Utrecht University Library
Partner in Science
Universiteit Utrecht

Anorganische beschadigingen bij Pisum sativum L. en Phaseolus vulgaris L.

https://hdl.handle.net/1874/287188

Aquisit. 7

ANORGANISCHE BESCHADIGINGEN BIJ PISUM SATIVUM L. EN PHASEOLUS VULGARIS L.

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

J. C. S' JACOB

A. qu.
192

ANORGANISCHE BESCHADIGINGEN BIJ PISUM SATIVUM L. EN PHASEOLUS VULGARIS L.

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT
1618 4198

ANORGANISCHE BESCHADIGINGEN BIJ PISUM SATIVUM L. EN PHASEOLUS VULGARIS L.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS Dr. A. NOORDTZIJ, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GODGELEERDHEID, VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE TE VERDEDIGEN, OP MAANDAG 28 MAART 1927, DES NAMIDDAGS VIER UUR

DOOR

JAN CAREL S' JACOB

GEBOREN TE AMSTERDAM

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

BAARN — HOLLANDIA-DRUKKERIJ — 1927

ANORGANISCHE BESCHADIGINGEN BIJ PISUM SATIVUM L. EN PHASEOLUS VULGARIS L.

„Es ist eine schlimme Sache, die doch manchem Beobachter begegnet, mit einer Anschauung sogleich eine Folgerung zu verknüpfen und beide für gleichgeltend zu achten".

(GOETHE)

Bij het beëindigen van dit proefschrift, maak ik gaarne van de mij geboden gelegenheid gebruik, een woord van dank te brengen aan allen, die tot mijn academische opleiding bijdroegen. In het bijzonder geldt mijn dank U, Hoogleeraren in de Faculteit der Wis- en Natuurkunde. In mijn toekomstige loopbaan hoop ik nog dikwijls te putten uit de kennis, die Gij mij bijbracht.

De bijzondere wijze, waarop Gij, Hooggeleerde N i e r s t r a s z, Uw colleges weet voor te dragen, en Uw groote gave om de problemen naar voren te brengen, hebben mij steeds getroffen.

Hooggeleerde J o r d a n. Steeds zal ik met groote dankbaarheid terug denken aan den aangenamen tijd, toen ik onder Uw leiding enkele dierphysiologische vraagstukken mocht bewerken.

Hooggeleerde P u l l e. Het is niet alleen voor Uw leiding en onderwijs, dat ik U dank zeg, maar tevens voor de welwillende wijze, waarop Gij mij, tijdens mijn assistentstijd, tegemoet zijt gekomen wat betreft mijn practische werk.

Bijzonder veel dank ben ik U verschuldigd, Hooggeleerde W e n t. Uw groote belangstelling voor al Uw leerlingen heeft mij steeds getroffen. Nooit is U iets te veel als het de behartiging van hun belangen betreft. Het jaar dat ik Uw assistent mocht zijn, zal mij steeds in de herinnering blijven als een van de mooiste uit mijn studententijd. Voor de groote gastvrijheid en hartelijkheid, die ik steeds in Uw familiekring mocht ontvangen, ben ik Mevrouw W e n t en U ten zeerste dankbaar.

Hooggeleerde W e s t e r d ij k, Hooggeachte Promotrix. Het is mij een groot genoegen U hier een woord van dank te kunnen brengen voor alles wat Gij voor mij geweest zijt. De groote opgewektheid,welke er steeds op Uw laboratorium heerscht en de bijzondere wijze, waarop Gij Uw leerlingen steeds met nieuw entousiasme voor hun werk bezielt, zal ik nooit vergeten. Zeer erkentelijk ben ik U tevens, dat U mij toestond het eerste deel van dit proefschrift niet onder Uw directe leiding te Baarn, doch te Utrecht te bewerken. Ook de vele aangename en geestige gesprekken buiten het werk om, zal ik niet licht vergeten.

De wijze waarop Gij, Hooggeachte v a n L u y k, mij steeds in de gelegenheid stelde te profiteeren van Uw groote kennis op mycologisch gebied, heb ik steeds gewaardeerd. Bijzonder dank-

baar ben ik U verder voor de hulp, met de correctie van de drukproeven verleend.

Ook den heer G o o s s e n, hortulanus van Cantonspark, ben ik zeer dankbaar voor de wijze, waarop hij mij steeds met raad en daad heeft bijgestaan.

Ten slotte rest mij nog een woord van dank aan de stichting Willie Commelin Scholten, voor de genoten gastvrijheid.

INHOUD

blz.

