necrotisch weefsel tusschen de nerven, terwijl het blad onder een scherpe hoek doorknipt. In ernstige gevallen sterft het vegetatiepunt af en verschrompelen de bladen geheel.

In de praktijk komt mangaangebrek vaak voor, speciaal op alkalische gronden.

Samuel en Piper (1929) toonden aan, dat de Veenkoloniale haverziekte door mangaangebrek wordt veroorzaakt. Voorts vonden Lee en Mc Hargue (1928) dat het z.g. „Pahala Blight” van het suikerriet op Hawaii eveneens een gevolg was van mangaangebrek. Haas (1932) constateerde verder nog mangaangebrek bij Citrus in Californië.

Door Gilbert, Mc Lean en Hardin (1926), Mc Lean (1927), Gilbert en Mc Lean (1928), Schreiner en Dawson (1927), Mann (1930) e.a. werden proeven over mangaangebrek gedaan op zwaar gekalkte gronden. Deze gronden bleken weinig oplosbaar mangaan te bevatten. Ze vonden dat toediening van ijzer geen succes had. Mann vond dat het kalken geen invloed had op de ijzeropname. Over den invloed van het kalken op de beschikbaarheid van mangaan en ijzer wordt door Willis (1932) een uitvoerig literatuuroverzicht gegeven.

Uit de verschillende publicaties blijkt, dat de zuurgraad een grooten invloed heeft op de oplosbaarheid van mangaan. Mc George (1924) kon mangaan in grondextract alleen aantoonen, wanneer de pH lager dan 5,8 was. Olsen (1934) vond, dat het mangaangehalte van bladen van verschillende planten evenredig met de waterstofionenconcentratie toenam. In watercultures werd de grootste hoeveelheid mangaan tusschen pH 6 en 7 opgenomen. Naarmate hij de concentratie van het mangaansulfaat in de voedingsoplossing sterker maakte, werd door de planten ook meer mangaan opgenomen. Volgens hem is het mangaan in het bodemvocht van zure gronden vermoedelijk als mangano-ion aanwezig, daar de manganozouten alleen in zure oplossing stabiel zijn. In neutrale of alkalische gronden zou mangaan eventueel tot onoplosbaar  $MnO_2$  geoxydeerd worden.

b. De door mangaanovermaat veroorzaakte ziektesymptomen.

In zuur milieu komt wel eens mangaanbeschadiging voor doordat hierin te veel mangaan in oplossing is.

s' Jacob (1927) beschreef behalve een stimuleerende werking van mangaan op erwten ook nog symptomen van mangaanovermaat

bij erwten en boonen. Op de stengels en bladen ontstonden bruine stippels. De planten waren echter donkerder groen dan de controleplanten.

In de praktijk zijn voorts ook nog verschijnselen, door overmaat van mangaan veroorzaakt, waargenomen.

Jacobson en Swanback (1929, 1932) en Bortner (1935) constateerden de volgende symptomen van mangaanovermaat bij tabak op zure gronden. Het blad bleef klein en het topblad kreeg een geelgroene kleur. Later ontstonden gele vlekjes tusschen de fijnste nerven. Tenslotte ging het blad omkrullen en verschenen bruine onregelmatige vlekken op het bladoppervlak. Na toevoeging van kalk aan den grond verdwenen deze symptomen weer. Bortner vond ook nog een correlatie tusschen de mate van beschadiging door mangaanovermaat, het percentage mangaan in de planten en de hoeveelheid mangaan in de grondextracten.

Haas (1932) beschreef tenslotte ook nog verschijnselen van mangaanovermaat bij *Citrus*. Er ontstonden soms droge ingezonken plekken aan weerskanten van het blad, zonder dat het blad chlorotisch werd. Bij toediening van zeer veel mangaan werd het blad chlorotisch en ontstonden brandplekken aan den bovenkant en droge ingezonden plekken aan den onderkant van het blad. Verder werd bij enkele *Citrus*-soorten het weefsel om de nerven bruin gekleurd. Ook had er een sterke gomafscheiding plaats, welk verschijnsel hij echter ook bij mangaangebrek, te veel of te weinig borium, enz. waarnam.

Over de functie van mangaan bestaan verschillende theorieën. Zoo meent Mc Hargue, dat mangaan een rol speelt bij de chlorophylvorming en bij de koolzuurassimilatie. Miller (1933) vond bij tomaten, dat het suikergehalte van planten, die geen mangaan hadden gekregen veel lager was, dan van planten, die wel mangaan hadden gehad. In verband hiermee meent hij dat mangaan een belangrijke rol speelt bij de suikersynthese.

Volgens Hopkins (1930) regelt mangaan de verhouding Ferro-Ferri in het milieu en in de planten. Mangaan zou heroxydatie van ijzer mogelijk maken, na reductie door het organisme. Door te veel mangaan zou de concentratie van Ferri-ionen te hoog, of de reductie door het organisme verhinderd worden. In verband hiermee noem ik een door Johnson (1924) op Hawaii beschreven ziekte „pine apple yellows” die veroorzaakt werd door te veel mangaan in den bodem. Het mangaan was hier in hoofdzaak als  $MnO_2$  aanwezig. Door bespuiting met een ijzeroplossing kon de ziekte worden genezen. Volgens hem zou het  $MnO_2$  het ijzer tot de moeilijk opneembare Ferrivorm oxydeeren.

## 2. Aluminium.

Voor dit element is de onmisbaarheid tot dusver nog niet bewezen. Mazé (1919) meende dit wel voor maïs te hebben aan-

getoond, doch zijn proeven zijn nog tamelijk primitief, zoodat hieruit geen conclusies getrokken kunnen worden. Zoo werkte hij bijv. met series van 4 à 5 planten, waarvan 3(2) op potten van 4 à 5 L. en 2 op potten van 2 L. werden gekweekt. Aan het eind van de proeven bepaalde hij het drooggewicht van één plant per serie, afkomstig van de groote potten. Het verschil in drooggewicht tusschen de planten met en zonder Al was ook niet groot genoeg om hiermee de onmisbaarheid van aluminium te bewijzen. Symptomen van aluminiumgebrek heeft hij ook niet beschreven. Sommer (1926) vond een stimuleerende werking op erwten en pluimgierst. Vooral het gewicht van de zaden bleek bij pluimgierst belangrijk toe te nemen. Een zwakke stimuleerende werking van aluminium vonden ook Mc Lean en Gilbert (1928) op gerst, doch hierbij waren hun resultaten nogal onregelmatig.

### 3. Zink.

De door zinkgebrek veroorzaakte symptomen.

Tot dusver is nog maar voor betrekkelijk weinig planten aangetoond, dat zink een onmisbaar element is. Mazé (1914) toonde dit aan voor maïs op watercultures, Sommer en Lipman (1926) en Sommer (1928) voor zonnebloemen, gerst, boekweit en tuinboonen. Zonder zink bleven de planten klein en stierven vaak vroegtijdig af. Brenchley (1927) kon voor gerst geen gunstige invloed van zink aantoonen. Ze heeft verder de oudere literatuur over den invloed van zink uitvoerig behandeld. Scharrer en Schropp (1934) vonden voor rogge op zandcultures en maïs op watercultures een stimuleerende werking van zink. Hun resultaten zijn echter niet overtuigend. Bovendien is de pH van de voedingsoplossingen met en zonder zink niet gelijk en kunnen de verschillen ook hieraan worden toegeschreven.

In de praktijk werd zinkgebrek geconstateerd door Barnette en Warner (1935) bij maïs en door Reed en Dufrénoy (1935) bij *Citrus*. De eerstgenoemde onderzoekers vonden, dat „white bud” van maïs genezen kon worden door toediening van zinksulfaat. De symptomen waren witte necrotische plekken op het blad en gele strepen tusschen de nerven. De jonge spruiten werden vaak wit of lichtgeel. Op de oudere bladen ontstonden steeds grooter wordende necrotische plekken, waardoor deze bladen tenslotte afstierven. De planten groeiden slecht en de internodiën bleven kort. Reed en Dufrénoy genazen bij *Citrus* een soort van „mottle leaf” door behandeling met zinksulfaat via den grond of door bespuiting. Bij *Citrus* kan „mottle leaf” echter ook door verschillende andere physiologische stoornissen veroorzaakt worden. Dit begrip is dan ook zeer vaag, zoodat „mottle leaf” niet als een typisch verschijnsel van zinkgebrek mag worden beschouwd. Reed en Dufrénoy meenen verder, dat zink nauw verbonden is met het oxydatie-reductievermogen van de bladcellen.

§ 2. *Eigen onderzoek.*

Op 8 Maart 1935 werden 17 series op von der Crone aangezet, met borium, mangaan, aluminium en zink in verschillende combinaties, die in onderstaande tabel XV zijn opgegeven. Verder kregen alle series 0,1 mgr. kopersulfaat per liter.

TABEL XV.

Serie	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 0,5 mgr. per L. (0,008 m. mol.)	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O in mgr. per L. (m. mol.)	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .16H <sub>2</sub> O 0,5 mgr. per L. (0,0008 m. mol.)	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O 0,5 mgr. per L. (0,0017 m. mol.)	Aantal plan- ten
I	—	—	—	—	10
II	—	0,5 (0,002)	—	—	10
III	—	20,— (0,090)	—	—	10
IV	—	—	+	—	10
V	—	—	—	+	8
VI	—	0,5 (0,002)	+	—	10
VII	—	0,5 (0,002)	—	+	8
VIII	—	—	+	+	8
IX	+	—	—	—	5
X	+	0,5 (0,002)	—	—	10
XI	+	20,— (0,090)	—	—	5
XII	+	40,—* (0,180)	—	—	5
XIII	+	0,5 (0,002)	+	—	10
XIV	+	0,5 (0,002)	+	+	9
XV	+	—	+	—	10
XVI	+	0,5 (0,002)	—	+	8
XVII	+	—	—	+	8

In het begin stonden alle planten er goed bij en waren de series zeer gelijkmatig, doch na ongeveer 2 weken bleven de series I tot en met VIII, die geen borium hadden gehad, duidelijk in ontwikkeling achter bij de overige series. De symptomen van boriumgebrek kwamen spoedig tot uiting. Ook hier stagneerde eerst de wortelgroei en daarna de spruitgroei. Na een maand waren alle planten van deze series afgestorven. Bij de afgestorven series was geen invloed waar te nemen van de overige elementen mangaan, aluminium en zink. Alle planten stierven ongeveer gelijktijdig af en behalve symptomen van boriumgebrek, waren geen andere symptomen waar te nemen.

De pH was in alle series ongeveer gelijk en bleef ook tamelijk constant. De begin pH was overal steeds 6,5 en liep in 14 dagen

\*) Oorspronkelijk 20 mgr. na 4 weken op 40 mgr. gebracht.

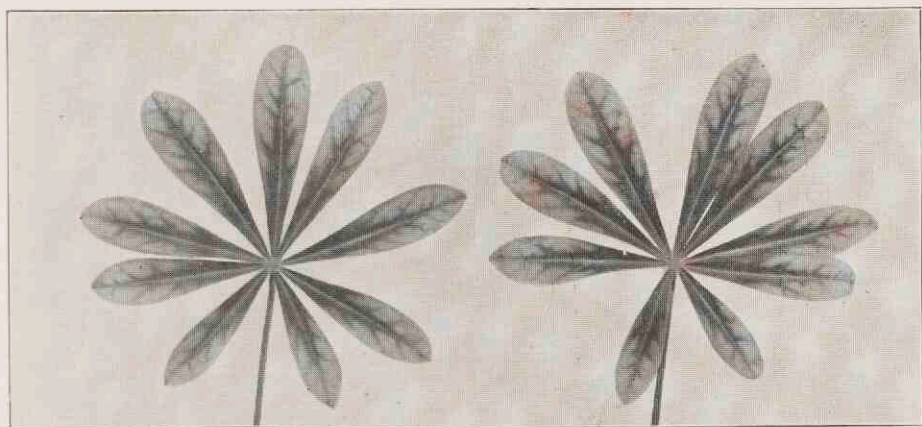


Photo 7.— Leaves with symptoms of manganese deficiency.



Photo 8. — Plants in v. d. Crone solution.  
From left to right; no copper,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1 and 5 mgr.  $\text{CuSO}_4$  per Liter.

op tot 6,7 à 6,9. Kleine schommelingen in de pH traden in alle series op. Dit bleek niet den minsten invloed te hebben op de ontwikkeling van de planten. Gedurende enkele zeer heete dagen in het voorjaar, toen de series zonder borium reeds afgestorven waren, liep de kastemperatuur wel eens op tot 45°. Na zoo'n hittegolf bleek de pH in alle series steeds sterk teruggelopen te zijn en schommelde dan tusschen 4,5 en 6,—. Wanneer dit gebeurde werden dan ook altijd direct de oplossingen ververscht, waarna de pH weer constant bleef.

Gedurende de eerste 6 weken waren geen verschillen waar te nemen tusschen de series IX tot en met XVII. Hierna ontstonden op de bladen van de planten van de series IX, XV en XVII (zonder mangaan) geelgroene vlekjes tusschen de nerven, terwijl daarna ook de bladranden dezelfde kleur aannamen. De bladen werden tenslotte geheel geelgroen, waarbij de hoofd- en zijnerfven donkergroen afstaken. Op foto 7 is dit heel duidelijk te zien. De verkleuringen waren altijd het duidelijkst op de oudere bladen. Op de jonge blaadjes waren de lichte vlekjes tusschen de nerven in het begin nog goed waar te nemen, doch in het voorjaar werden alle planten vrij sterk aangetast door Trips, waarna de bladvlekken vrijwel niet meer waren te zien. Toen de symptomen van mangaangebrek duidelijk zichtbaar waren geworden, werd aan de helft van de planten van de series XV en XVII 0,5 mgr. mangaansulfaat per L. gegeven, zoodat deze planten sindsdien resp. kregen borium, mangaan, aluminium en borium, mangaan, zink. De planten stonden toen 2 maanden op de potten. Door de sterke Tripsaantasting was echter niet waar te nemen, of de symptomen van mangaangebrek bij deze planten weer verdwenen.

Gedurende de eerste 2 maanden waren alle planten van de verschillende series ongeveer even groot. Drie weken later, toen enkele planten reeds in bloei stonden, waren duidelijke verschillen tusschen de verschillende series te zien. Het minst goed ontwikkeld waren de series IX en XVII, die resp. borium en borium met zink kregen. De planten van serie XVII, die na 2 maanden mangaan hadden gekregen, waren iets beter ontwikkeld dan de overige planten van deze serie. Het best ontwikkeld waren de series X en XIII, terwijl de series XI, XII, XIV en XV ongeveer gelijk waren. In serie XV waren geen verschillen te constateeren tusschen de planten, die na 2 maanden mangaan hadden gekregen en de overige planten.

De wortels van de planten van serie XVII waren het minst goed ontwikkeld. Ook was de kleur veel lichter, dan die van alle andere series. De habitus verschilde echter niet van die der overige series, alleen was het aantal zijwortels minder. Het best ontwikkeld waren de wortels van de series X en XIII. De wortels van serie IX waren iets beter ontwikkeld dan die van serie XVII. Verder waren de wortels van de overige series ongeveer gelijk ontwikkeld. Het aan-

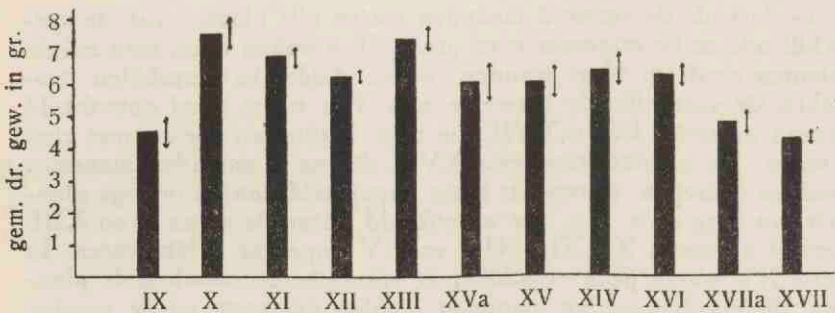


tal wortelknolletjes was in serie XVII ook minder dan in de overige series. In alle andere series waren zeer veel en vaak vrij groote knolletjes aanwezig.

Op 26 Juni, dus na ongeveer  $3\frac{1}{2}$  maand, toen de meeste planten vrucht hadden gezet, werd het drooggewicht van de planten bepaald. De hierbij verkregen uitkomsten zijn in tabel XVI opgenomen en in grafiek 2 weergegeven.

TABEL XVI.

Elementen extra toegediend	Serie	GEM. DROOGGEWICHT IN GR.			Aantal planten
		wortels	boven- grondsche deelen	geheele plant	
B	IX	$1,94 \pm 0,11$	$2,53 \pm 0,35$	$4,47 \pm 0,46$	5
B + Mn (0,5 m.gr.)	X	$3,12 \pm 0,17$	$4,40 \pm 0,39$	$7,51 \pm 0,53$	10
B + Mn (20 m.gr.)	XI	$2,75 \pm 0,13$	$4,09 \pm 0,21$	$6,84 \pm 0,32$	5
B + Mn (40 m.gr.)	XII	$2,61 \pm 0,05$	$3,56 \pm 0,16$	$6,17 \pm 0,18$	5
B + Mn + Al	XIII	$2,74 \pm 0,15$	$4,52 \pm 0,25$	$7,26 \pm 0,37$	10
B + Mn + Al + Zn	XIV	$2,48 \pm 0,13$	$3,82 \pm 0,34$	$6,30 \pm 0,45$	9
B + Al	XV	$2,46 \pm 0,20$	$3,51 \pm 0,32$	$5,96 \pm 0,51$	5
B + Al (+ Mn na 2 maanden)	XVa	$2,42 \pm 0,21$	$3,60 \pm 0,40$	$6,01 \pm 0,58$	5
B + Zn + Mn	XVI	$2,45 \pm 0,15$	$3,78 \pm 0,26$	$6,23 \pm 0,38$	8
B + Zn	XVII	$1,37 \pm 0,07$	$2,93 \pm 0,16$	$4,30 \pm 0,21$	4
B + Zn (+ Mn na 2 maanden)	XVIIa	$1,49 \pm 0,13$	$3,29 \pm 0,27$	$4,78 \pm 0,37$	4



Grafiek 2.

Uit de cijfers van tabel XVI en uit grafiek 2 valt het volgende af te leiden.

Zink heeft eerder een nadeeligen, dan een gunstigen invloed uitgeoefend. De nadeelige invloed komt speciaal in het wortelgewicht tot uitdrukking. Het drooggewicht van de planten van serie XVIIa, die na 2 maanden mangaan hadden gekregen is iets meer dan van

de planten zonder mangaan van deze serie (XVII). Van de zink-series zonder aluminium, is het gewicht van serie XVI, die van het begin af mangaan had gehad, aanmerkelijk meer dan van de serie XVII, zonder mangaan.

Serie XIV, met alle 4 elementen, is ongeveer gelijk aan serie XVI en minder dan serie X en XIII, zoodat hierin ook weer een aanwijzing is voor een ongunstige werking van zink.

Het drooggewicht van de series XV (B + Al) en XVa (B + Al, + Mn na 2 maanden) is ongeveer gelijk, zoodat hierbij van een gunstige werking van mangaan niets valt waar te nemen. Het drooggewicht van serie XV (B + Al) is aanmerkelijk hooger dan van serie IX (alleen B) en minder dan van de series X (B + Mn) en XIII (B + Mn + Al). Het drooggewicht van de series X en XIII is ongeveer gelijk. Hieruit is te zien, dat wanneer mangaan en aluminium van het begin af tegelijk in de voedingsoplossing aanwezig zijn, van het Aluminium geen gunstigen invloed valt waar te nemen. Bij afwezigheid van mangaan in de voedingsoplossing, oefent aluminium een gunstige werking uit, hetgeen blijkt uit het verschil in drooggewicht tusschen de series IX (B) en XV (B + Al). Toevoeging van mangaan aan de voedingsoplossing heeft steeds een flinke toename van het drooggewicht ten gevolge gehad. Ten opzichte van serie XV (B + Al) was deze toename het minst. V a g e l e r (1916) kon voor lupine geen gunstigen invloed van mangaan aantoonen. Hij werkte echter met zandcultures, leidingwater en niet extra gezuiverde zouten, zoodat de proefplanten wel voldoende mangaan als verontreiniging gekregen zullen hebben. Bij toediening van 20 mgr. mangaan vermindert het drooggewicht iets; bij verhooging van de mangaangift tot 40 mgr. wordt het drooggewicht nog iets minder. Bij de hoogste mangaanconcentratie waren echter nog geen beschadigingssymptomen waar te nemen.