INLEIDING 1

Hoofdstuk I. METHODIEK EN MATERIAAL . 5

Hoofdstuk II. DE DOOR VERKEERDE BEMESTING VEROORZAAKTE PATHOLOGISCHE VERSCHIJNSELEN.

§ 1. Literatuur overzicht 13
§ 2. Eigen onderzoek 25
a. De symptomen van gebrek en overmaat van kali. . . . 28
b. „ „ „ „ „ „ „ fosfor . . . 32
c. „ „ „ „ „ „ „ calcium . . . 35
d. „ „ „ „ „ „ „ stikstof . . . 39
§ 3. Conclusies uit bovenstaande proeven 42

Hoofdstuk III. DE INVLOED VAN DE REACTIE VAN HET MILIEU EN VAN EEN PHYSIOLOGISCH-ZURE (ALC.) BEMESTING.

§ 1. Literatuuroverzicht 45
§ 2. Eigen onderzoek 59
a. De invloed van de reactie van het milieu 59
b. De invloed van een physiologisch-zure (alc.) bemesting . . 72
c. De invloed van nitrieten 80

Hoofdstuk IV. DE INVLOED VAN MANGAANSULFAAT, KOPERSULFAAT EN BOORZUUR.

§ 1. Literatuuroverzicht 85
§ 2. Eigen onderzoek 93
a. Mangaan 93
b. Koper 98
c. Borium 100

SAMENVATTING DER VERKREGEN RESULTATEN 106

LITERATUURLIJST 109

INLEIDING

Het is vooral Sorauer geweest, die de aandacht gevestigd heeft op de groote beteekenis van de plantenziekten van anorganischen oorsprong. Het gevolg hiervan was, dat zich omstreeks het einde van de 19de eeuw en het begin van de 20ste, een groot aantal onderzoekers aan de bestudeering van deze verschijnselen heeft gewijd. Deze groote belangstelling voor dit deel van de phytopathologie is echter niet van langen duur geweest. Door het ontdekken van een groot aantal ziekten, veroorzaakt door schimmels, bacteriën en insekten, en de groote schade die hierdoor aan de kultuurgewassen werd toegebracht, is de aandacht van de onderzoekers sterk van de anorganische ziekten afgeleid. Een tijdlang scheen het zelfs of zulke ziekten in het geheel niet bestonden. Een typisch voorbeeld hiervan vindt men bij de wijnstok. Omstreeks 1890 was reeds door een aantal onderzoekers proefondervindelijk aangetoond, dat de bij deze plant algemeen voorkomende chlorose, van anorganischen oorsprong was en wel een gevolg hetzij van kalkovermaat in den bodem, hetzij van kaligebrek. In 1906 verschijnt er nu een stuk van een Russischen onderzoeker Dementjew, die als oorzaak van de chlorose opgeeft een aantasting van de wortelhals door mijten, iets, dat toch wel heel onwaarschijnlijk is, aangezien alleen de ijzeropname gestoord is; de planten groeien n.l. overigens volkomen normaal.

In de laatste jaren is echter het onderzoek naar de ziekten van anorganischen oorsprong wederom op den voorgrond getreden, hoewel in eenigszins andere richting als ten tijde van Sorauer. Gedurende het laatste tiental jaren heeft zich n.l. in Europa en vooral in ons land een aantal ziekten onder de landbouwgewassen voorgedaan, die gebleken zijn niet van parasitairen oorsprong te zijn. Ze schijnen in hooge mate bevorderd te worden door een ondoelmatig gebruik van kunstmeststoffen, terwijl door enkele

buitenlandsche onderzoekers dit zelfs als de primaire oorzaak wordt beschouwd (Arrhenius—Hiltner).

Een andere richting van onderzoek, welke de laatste jaren veel aanhangers vindt is de invloed, die de bemesting (en andere bodembestanddeelen) uitoefent op de vatbaarheid voor verschillende parasitaire ziekten. Een groot bezwaar van deze onderzoekingen is m.i., dat meestal niet bekend is welke invloed de bemesting uitoefent op de plant zelf; in hoeverre bijv. een vermindering van den opbrengst te wijten is aan de infectie of aan de bemestingswijze zelf. Met het oog op het voorgaande komt het mij wenschelijk voor eens na te gaan, welke pathologische verschijnselen veroorzaakt worden door een ondoelmatige bemesting en door enkele schadelijke bodemomstandigheden, om hieruit in de practijk dan conclusies te kunnen trekken.