#### *Samenvatting.*

Bij toediening van mangaan, aluminium en zink in verschillende combinaties aan een voedingsoplossing zonder borium, sterven de planten spoedig af onder verschijnselen van boriumgebrek.

Bij het weglaten van mangaan uit de voedingsoplossing treden na eenigen tijd symptomen van mangaangebrek op, die kenbaar zijn aan geelgroene vlekjes tusschen de nerven en geelgroene bladranden. De geheele bladschijf wordt tenslotte geelgroen, op de hoofd- en zijnerfen na, die daarbij donkergroen afsteken. De planten blijven in ontwikkeling sterk achter bij de contrôleplanten, hetgeen ook duidelijk uit het drooggewicht te zien is. Aan de wortels zijn geen bijzondere symptomen van mangaangebrek te zien. Bij toediening van 40 mgr.  $MnSO_4$  per L. is wel de groei minder krachtig, doch er worden nog geen symptomen van mangaan overmaat zichtbaar.

Wanneer borium en aluminium aan de voedingsoplossing worden toegevoegd, ontwikkelen de planten zich beter, dan wanneer borium alleen hierin aanwezig is. Wordt aan de voedingsoplossing echter ook nog mangaan toegevoegd, dan is van een gunstigen invloed van aluminium niets waar te nemen. Het drooggewicht van de planten, die borium en mangaan kregen, is n.l. even groot als het drooggewicht van de planten met borium, mangaan en aluminium.

Symptomen van aluminium- of zinkgebrek zijn niet waargenomen. Bij toediening van 0,5 mgr.  $ZnSO_4$  per L. wordt de wortelontwikkeling ongunstig beïnvloed. In alle overige oplossingen zijn de wortels even goed ontwikkeld.

## HOOFDSTUK XI.

### KOPER.

#### De door kopergebrek veroorzaakte symptomen.

##### § 1. Literatuuroverzicht.

In de oudere literatuur vindt men reeds melding gemaakt van een stimulerende werking van koper op den groei van hogere en lagere planten. *Brenchley* (1927) heeft hierover een uitgebreid literatuuroverzicht gegeven.

*Vageler* (1916) constateerde bij lupine en boonen op zandcultures een gunstige werking van koper. Bij een kopergift van  $\frac{1}{250}$  n gingen de bovenaardsche deelen van lupine spoedig te gronde.

*Mc Hargue* (1927) vond dat behalve mangaan, kleine hoeveelheden koper stimulerend werkte op Kentucky Blue Grass (*Poa pratensis*). *Mc Hargue* en *Shedd* (1930) vonden voorts een verhoogde zaad- en stroo-opbrengst bij toediening van koper aan haver op kwartzand.

*Sommer* (1930) toonde aan, dat koper onmisbaar was voor dwergzonnebloemen, tomaten en vlas op watercultures. Het verschil in drooggewicht tusschen de series met en zonder koper was zeer groot. Zonder koper stierven vele planten af. Symptomen van kopergebrek heeft ze echter niet beschreven.

*Lipman* en *Mackinney* (1931) namen bij gerst op watercultures waar, dat bij afwezigheid van koper in de voedingsoplossing, de vruchtzetting uitbleef.

*Brandenburg* (1931, 1934, 1935) heeft symptomen van kopergebrek voor haver op watercultures beschreven en aangetoond, dat koper voor deze plant een onmisbaar element is. Bij kopergebrek kregen de jonge bladen witte punten, de bladen kregen vaak gele verkleuringen over de geheele bladlengte en rolden zich langs den hoofdnerf op. De witte bladpunten verdroog-

den in korten tijd geheel. Bij alle planten stierf het jongste blad geheel af en de planten ontwikkelden zich niet verder. Ook werden er veel zijscheuten gevormd, waarvan de bladen ook witte toppen kregen en afstierven.

In de praktijk komt kopergebrek ook voor. Dit is in de laatste jaren door verschillende onderzoekers aangetoond. Zoo is door de onderzoekingen van Brandenburg (1931) aan het licht gekomen, dat de ontginningsziekte van haver door kopergebrek wordt veroorzaakt. Huidig en Meyer (1925) hadden voor hem reeds vastgesteld, dat de ontginningsziekte door bemesting met kopersulfaat of compost kon worden bestreden. Voorts toonde Sjollemå (1933) aan, dat compost veel koper bevat en dat het percentage koper in hooi, afkomstig van weilanden, waar de ontginningsziekte voorkwam, gering was. Het vee, dat op „ontginningszieke” weilanden graasde en hooi kreeg, dat afkomstig was van dergelijke weilanden, leed aan „likzucht”, en was door een kopertherapie te genezen.

Orth, Wickwire en Burge (1934) hebben een dergelijke ziekte van het vee op bepaalde weiden in Florida beschreven, die daar „salt sickness” wordt genoemd. Voorts genazen zij bij *Citrus* „Frenching” door behandeling met kopersulfaat of Bordeauxsche pap. Het blad van boomen, die met kopersulfaat waren behandeld, bleek 4,6 maal zooveel chlorophyl te bevatten, als dat van de onbehandelde boomen. Ook door Haas en Quayle (1935) is kopergebrek bij *Citrus* beschreven. De boomen kregen exanthenen, die bestonden uit gomuitscheiding op de spruiten en harsvorming op de jonge twijgen, die spoedig afstierven. Op de bovenzijde van de bladen ontstonden harsachtige vlekken. De jonge bladen waren langer en smaller dan de normale bladen; ze werden spoedig chlorotisch en vielen daarna af. Op de plaats, waar jonge twijgen waren afgestorven ontstonden talrijke korte nieuwe spruiten, die op heksenbezems leken. Voorts gingen krachtige spruiten S-vormig groeien. Het percentage koper in het blad van de zieke boomen was ook minder dan in het blad van de gezonde boomen.

Uit de hierboven genoemde onderzoekingen is wel duidelijk gebleken, dat ook koper tot de onmisbare elementen gerekend dient te worden.

## § 2. Eigen onderzoek.

Op 22 Maart 1935 werden op v o n d e r C r o n e 10 series van 6 planten aangezet. De 6 eerste series verschilden alleen in de koperconcentratie, terwijl de overige 4 series bedoeld waren, om behalve de invloed van koper, ook nogmaals de invloed van aluminium en zink na te gaan.

Series VII en VIII kregen geen zink en IX en X geen aluminium. Tabel XVII geeft een overzicht van de combinaties van de ele-

menten borium, mangaan, aluminium, zink en koper voor de verschillende series.

TABEL XVII.

Aantal planten	pH op 24 Mei	Serie	0,5 mgr. $H_3BO_3$ per L. (0,008 m. mol.)	0,5 mgr. $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ per L. (0,002 m. mol.)	0,5 mgr. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ per L. (0,0008 m. mol.)	0,5 mgr. $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ per L. (0,0017 m. mol.)	mgr. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ per L. (m. mol.)
6	6,8	I	+	+	+	+	—
6	6,2	II	+	+	+	+	0,25 (0,001)
6	4,2	III	+	+	+	+	0,50 (0,002)
6	4,5	IV	+	+	+	+	1,— (0,004)
6	6,0	V	+	+	+	+	5,— (0,020)
6	—	VI	+	+	+	+	10,— (0,040)
6	6,9	VII	+	+	—	+	—
6	4,0	VIII	+	+	—	+	0,25 (0,001)
6	6,9	IX	+	+	+	—	—
6	3,5	X	+	+	+	—	0,25 (0,001)

Alle planten ontwikkelden zich in de eerste week goed. Na 2 weken echter, was een sterke beschadiging waar te nemen bij de planten, die 10 mgr. kopersulfaat per L. kregen en een minder sterke beschadiging bij de planten met 5 mgr. In de oplossingen met 10 mgr. kopersulfaat groeiden de wortels niet verder door en werden spoedig zwart. Boven het niveau van de oplossingen werden enkele nieuwe zijwortels gevormd, die echter niet verder groeiden, zoodra ze in contact met de oplossing kwamen. Het blad verwelkte, de jonge spruiten verdroogden en na 3 weken waren alle planten van deze serie (VI) afgestorven.

Van serie V, met 5 mgr. kopersulfaat per L. groeiden de planten slecht. Er werden weinig zijwortels gevormd, die kort bleven. Op den duur werden de wortels van alle planten van deze serie ook zwart. Vier planten hiervan kwamen ten slotte nog in bloei en tot vruchtzetting; de overige 2 planten werden na 2 maanden sterk chlorotisch, de stengeltoppen verdroogden en kort daarop waren deze planten afgestorven. De planten van de overige series vertoonden in de eerste 6 weken geen verschillen. Alle planten groeiden goed en de series waren zeer gelijkmatig.

De begin pH van alle voedingsoplossingen was steeds 6,3 en liep in 14 dagen op tot  $\pm$  6,8. Ook bij deze proeven kwamen wel eens kleine schommelingen in de pH voor, doch die bleken van weinig invloed te zijn. Toen de planten 2 maanden op de potten stonden steeg in het voorjaar de kasttemperatuur gedurende enkele dagen

overdag tot 45°. Tengevolge hiervan liep in alle oplossingen met koper de pH terug, terwijl in de oplossingen zonder koper de pH constant bleef. De pH van de voedingsoplossingen van de verschillende series gedurende deze heete dagen zijn in de tweede kolom van tabel XVII opgenomen. Het meest is de pH van serie X teruggelopen (tot 3,5). Nadat deze pH verlaging geconstateerd was, werden de oplossingen ververscht en sindsdien is de pH van alle oplossingen steeds constant gebleven.

Van de series zonder koper (I, VII en IX) kregen na ongeveer 7 weken de oudere bladen gele randen en gele plekken op de bladschijf. Soms werd de hoofdnerf over de halve lengte, van de bladtop af, geel. De jongere bladen kregen witte toppen, die verdroogden. Vaak verdroogden de jonge bladen daarna geheel. Deze symptomen stemmen voor een groot gedeelte overeen met de door Brand en Burg (1931) bij haver beschreven verschijnselen van kopergebrek. Bij *Lupinus luteus* echter kwamen de gebrekssymptomen op de later gevormde jonge blaadjes niet meer voor. Serie I, zonder koper, bleef echter wel duidelijk in ontwikkeling achter bij serie II, met 0,25 mgr. kopersulfaat per L. Dit is op foto 8 goed te zien. Serie VII (— Cu en — Al) was ook minder goed ontwikkeld dan serie VIII (+ Cu en — Al), terwijl de series IX (— Cu en — Zn) en X (+ Cu en — Zn) ongeveer gelijk waren.

De wortels waren in alle series ongeveer even goed ontwikkeld, behalve in serie V, met 5 mgr. kopersulfaat per L., waar ze sterk beschadigd waren. Ook dit is op foto 8 goed te zien. In de series zonder koper kwamen wortelknolletjes vrijwel niet voor. In de series met koper waren weinig tot vrij veel kleine knolletjes aanwezig, zonder dat er tusschen deze series enig verschil was waar te nemen in de ontwikkeling van de knolletjes. Alleen in serie V met de sterk beschadigde wortels, waren de meeste en grootste knolletjes van alle series aanwezig.

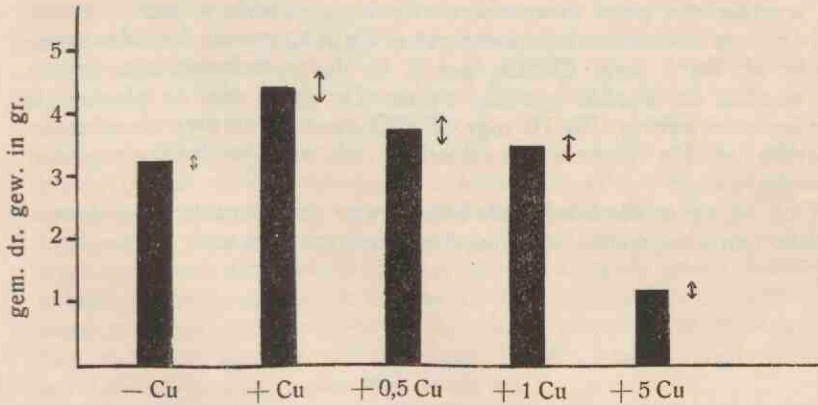
Op 2 Juli, ongeveer een maand na den bloei, werden deze proeven beëindigd en het drooggewicht van de planten bepaald. Het gemiddeld drooggewicht is in tabel XVIII opgenomen en in de grafieken 3 en 4 weergegeven.

Hieruit ziet men, dat het drooggewicht van serie II aanmerkelijk meer is dan van serie I, waarin dus duidelijk de gunstige invloed van koper tot uitdrukking komt. Met een stijgende koperconcentratie neemt ook het drooggewicht af. Bij een concentratie van 5 mgr. kopersulfaat per L. heeft een sterke beschadiging plaats.

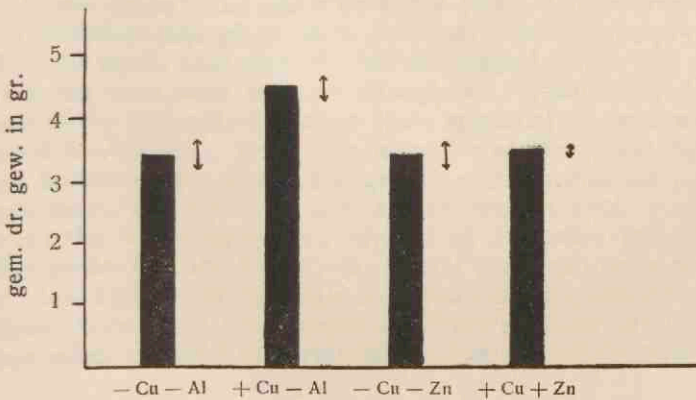
Het drooggewicht van serie VIII (+ Cu en — Al) is eveneens meer dan van serie VII (— Cu en — Al). Het drooggewicht van serie IX (— Cu en — Zn) is echter gelijk aan dat van serie X (+ Cu en — Zn). Het is mogelijk dat bij de laatste serie, doordat de pH gedurende eenige dagen 3,5 is geweest, het aluminium

TABEL XVIII.

Serie	Elementen extra toegevoegd	GEMIDDELD DROOGGEWICHT IN GRAM				Aantal plan- ten
		bovengrondsche deelen	wortels	geheele plant		
I	B + Mn + Al + Zn - Cu	2,28 ± 0,07	0,96 ± 0,04	3,24 ± 0,09	6	
II	B + Mn + Al + Zn + Cu	3,21 ± 0,14	1,26 ± 0,10	4,46 ± 0,23	6	
III	B + Mn + Al + Zn + 1/2 Cu	2,56 ± 0,20	1,27 ± 0,07	3,82 ± 0,25	6	
IV	B + Mn + Al + Zn + 1 Cu	2,27 ± 0,22	1,24 ± 0,05	3,51 ± 0,26	6	
V	B + Mn + Al + Zn + 5 Cu	0,64 ± 0,10	0,59 ± 0,09	1,23 ± 0,18	4	
VII	B + Mn - Al + Zn - Cu	2,58 ± 0,12	0,99 ± 0,10	3,57 ± 0,21	6	
VIII	B + Mn - Al + Zn + Cu	3,19 ± 0,15	1,35 ± 0,09	4,54 ± 0,24	6	
IX	B + Mn + Al - Zn - Cu	2,43 ± 0,14	1,03 ± 0,10	3,46 ± 0,22	6	
X	B + Mn + Al + Zn + Cu	2,29 ± 0,10	1,22 ± 0,05	3,51 ± 0,13	6	



Grafiek 3.



Grafiek 4.



snadelijk op de planten heeft gewerkt, daar aluminium in een sterk zuur milieu geheel in oplossing is. De hoge waterstofionen-concentratie en de overige in de oplossing aanwezige ionen kunnen echter ook een nadeeligen invloed op de planten hebben uitgeoefend, waardoor het drooggewicht minder is, dan het onder normale omstandigheden zou zijn geweest. Bij de laatste 4 series kon verder de onmisbaarheid van aluminium en zink niet worden aangetoond. Ook bij deze proeven heb ik geen symptomen van aluminium- of zinkgebrek waargenomen.

### *Samenvatting.*

Bij het weglaten van koper uit de voedingsoplossing, krijgen de oudere bladen na eenigen tijd gele randen en gele plekken op de bladschijf. Soms worden de hoofdnerfen over de halve lengte, van de bladtoppen af, geel. Verder krijgen de jonge bladen witte droge toppen. Bij de later gevormde bladen komen deze symptomen niet meer voor. De planten ontwikkelen zich ook niet zoo krachtig als de contrôleplanten, hetgeen duidelijk uit het drooggewicht blijkt. Aan de wortels zijn geen symptomen van kopergebrek te zien.

Met een toenemende concentratie  $\text{CuSO}_4$  neemt het drooggewicht af. Bij 5 mrg.  $\text{CuSO}_4$  per L. is de wortelgroei zeer slecht en worden de wortels spoedig zwart. De groei van de planten is verder zeer gering. Bij 10 mgr.  $\text{CuSO}_4$  per L. sterven de planten spoedig af. De wortels ontwikkelen zich niet verder en worden spoedig zwart.

Ook bij de in dit hoofdstuk beschreven proeven zijn geen symptomen van aluminium- of zinkgebrek waargenomen.

## SUMMARY.

In this paper symptoms of the physiological diseases of *Lupinus luteus* L. have been described.

The plants were grown in glass vessels of  $\pm$  350 c.c. capacity, which were first painted black and then white. In the experiments described in chapters IX and X paraffined metal covers have been used, but in all the other experiments paraffined beechwooden covers. Kahlbaum's extra purified salts „mit Garantieschein" have been used in the experiments on manganese, aluminum, zinc and copper (chapters X and XI) and in all the other experiments purified salts. The nutrient solutions have been made with double distilled water in the experiments on copper, aluminum and zinc (chapter XI), with single distilled water in the experiments on boron (chapter IX), manganese, aluminum and zinc (chapter X) and tapwater in all the other experiments (chapter II—VIII). An analysis of the tapwater has been given on page 4. The solutions were renewed after three weeks and then again every fortnight, except in the experiments on the H-ion concentration, where they were renewed every six days. All check plants have been grown in v. d. Crone solution with 0,5 mgr.  $H_3BO_3$  and 0,5 mgr.  $MnSO_4$  per Liter, when tapwater was used.

When the reaction of the nutrient solution was varied from pH 3—9 best growth took place on pH 7 (6,9). The optimum growth will probably take place, in v. d. Crone solution, on pH 6,5. On pH 3 the plants soon died; the leaves coloured yellow and withered, while the roots were severely injured and became slimy. On pH 4 most of the plants died. Yellow spots appeared on the leaves which blighted after some time. The roots were rather severely injured and became a little slimy. The growth of the remaining plants was very poor. The series on pH 5 grew well at first, but after six weeks the whole series was infected by *Fusarium* and died soon afterwards. On pH 6 (6,2) the plants grew nearly as well as on pH 7 (6,9). On pH 7,3 slight symptoms of iron deficiency became visible after some time, connected with a rather strong growth depression. On pH 8 the symptoms of iron deficiency were stronger.

To five plants 100 mgr. ironcitrate per Liter extra was given. These plants grew a little better than the other plants without extra iron supply. On pH 9 all plants soon became very chlorotic. Addition of ironcitrate was not successful. All plants died very soon. The roots became dark brown in colour and a little slimy. On this pH the disease symptoms must partly be ascribed to the OH-ion concentration.

In table I on page 14, the average dry weight of the shoots, the roots and the whole plant of the different series has been given.

When calcium was deficient the plants were much smaller than normal plants. Most of the tips of the roots soon became redbrown in colour and died and there appeared redbrown rings on the lateral roots (see picture I on page 46). Most lateral roots remained rather short and thin, but some of them became rather long (see picture II on page 46). At last all the roots were coloured black. At the beginning the leaves became slightly chlorotic, but the chlorosis disappeared very soon.

In a solution with a high concentration of  $\text{CaCO}_3$  (pH 7,8—7,4) the leaves became strongly chlorotic very soon. The midribs only remained green for some time. Hereafter the apex of the stems dried out and the plants died. The roots were formed quite similarly as those of plants with iron deficiency (picture IV on page 46). By lowering the pH to 6,5 the plants did not become chlorotic at all and the growth was rather good. High concentrations of  $\text{CaSO}_4$  or  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  were not so very harmful as  $\text{CaCO}_3$ . The chlorosis did not disappear by raising the phosphate- or potassiumconcentration in a solution with a high concentration of  $\text{CaCO}_3$ . By adding soluble phosphates to the afore mentioned solution, the plants died much sooner than when soluble phosphates were absent. The chlorosis disappeared immediately by raising the  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  concentration from  $\frac{1}{4}$  tot 1 gr. per Liter in a v. d. Crone solution to which 2 gr.  $\text{CaCO}_3$  per Liter was added (pH 7,8—7,4). By adding ironcitrate to the same solution, without raising the  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  concentration, the plants did not become chlorotic at all. The leaves were darker green than those of normal plants, but the plants remained much smaller.

The above described experiments proved, that iron deficiency is the cause of the lime-induced chlorosis of *Lupinus luteus*.

When phosphor was deficient, the leaves showed purplish brown spots, while the colour of the leaves was bluish dark green. The growth of the plants was very poor and the roots were poorly developed. The lateral roots were not very numerous and they became abnormally long and thin (see picture III on page 46).

In a solution with soluble phosphates the plants became strongly chlorotic and died very soon, showing symptoms of iron deficiency.

The chlorosis could be avoided by adding iron citrate to the solution. The same results could be obtained with *Lupinus albus*.

The reason why Brenchley (1914), Mazé (1914) and Boas and Merckenschlager (1923) could not grow lupins in nutrient solutions is, that they all used solutions containing soluble phosphates. So their plants must have suffered from iron deficiency.

When iron was deficient, the growth was very poor. The leaves became strongly chlorotic very soon, while the midribs only remained green for some time. Hereafter the leaves withered, the apex of the stems dried out and the plants died. The rootsystem was very badly developed; most of the lateral roots remained very short and thin, but some of them became abnormally long (see picture IV on page 46).

When potassium was deficient, the growth remained stunted. Many of the older leaves became brown in colour and dried up, starting at the tips. At last only a crown of young leaves remained at the top of the stems. The young leaves curled downward, and showed necrotic tips or small brown margins. The rootsystem was poorly developed; the lateral roots were rather short and thin.

When abundance potassium was given as KCl or  $K_2SO_4$  the growth was a little retarded, but no other symptoms appeared.

In a solution lacking magnesium the leaves showed yellow spots, which merged into each other. At last only the midribs, surrounded by a rather broad strip of tissue, remained green. Afterwards the leaves dried up and the plants died. The roots were poorly developed, with short and thin lateral roots. When the magnesium-concentration was strongly lowered during the development of the plants, these symptoms did not appear. The plants only remained smaller than normal plants.

In a solution with a high magnesiumconcentration (see table XI on page 56) the plants grew as well as the check plants. By adding 0,5 gr.  $MgCO_3$  per Liter to a v. d. Crone solution (pH 8,2) the plants soon died, showing symptoms of iron deficiency.

In a solution with little nitrogen the plants remained short and the roots were poorly developed, with few, but rather long and thin lateral roots. The leaves showed a yellowish green colour very soon. Hereafter the stems, petioles and midribs were coloured dark red, while dark red irregular spots appeared on the leafsurface. These spots gave by merging into each other a complete dark red appearance to the leaves. At last the leaves curled downward and shrivelled up.

By giving nitrogen as  $NH_4NO_3$  the roots became successively

injured by turning black and more or less slimy, followed by a strong disorganisation. When, however, the roots were not so strongly injured, the development of the shoots was a little more vigorous than in a v. d. Crone solution. The lateral roots were not numerous, rather short, but often very strongly built.

By giving nitrogen as  $\text{NH}_4\text{Cl}$  or  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  the growth was very poor. The leaves soon became pale green in colour and yellow spots appeared on the older leaves, which afterwards dried up. The apex of the stems dried out and the plants died. The roots became severely injured and strongly slimy.

When nitrogen was given as  $\text{NaNO}_3$  the growth was poor. The leaves were coloured pale green; the roots were badly developed, with rather short and thin lateral roots.

When nitrogen was given as  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  the growth was poor too and after some time the plants showed symptoms of iron deficiency.

In a v. d. Crone solution, free from boron, the rootgrowth was arrested very soon; the lateral roots remained short and thick (see photo 6), while the root tips became black in colour. Afterwards the roots were coloured black too and became slimy. After the first symptoms of boron deficiency had become visible at the roots, the plant growth was arrested. There appeared irregular yellow spots on the leaves, which afterwards withered. The apex of the stems dried out and the plants died. When boron was added to the solution after some time, the plants formed new lateral roots very soon (see photo 6), the leaves regained their green colour and the growth continued. When healthy older plants were transferred into a solution free from boron, they soon died, showing symptoms of boron deficiency. The morphological symptoms of boron deficiency were associated with anatomical changes. In the main root, hypocotyl and stem the primary xylem, cambium and phloem were deformed (see picture V on page 72). The cell walls and cell contents were coloured brown. This sometimes was also the case with the inner cortex cells, which could be more or little deformed too. The older xylem, however, was normally built. When a strong concentration of boric acid was given, the midribs with some adjacent tissue became yellow, while the rest of the leaf surface remained green for some time. At the same time the leaf tips became gray and dry. The leaves afterwards dried up, starting at the tips. In most cases the plants dropped their leaves, before these had dried up altogether. At last the apex of the stems dried out and the plants died. The rootgrowth was arrested and the roots showed a dark brown colour.

With *Lupinus albus* the same symptoms of boron deficiency were visible at the roots. The leafsymptoms however were quite different. There appeared yellow spots between the veins and at the margins, which after some time merged into each other. At last only the

midribs and some lateral veins, with some adjacent tissue, remained dark green. Sometimes brown necrotic spots appeared at the margins and between the veins. When a strong concentration of boric acid was given, the same symptoms appeared as has been described here above for *Lupinus luteus*.

In a solution lacking manganese, symptoms of manganese deficiency became visible at the leaves after some time. There appeared yellowish green spots between the veins and at the margins. After this the whole leaf surface, except the veins, became yellowish green (see photo 7). The plants remained much smaller than the check plants, but they did not die. At the roots there were no particular symptoms of manganese deficiency visible. In a solution containing 40 mgr.  $MnSO_4$  per Liter the growth was a little retarded, but there did not appear symptoms of manganese injury. In a v. d. Crone solution containing boron and aluminum the growth was better than in the same solution without aluminum, but the favourable influence of aluminum was not visible when manganese was added to the solution. The dry weight of plants grown in a v. d. Crone solution, to which  $B + Mn + Al$  had been added was as high as in the same solution with  $B + Mn$ . Symptoms of aluminum or zinc deficiency could not be found. At a concentration of 0,5 mgr.  $ZnSO_4$  per Liter the development of the roots was unfavourably influenced.

In a solution lacking copper, the older leaves showed yellow margins and yellow leafspots after some time. In some cases the midribs became yellow, starting from the leaf tips to about half the length and dry. At the same time the tips of the young leaves became white and dry. When the plants grew older these symptoms were not visible any more. The plants, however, remained smaller than the check plants. It was very curious, that during some hot days in spring (hothouse temp.  $\pm 45^\circ C$ ) the pH in the solutions with copper sank considerably (see table XVII on page 87), while the pH in the solutions lacking copper, remained constant. At a normal temperature all the solutions always had the same pH (6,3 at the renewing,  $\pm 6,8$  after a fortnight). A concentration of 5 mgr.  $CuSO_4$  per Liter proved to be very toxic to the roots, which remained short and soon became black. The growth of the plants was very poor, as can be seen on photo 8. In a concentration of 10 mgr.  $CuSO_4$  per Liter all plants very soon died. The roots became black in colour and failed to elongate.

In a second experiment on aluminum and zinc (chapter XI) again no disease symptoms of Al or Zn deficiency could be found.



## LITERATUURLIJST.

- APPEL, M. Ueber den Wert der von der Croneschen Nährlösung.  
1918, Ztschr. f. Bot. Bd 10, 145.
- ARNDT, C. H. The Salt requirements of *Lupinus albus*.  
1926, Soil Sci. Vol. 21, 1.
- ARRHENIUS, O. Absorption of nutrients and plant growth in relation to hydrogen-ion concentration.  
1922, Journ. Gen. Physiol. Vol. 5, 81.
- Hydrogenionconcentration, soilproperties and growth of higher plants.  
1924, Arkiv för Botanik Bd 18, 1.
- Der Kalkbedarf des Bodens III.  
1925, Ztschr. f. Pflanzenern. u. Düng. T. A. Bd 4, 348.
- Kalkfrage, Bodenreaction und Pflanzenwachstum.  
1926, Akad. Verlagsges. Leipzig.
- BARNETTE, R. M. and WARNER, J. D. A response of chlorotic corn plants to the application of zinc sulfate to the soil.  
1935, Soil Sci. Vol. 39, 145.
- BAUER, F. C. and HAAS, A. R. C. The effect of lime, leaching, form of phosphate and nitrogen salt on plant and soil acidity, and the relation of these to the feeding power of the plant.  
1922, Soil Sci. Vol. 13, 461.
- BENECKE, W. Die von der Cronesche Nährlösung.  
1909, Ztschr. f. Bot., Bd 1, 235.
- BOAS, F. und MERKENSCHLAGER, F. Versuche über die Anwendung kolloid-chemischer Methoden in der Pflanzenpathologie.  
1922, Centralbl. f. Bakt. II. Bd 55, 508.
- und ————— Die Lupine als Objekt der Pflanzenforschung.  
1923, Parey, Berlin.
- BORTNER, C. E. Toxicity of manganese to Turkish Tobacco in acid Kentucky soils.  
1935, Soil Sci. Vol. 39, 15.
- BOTTOMLEY, W. B. The significance of certain food substances for plant growth.  
1914, Annals of Bot. Vol. 28, 531.
- The growth of Lemna plants in mineral solutions and their natural medium.  
————— The effect of organic matter on the growth of vareous water plants in culture solution.  
1920, Annals of Bot. Vol. 34, 345, 353.
- BRANDENBURG, E. Die Herz- und Trockenfäule der Rüben als Bormangel Erscheinung.  
1931, Phytopath. Ztschr. Bd 3, 499. Angew. Bot. Bd 13, 453.
- Eenige gevallen van physiologische ziekten der bieten. I.  
1931, Med. Inst. v. Suikerbienteelt. Afl. 4, 89.
- Physiologische Ziekten der Bieten. II. Hartrot. — Oorzaak en bestrijding.



- 1932, Med. Inst. v. Suikerbietenteelt. Afl. 2, 43.  
 Physiologische Ziekten der Bieten. III.
- 1935, Med. Inst. v. Suikerbietenteelt. Afl. 4, 81.  
 Onderzoekingen over de Ontginningsziekte. II.
- 1933, Tijdschr. v. Plantenziekten. Afl. 8, 189.  
 Ueber die Bedeutung des Kupfers für die Entwicklung einiger  
 Pflanzen im Vergleich zu Bor und Mangan und Kupfermangel-  
 erscheinungen.
- 1934, Angew. Bot. Bd 16, 505.  
 Ontginningsziekte en Kopergebrek.
- 1935, Med. Inst. v. Suikerbietenteelt. Afl. 9, 245.
- BRENCHLEY, W. E. On the action of certain compounds of zinc, arsenic, and  
 boron on the growth of plants.
- 1914, Annals of Bot. Vol. 28, 283.  
 Inorganic plant poisons and Stimulants.
- 1927, Cambridge Univ. Press.  
 The phosphate requirements of barley at different periods of growth.
- 1929, Annals of Bot. Vol. 43, 39.
- BURK, Untersuchungen über die Wirkung von Kalzium und Magnesium auf  
 das erste Entwicklungsstadium der gelben Lupine (*Lupinus luteus*).
- 1926, Ztschr. f. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. T. B. Bd 5, 1.
- BURK, D., LINEWEAVER, H. and HORNER, C. K. Iron in relation to the  
 stimulation of growth by Humic acid.
- 1932, Soil. Sci. Vol. 33, 413.
- CHRISTENSEN, J. J. Non parasitic leaf spots of barley.
- 1934, Phytopathol. Vol. 24, 727.
- CHUPP, CH. The effects of potash and phosphorus on tip burn and mildew  
 of cabbage.
- 1930, Phytopathol. Vol. 20, 307.
- CLARK, N. A. Manganese and the growth of Lemna.
- 1933, Plant Physiol. Vol. 8, 157.
- COLBY, H. L. Seasonal absorption of nutrient salts by the French Prune  
 grown in solution cultures.  
 Effects of starvation on distribution of mineral nutrients in French  
 Prune trees grown in culture solutions.
- 1933, Plant Physiol. Vol. 8, 1, 357.
- COLLINGS, G. H. The influence of boron on the growth of the Soybean plant.
- 1927, Soil. Sci. Vol. 23, 83.
- CREYDT, B. Untersuchungen über die Kalkempfindlichkeit der Lupine und  
 ihre Bekämpfung.
- 1915, Journ. f. Landw. Bd 63, 125.
- VON DER CRONE, G. Ergebnisse von Untersuchungen über die Wirkung  
 der Phosphorsäure auf die höhere Pflanze und eine neue Nähr-  
 lösung.
- 1904, Diss. landw. Akad. Bonn.
- DAY, D. Some Effects of Calcium deficiency on *Pisum sativum*.
- 1929, Plant Physiol. Vol. IV, 493.
- DENSCH und STEINFATT' Die „Kalkfeindlichkeit“ der Lupine.
- 1920, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. B Bd 9, 161.
- DUSTMAN, R. B. Internal factors related to absorption of mineral elements  
 by plants.
- 1925, Bot. Gaz. Vol. 79, 233.
- EATON, F. M. Boron in soils and irrigation waters and its effect on plants,  
 with particular reference to the San Joaquin Valley of California.
- 1935, U. S. Dep. Agric. Washington, Tech. Bull. No. 448.
- EHRENBERG, P. Das Kalk-Kali-Gesetz.
- 1920, Landw. Jahrb. Bd 54, 1.
- EMMERT, E. M. and BALL, F. K. The effect of soil moisture on the availa-

- bility of nitrate, phosphate, and potassium to the tomato plant.  
 1933, *Soil. Sci.* Vol. 35, 295.
- FISCHER, W. Zur Frage der Kalkempfindlichkeit unserer Kulturpflanzen und ihrer Behebung durch Kali.  
 1923, *Landw. Jahrb.* Bd 58, 1.
- FRED, E. B. and DAVENPORT, A. Influence of reaction on nitrogen-assimilating bacteria.  
 1918, *Journ. Agric. Res.* Vol. 14, 317.
- GARNER, W. W., Mc MURTREY, J. E., BACON, C. W. and MOSS, E. G. Sand drown, a chlorosis of tobacco due to magnesium deficiency and the relation of sulphates and chlorids of potassium to the disease.  
 1923, *Journ. Agric. Res.* Vol. 23, 27.
- GARNER, W. W., Mc MURTREY, J. E., BOWLING, J. D. and MOSS, E. G. Magnesium and Calcium requirements of the tobacco crop.  
 1930, *Journ. Agric. Res.* Vol. 40, 145.
- GEHRING, A. Neuere Anschauungen über die düngende Wirkung von magnesiumhaltigen Düngemitteln.  
 1930, *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk.* T. A Bd 15, 300.  
 „Sand drown“-Erkrankungen von Tabak in Abhängigkeit von Kalk- und Magnesia-Gehalt des Bodens.
- 1932, Die Ernährung der Pflanze. Bd 28, 101.
- GEHRING, A., WEHRMANN, O. und WOLTER, A. Ueber die Löslichkeit der adsorptiv gebundenen Basen des Bodens in Abhängigkeit vom Kalk- und Basensättigungsgrad.  
 1931, *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk.* T. A Bd 19, 77.
- GEHRING, A., CREUZBURG, U., POMMER, E., WEHRMANN, O., WOLTER, A. und VON STOCKHAUSEN, H. Ueber die Löslichkeit der adsorptiv gebundenen Basen des Bodens in Abhängigkeit vom Kalk- und Basensättigungsgrad II.  
 1931, *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk.* T. A Bd 20, 183.  
 ——— Weitere Untersuchungen über die Wirkung des Magnesiums auf den Ernteertrag des Bodens.
- 1933, *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk.* T. A Bd 29, 335.
- GEIGEL, A. R. Effect of boron on the growth of certain green plants.  
 1935, *Journ. Agric. Univ. Puerto Rico* Vol. 19, No. 1, 5.
- GILBERT, B. E. and Mc LEAN, F. T. A „deficiency disease“: the lack of available manganese in a lime induced chlorosis.  
 1928, *Soil Sci.* Vol. 26, 27.
- GILBERT, B. E., Mc LEAN, F. T. and HARDIN, L. J. The relation of manganese and iron to a lime induced chlorosis.  
 1926, *Soil Sci.* Vol. 22, 437.
- GILE, P. L. Relation of calcareous soils to pineapple chlorosis.  
 1911, *Porto Rico Agric. Exp. St. Bull.* 11.
- GILE, P. L. and CARRERO, J. O. Immobility of iron in the plant.  
 1916, *Journ. Agric. Res.* Vol. 7, 83.  
 ——— and ——— Cause of lime-induced chlorosis and availability of iron in the soil.  
 1920, *Journ. Agr. Res.* Vol. 20, 33.
- GINSBURG, J. M. and SHIVE, J. W. The influence of Calcium and Nitrogen on the protein content of the soybean plant.  
 1926, *Soil Sci.* Vol. 22, 175.
- GRIS, E. De l'action des sels ferrugineux solubles appliqués à la végétation et spécialement au traitement de la chlorose et de la débilité des plantes.  
 1845, *Compt. Rend. Acad. Sci. (Paris)* T. 21, No. 25, 1386.
- HAAS, A. R. C. Studies on the reaction of plant juices.  
 1920, *Soil. Sci.* Vol. 9, 341.

- Boron as an essential element for healthy growth of Citrus.  
1930, Bot. Gaz. Vol. 89, 410.
- Some nutritional aspects in mottle leaf and other physiological diseases of Citrus.  
1932, Hilgardia. Vol. 6, 483.  
Injurious effects of manganese and iron deficiencies on the growth of Citrus.  
1932, Hilgardia. Vol. 7, 181.
- and KLOTZ, L. J. Further evidence on the necessity of boron for health in Citrus.  
1931, Bot. Gaz. Vol. 92, 94.
- and REED, H. S. Significance of traces of elements not ordinarily added to culture solutions for growth of young orange trees.  
1927, Bot. Gaz. Vol. 83, 77.
- and QUAYLE, H. J. Copper content of Citrus leaves and fruit in relation to exanthema and fumigation injury.  
1935, Hilgardia. Vol. 9, 143.
- HANSTEEN—CRANNER, B. Beiträge zur Biochemie und Physiologie der Zellwand und der plasmatischen Grenzschichten.  
1919, Ber. d. D. Bot. Ges. Bd 37, 380.
- HARTMAN, CH. and POWERS, W. L. The crop-producing power of limited quantities of „essential” plant nutrient.  
1928, Soil Sci. Vol. 25, 371.
- HEALD, F. D.  
1933, Manuel of plant diseases, p. 82. Mc Graw-Hill Book Comp., Inc.
- HECK, A. F. and WHITING, A. L. The assimilation of phosphorus from phytin by red clover.  
1927, Soil Sci. Vol. 24, 17.
- HIBBARD, R. P. and GRIGSBY, B. H. Relation of light, potassium and calcium deficiencies to photosynthesis, protein synthesis and translocation.  
1934, Agric. Exp. St. Michigan State Coll. Techn. Bull. No. 141.
- HILTNER, L. Ueber die Beeinflussung des Wachstums der Pflanzen durch deren Bespritzung oder Bestäubung mit giftigen oder düngenden Stoffen.  
1909, Prakt. Bl. f. Pflanzenb. u. Pflanzensch. Jahrg. 7. 17, 29, 65.  
— Ueber die Kalkempfindlichkeit verschiedener Lupinen- und anderer Pflanzenarten.  
1915, Prakt. Bl. f. Pflanzenb. u. Pflanzensch. Jahrg. 13, 53.
- HOAGLAND, D. R. Relation of the concentration and reaction of the nutrient medium to the growth and absorption of the plant.  
1919, Journ. Agric. Res. Vol. 18, 73.  
— The absorption of ions by plants.  
1923, Soil Sci. Vol. 16, 225.  
— and DAVIS, A. R. The composition of the cell sap of the plant in relation to the absorption of ions.  
1923, Journ. Gen. Physiol. Vol. 5, 629.  
— and — Further experiments on the absorption of ions by plants, including observations on the effect of light.  
1924, Journ. Gen. Physiol. Vol. 6, 47.
- HOPKINS, E. F. The necessity and function of manganese in the growth of *Chlorella* Sp.  
1930, Science. Vol. 72, 609.  
— Manganese and the growth of *Lemna minor*.  
1931, Science. Vol. 74, 551.  
— and WANN, F. B. Relation of hydrogen-ionconcentration to growth of *Chlorella* and to the availability of iron.  
1926, Bot. Gaz. Vol. 81, 353.



- LOEW, O. Ueber den Einfluss des Calciums auf die Physiologische Funktion des Magnesiums.  
 1931, Die Ernährung der Pflanze, Bd 27, 97 u. 121.  
 Die physiologische Funktion des Calciums.  
 1932, Angew. Bot. Bd 14, 169.  
 und MERKENSCHLAGER, F. Ueber die Resistenz der Maiswurzel gegen Magnesiumsalze.  
 1929, Angew. Bot. Bd 11, 268.
- MANN, H. B. Availability of manganese and of iron as affected by applications of calcium and magnesium carbonates to the soil.  
 1930, Soil Sci. Vol. 30, 117.
- MARSH, R. P. and SHIVE, J. W. Adjustment of iron supply to requirements of Soybeans in solution culture.  
 1925, Bot. Gaz. Vol. 79, 1.
- MAZE, P. Recherches de physiologie végétale.  
 1914, Annales Inst. Pasteur, Tome 28, 21 et 47.  
 Recherche d'une solution purement minérale capable d'assurer l'évolution complète du maïs cultivé à l'abri des microbes.  
 1919, Annales Inst. Pasteur, Tome 33, 139.
- MEYER, L. Die Tomate, ein empfindlicher und schneller Indikator für Phosphorsäuremangel des Bodens.  
 1929, Fortschr. d. Landw. Bd 4, 684.
- Mc HARGUE, J. S. The role of manganese in plants.  
 1922, Journ. Am. Chem. Soc. Vol. 44, 1592.  
 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.  
 1923, Journ. Agric. Res. Vol. 24, 781.  
 Manganese and plant growth.  
 1926, Indus. and Eng. Chem. Vol. 18, 172.  
 Significance of the occurrence of manganese, copper, zinc, nickel and cobalt in Kentucky Blue Grass.  
 1927, Indus. and Eng. Chem. Vol. 19, 274.  
 and SHEDD, O. M. The effect of manganese, copper, zinc, boron and arsenic on the growth of oats.  
 1930, Journ. Am. Soc. Agron. Vol. 22, 739.  
 and CALFEE, R. K. Effect of boron on the growth of lettuce.  
 1932, Plant Physiol. Vol. 7, 161.  
 and Further evidence that boron is essential for the growth of lettuce.  
 1933, Plant Physiol. Vol. 8, 305.  
 and Manganese essential for the growth of Lemna major.  
 1932, Plant Physiol. Vol. 7, 697.
- Mc LEAN, F. T. Feeding plants manganese through the stomata.  
 1927, Science. Vol. 66, 487.  
 and GILBERT, B. E. Aluminum Toxicity.  
 1928, Plant Physiol. Vol. 3, 3.
- Mc MURTREY, J. E. The effect of boron deficiency on the growth of tobacco plants in aerated and unaerated solutions.  
 1929, Journ. Agric. Res. Vol. 38, 371.  
 Boron deficiency in tobacco under field conditions.  
 1935, Journ. Am. Soc. Agron. Vol. 27, 271.
- MERKENSCHLAGER, F. Die Chlorose der Lupine auf Kalkböden. Zur Frage der Kalkempfindlichkeit der Lupine.  
 1921, Fühlings Ldw. Ztg. Bd 70, 19 u. 232.  
 Tafeln zur vergleichenden Physiologie und Pathologie der Kulturpflanzen.  
 1927, Berlin, O. Schlegel.

- Phosphorsäurefragen in der Pflanzenpathologie.  
1932, Die Phosphorsäure, Bd 2, 1.
- MES, M. G. Fisiologiese Siektesimptome van Tabak.  
1930, Dissertatie. — Utrecht.
- Physiological Disease Symptoms of Tobacco.  
1930, Phytopath. Ztschr. Bd II, 593.
- MEVIUS, W. Beiträge zur Physiologie „kalkfeindlicher Gewächse“.  
1921, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd 60, 147.
- Wasserstoffionenkonzentration und Permeabilität bei „kalkfeindlichen“ Gewächsen.  
1924, Ztschr. f. Bot. Bd 16, 641.
- Die directe Beeinflussung der Pflanzenzelle durch die Wasserstoffionenkonzentration des Nährsubstrates.  
1926, Ztschr. f. Pflanzenern. u. Düng. T. A Bd 6, 89.
- Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum.  
1927, Naturwissensch. u. Landwirtschaft. H. 11 Datterer, Freising-München.
- Kalzium-ion und Wurzelwachstum.  
1927, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd 66, 183.
- Die Wirkung der Ammoniums Salze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration.  
1928, Planta. Bd 6, 379.
- MILLER, L. P. Effect of manganese deficiency on the growth and sugar content of plants.  
1933, Am. Journ. of Bot. Vol. 20, 621.
- MITSCHERLICH, E. Versuche zur Beurteilung des Düngerbedürfnisses des Bodens.  
1914, Fühlings Landw. Ztg. Bd 63, 78.
- MOLLER, A. Karenzerscheinungen bei Kiefer.  
1904, Ztsch. f. Forst- u. Jagdwesen, Bd 36, 745 (Gecit. uit Sorauer Bd I Teil I, 1933, 240).
- NIGHTINGALE, G. F., ADDOMS, R. M., ROBBINS, W. R. and SCHERMERHORN, L. G. Effects of calcium deficiency on nitrate absorption and on metabolism in Tomato.  
1931, Plant Physiol. Vol. 6, 605.
- OLSEN, C. Studies on the hydrogen ion concentration of the soil and its significance to the vegetation, especially to the natural distribution of plants.  
1923, Comptes Rend. Carlsberg, Vol. 15, 1.
- On the influence of humus substances on the growth of green plants in water culture.  
1931, Comptes Rend. Carlsberg, Vol. 18, 1.
- The absorption of manganese by plants.  
1934, Comptes Rend. Carlsberg, Vol. 20, 1.
- Ueber die Manganaufnahme der Pflanzen.  
1934, Biochem. Ztschr. Bd 269, 329.
- Iron absorption and chlorosis in green plants.  
1935, Comptes Rend. Carlsberg, Vol. 21, 15.
- ORTH, O. S., WICKWIRE, G. C. and BURGE, W. E. Copper in relation to chlorophyl and hemoglobin formation.  
1934, Science. Vol. 79, 33.
- OSERKOWSKY, J. Hydrogen-ion concentration and iron content of tracheal sap from green and chlorotic pear trees.  
1932, Plant Physiol. Vol. 7, 253.
- VAN OVERBEEK, J. Die Symptome des Bormangels bei Zea mays.  
1934, Med. Phytopath. Lab. W. C. S. Baarn, No. 13, 29.
- PARKER, F. W. Soil phosphorus studies: III. Plant growth and the absorption

- of phosphorus from culture solutions of different phosphate concentrations.
- 1927, *Soil Sci.* Vol. 24, 129.
- and PIERRE; W. H. The relation between the concentration of mineral elements in a culture medium and the absorption and utilization of those elements by plants.
- 1928, *Soil Sci.* Vol. 25, 337.
- and TRUOG, E. The relation between the Calcium and the nitrogen contents of plants and the function of Ca.
- 1920, *Soil Sci.* Vol. 10, 49.
- PARSCHE, F. Ueber die Kalkchlorose der Lupinen.
- 1936, *Ztschr. f. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk.* Bd 41, 282.
- PFEIFFER, TH. und BLANCK, E. Die Kalkfeindlichkeit der Lupine, usw.
- 1911, *Mitteilg. Ldw. Inst. Breslau.* Bd 6, 273.
- Die Kalkfeindlichkeit der Lupine. (Zweite Mitteilg.)
- 1914, *Mitteilg. Ldw. Inst. Breslau.* Bd 7, 233.
- und SIMMERMACHER, W. Vergleichende Versuche über die Ausnützung der Phosphorsäure und des Stickstoffs durch die Pflanzen.
- 1916, *Landw. Vers. St.* Bd 88, 445.
- und — Die Kalkfeindlichkeit der Lupine.
- 1919, *Landw. Vers. St.* Bd 93, 1.
- PIERRE, W. H. and PARKER, F. W. Soil Phosphorus Studies II. The concentration of organic and inorganic phosphorus in the soil solution and soil extracts and the availability of the organic phosphorus to plants.
- 1927, *Soil Sci.* Vol. 24, 119.
- PIRSCHLE, K. Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration.
- 1929, *Ber. d. D. Bot. Gesellsch.* Bd 47, 86.
- 1930, *Planta*, Bd 9, 84.
- PRIANISCHNIKOW, D. Ueber den Einfluss von kohlenäurem Kalk auf die Wirkung von verschiedenen Phosphaten.
- 1911, *Landw. Vers. St.* Bd 75, 357.
- Ueber die äusseren und inneren Bedingungen der Ausnützung des Ammoniakstickstoffs durch die Pflanzen.
- 1933, *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A* Bd 30, 38 u. Bd 33, 134.
- REED, H. S. and HAAS, A. R. C. Nutrient and toxic effects of certain ions on Citrus and Walnut trees with special reference to the concentration and pH of the medium.
- 1924, *Univ. Cal. Publ. Techn. Paper* 17.
- and DUFRENOY The effects of zinc and iron salts on the cell structure of mottled orange leaves.
- 1935, *Hilgardia*, Vol. 9, 113.
- REINCKE, R. Die Kalkempfindlichkeit der gelben Lupine und der Anteil der Knöllchenbakterien an der Erkrankung.
- 1930, *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A* Bd 17, 79.
- Experimentaluntersuchungen über die Chlorose der gelben Lupine.
- 1932, *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A* Bd 23, 77.
- ROEMER, H. und WIMMER, G. Die Bedeutung der an der Rübenpflanze durch verschiedene Düngung hervorgerufene äussere Erscheinungen.
- 1907, *Ztschr. d. Ver. d. D. Zuck. Ind.*
- ROGERS, C. H. and SHIVE, J. W. Factors affecting the distribution of iron in plants.
- 1932, *Plant Physiol.* Vol. 7, 227.

- ROHDE, G. Nährstoffentzug und Kalimangelercheinungen einiger Leguminosen.  
1934, Die Ernährung der Pflanze. Bd 30, 357.
- SACHS, J. Erfahrungen über die Behandlung chlorotischer Gartenpflanzen.  
1888, Arb. Bot. Inst. Würzburg. Bd 3, H. 4, 433.
- SAEGER, A. Manganese and the growth of Lemnaceae.  
1933, Am. Journ. of Bot. Vol. 20, 234.
- SAMUEL, G. S. and PIPER, C. S. Manganese as an essential element for plant growth.  
1929, Annals Appl. Biol. Vol. 16, 493.
- SCHAFFNIT, E. und VOLK, A. Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Physiologie verschiedener ernährter Pflanze.  
1928, Landw. Jahrb. Bd 67, 305.
- SCHARRER, K. und SCHROPP, W. Sand- und Wasserkulturversuche über die Wirkung des Zink- und Kadmiumions.  
1934, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd 34, 14.  
— und — Wasser- und Sandkulturversuche mit Mangan.  
1934, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd 36, 1.  
— und — Zur Frage der gegenseitigen Beeinflussung von Kalium- und Natrium-Ionen in ihrer Wirkung auf das Pflanzenwachstum.  
1935, Die Ernährung der Pflanze. Bd 31, 301.
- SCHNEIDER, K. Beeinflussung der Gewebeausbildung von Pelargonium zonale durch verschiedene Ernährung.  
1935, Ztschr. f. Bot. Bd 28, 561.
- SCHOLZ, W. Bisherige Forschungsergebnisse betreffend die Chlorose der gelben Lupine (*Lupinus luteus*) in ihrer Beziehung zum Eisen.  
1932, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd 25, 287.  
— Die Chlorose der gelben Lupine (*Lupinus luteus*) in ihrer Beziehung zum Eisen.  
1933, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd 28, 257.  
— Knöllchenbildung und Chlorose der gelben Lupine (*Lupinus luteus*).  
1933, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd 29, 59.  
— Der Einfluss des Saatguts verschiedener Herkunft der gelben Lupine (*Lupinus lut.*) auf den Eintritt und den Verlauf der Chlorose.  
1934, Ztschr. f. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. T. A Bd 33, 340.
- SCHREINER, O. and DAWSON, P. R. Manganese deficiency in soils and fertilizers.  
1927, Indus. and Eng. Chem. Vol. 19, 400.
- VAN SCHREVEN, D. A. Uitwendige en inwendige symptomen van boriumgebrek bij tabak.  
1934, Inst. v. Phytopathol. Med. 67. (Overdr. „Tijdschr. v. Plantenz.“ 40e Jaarg., 98).  
— Uitwendige en inwendige symptomen van boriumgebrek bij tomaat.  
1935, Inst. v. Phytopathol. Med. 71 (Overdr. „Tijdschr. v. Plantenz.“ 41e Jaarg., 1).  
— Physiologische proeven met de aardappelplant.  
1935, Inst. v. Phytopathol. Med. 75. (Overdr. Landbouwk. Tijdschr. 47e Jaarg., No. 579).
- SCHROPP, W. Die Eisenversorgung der Pflanzen bei Wasserkulturversuchen.  
1934, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd 33, 38.  
— und ZOLLER, E. Der Mangelversuch in Form der Wasserkultur I.  
1934, Landw. Vers. St. Bd 118, 1.  
— und SOUKUP, H. Der Mangelversuch in Form der Wasserkultur II.  
1935, Landw. Vers. St. Bd 122, 263.
- SCOFIELD, C. S. and WILCOX, L. V. Boron in irrigation waters.



- 1931, U. S. Dep. Agric. Techn. Bull. 264.
- VON SEELHORST, GEILMANN und THIELE. Untersuchungen über die Kalkempfindlichkeit der Lupine.
- 1915, D. Landw. Presse. Jahrg. 42. No. 1.
- SJOLLEMA, B. Kupfermangel als Ursache von Krankheiten bei Pflanzen und Tieren.
- 1933, Biochem. Ztschr. Bd 267, 151.
- SMALL, J. Hydrogen-ion concentration in plant cells and tissues.
- 1929, Protoplasma Monographien, Bd 2 Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin.
- SOMMER, A. L. Studies concerning the essential nature of aluminum and silicon for plant growth.
- 1926, Univ. Cal. Publ. Agric. Sci. Vol. 5, 57.
- The search for elements essential in only small amounts for plant growth.
- 1927, Science. Vol. 66, 482.
- Further evidence of the essential nature of zinc for the growth of higher green plants.
- 1928, Plant Physiol. Vol. 3, 217.
- Copper as an essential for plant growth.
- 1931, Plant Physiol. Vol. 6, 339.
- and LIPMAN, C. B. Evidence of the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants.
- 1926, Plant Physiol. Vol. 1, 231.
- SORAUER, P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten.
- 1933, Bd I. Teil I.
- SOROKIN, H. and SOMMER, A. L. Changes in the cells and tissues of root tips induced by the absence of calcium.
- 1929, Am. Journ. of Bot. Vol. 16, 23.
- SWANBACK, T. R. The effect of boric acid on the growth of tobacco plants in nutrient solutions.
- 1927, Plant Physiol. Vol. 2, 475.
- TEAKLE, L. J. H. Phosphate in the soil solution as affected by reaction and cation concentrations.
- 1928, Soil Sci. Vol. 25, 143.
- The absorption of phosphate from soil and solution cultures.
- 1929, Plant Physiol. Vol. 4, 213.
- TIDMORE, J. W. The phosphorus content of the soil solution and its relation to plant growth.
- 1930, Journ. Am. Soc. Agron. Vol. 22, p. 481.
- Phosphate studies in solution cultures.
- 1930, Soil Sci. Vol. 30, 13.
- TREALEASE, S. F. and H. M. Magnesium injury of wheat.
- 1932, Bull. Torrey Bot. Club. 58, 127.
- TRENEL, M. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Bodensäurefrage.
- 1927, Parey, Berlin.
- TRIWOSCH, S. Das Eisen als Mittel zur Bekämpfung der Chlorose der gelben Lupine (*Lupinus luteus*) auf kalkhaltigen bzw. gekalkten Böden.
- 1933, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd 31, 14.
- Ueber den Einfluss von Magnesium, Eisen und Kalk auf das Wachstum der gelben Lupine (*Lupinus luteus*).
- 1934, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. B Bd 13, 155.
- TRUOG, E. and MEACHAM, M. R. Soil acidity II. Its relation to the acidity of the plant juice.
- 1919, Soil Sci. Vol. 7, 469.
- VAGELER, H. Ein Beitrag zur Frage der Wirkung von Mangan, Eisen und Kupfer auf den Pflanzenwuchs.

- 1916, Landw. Vers. St. Bd 88, 159.
- WANN, F. B. and HOPKINS, E. F. Further studies on growth of *Chlorella* as affected by hydrogen-ion concentration.
- 1927, Bot. Gaz. Vol. 83, 194.
- WARINGTON, K. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants.
- 1923, Annals of Bot. Vol. 37, 630.
- The changes induced in the anatomical structure of *Vicia faba* by the absence of boron from the nutrient solution.
- 1926, Annals of Bot. Vol. 40, 27.
- WHITING, A. L. and HECK, A. F. The assimilation of phosphorus from phytin by oats.
- 1926, Soil Sci. Vol. 22, 477.
- WILFARTH, H. and WIMMER, G. Die Kennzeichen des Kalimangels an den Blättern der Pflanzen.
- 1903, Ztschr. f. Pflanzenkrankh. Bd 13, 82.
- WILLIS, L. G. The effect of liming soils on the availability of manganese and iron.
- 1932, Journ. Am. Soc. Agron. Vol. 24, 716.
- VON WRANGELL, M. Ein estländisches Rohphosphat und seine Wirkung auf verschiedene Pflanzen.
- 1920, Landw. Vers. St. Bd 96, 1.
- Gesetzmässigkeiten bei der Phosphorsäureernährung der Pflanze.
- 1922, Landw. Jahrb. Bd 57, 1.
- Ueber Bodenphosphate und Phosphorsäure Bedürftigkeit.
- 1926, Landw. Jahrb. Bd 63, 627.
- Die Bestimmung der pflanzenzugänglichen Nährstoffe des Bodens.
- 1930, Landw. Jahrb. Bd 71, 149.
- ZINZADZE, CH. R. Neue normale Nährlösungen mit stabiler Reaktion während der Vegetationsperiode.
- 1927, Landw. Vers. St. Bd 105, 267.



# STELLINGEN

## I

Ten onrechte meent Loew, dat de gunstigste Ca—Mg verhouding voor leguminosen 3 : 1 is.

Loew: *Angew. Bot.*, Bd 14, 1932, 169.

## II

De opvatting van Reincke, Scholz, e.a. dat bij de kalkschuwheid van lupine de reactie van het milieu geen rol speelt, is onjuist.

Reincke: *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd. 17, 1930, 79.*

Scholz: *Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. T. A Bd 28, 1933, 257.*

## III

De door Kisser en Portheim toegepaste beitsmethode met  $H_2O_2$  is voor de praktijk onbruikbaar.

*Phytopath. Ztschr. Bd VII, 1934, 409.*

## IV

Een van de vormen van „bodemmotheid” van leguminosen is toe te schrijven aan de werking van een bacteriophaga.

Demolon en Dunez. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, T. 199, 1934.*

## V

De snelheid van de protoplasmastrooming wordt niet alleen bepaald door de viscositeit van het protoplasma.

## VI

De primaire celwand van de levende cel leeft.

## VII

De vorming van typisch jong mosveen in onze oostelijke hoogvenen had reeds een einde genomen, voordat de mensch ingreep.

## VIII

Ten onrechte meent Tüxen, dat het Querceto-Betuletum in Nederland het product is van den primairen bodemtoestand en niet aan het einde van een lange ontwikkeling kan staan.

Tüxen: Klimaxprobleme des N.W.-Europ. Festlandes, Ned. Kruidk. Arch. D 43, 1933, 293.

## IX

Het is waarschijnlijk, dat onder de spijsverteringsenzymen van invertebraten een kathepsine voorkomt.

## X

Ook in tijden van overproductie is het werk van den phytopatholoog economisch noodzakelijk.