In het tweede hoofdstuk geef ik dan ook de uitkomsten van een aantal proeven, waarbij ik planten kweekte op een zoodanige wijze, dat steeds aan een van de gebruikelijke kunstmeststoffen gebrek bestond of een in overmaat aanwezig was. In het derde hoofdstuk heb ik nagegaan in hoeverre de bemesting en de reactie van den bodem de plant gevoelig maken voor de z.g. bodemziekten als de *Veenkoloniale haverziekte* en de *Hooghalensche ziekte*. Vooral heb ik mijn aandacht geschonken aan het verschil in gevoeligheid voor deze ziekten tusschen haver en Leguminosen, om hieruit misschien conclusies te trekken over de oorzaak van zulke beschadigingen. In het vierde hoofdstuk heb ik ten slotte nagegaan de beschadigingen, die optreden wanneer de z.g. geneesmiddelen voor deze ziekten ($CuSO_4$ en $MnSO_4$) in te groote hoeveelheid worden toegediend, iets, wat met het oog op de groote giftigheid van deze stoffen in de praktijk lang niet onmogelijk zal zijn.

Oorspronkelijk lag het in mijn bedoeling, de beschadiging eerst na te gaan in watercultures, aangezien we hier de directe werking van de zouten het duidelijkst kunnen waarnemen. Vervolgens zouden dan de uitkomsten hiervan getoetst kunnen worden aan potculturen. Hieruit zou dan tevens kunnen blijken, in hoeverre de uit de praktijk bekende verschijnselen, een gevolg van nevenwerkingen zijn. Een beschadiging door een overbemesting van kalizouten in de praktijk kan bijv. zoowel een gevolg zijn van een

te hooge concentratie van kalium-ionen als van een overmaat van schadelijke bijproducten als NaCl, $CaCl_2$ en $MgCl_2$, m. a. w. eigenlijk een chloorbeschadiging zijn.

Het onderzoek van de watercultures alleen is echter van een zoodanigen omvang geworden, dat de potcultures geheel achterwege moesten blijven.

Als proefplanten gebruikte ik enkele Leguminosen, omdat hiervan nog weinig bekend is wat betreft zulke beschadigingen.

Aangezien bij Leguminosen het optreden van wortelknolletjes van het grootste belang is, werd tevens bij alle proeven gelet op den invloed, die de verschillende bodems uitoefenen op de infectie met *Bacterium radicicola*.

Daar de literatuur over de verschillende onderwerpen, in de drie laatste hoofdstukken behandeld, zeer uitgebreid is en een samenvatting ervan de overzichtelijkheid eerder zou verminderen dan vermeerderen, heb ik de literatuur over dat deel van het onderzoek aan het begin van ieder hoofdstuk afzonderlijk samengevat.

HOOFDSTUK I

METHODIEK EN MATERIAAL

Alle, in de volgende hoofdstukken te beschrijven proeven werden uitgevoerd als watercultures. Hiervoor werd gebruik gemaakt van glazen potten (gewone jampotten) van ongeveer 350 c.c. inhoud. Deze potten werden eerst van buiten zwart geverfd met „radiatorenlak" om de wortelgroei in donker mogelijk te maken en om de groei van wieren te verhinderen. Dit zwart lakken voldeed veel beter dan de vroeger algemeen gebruikelijke methode om de potten te omhullen met hoezen van zwart papier, terwijl de methode om ze te plaatsen in kleine houten kistjes, zooals dat o.a. aan het Landbouw Proefstation in Groningen gewoonte is, veel meer ruimte eischt.

Om een te sterke verhitting van den voedingsbodem ten gevolge van directe zonnebestraling te voorkomen, werden de potten, over het zwart, nog met een dikke laag witte verf bestreken.

De metalen schroefdeksels waren van boven 3 × doorboord. In iedere opening was een doorboorde kurk aangebracht, waarin de jonge plantjes op de gebruikelijke wijze met watten werden bevestigd. De deksels zelf zoowel als de kurken werden geparaffineerd, om roesten en verwering tegen te gaan. Dit paraffineeren werd bij den aanvang van iedere proef herhaald, aangezien de paraffine door het herhaaldelijk los- en vastschroeven gemakkelijk loslaat. Aan den rand van den deksel was een 25 c.M. lang, verticaal staand staafje ijzerdraad bevestigd om de planten aan te kunnen opbinden.

Als proefplanten werden gebruikt: *Pisum sativum L.* (var.

Wonder van Amerika), *Phaseolus vulgaris L.* (var. gewone bruine), en in enkele gevallen ook *Vicia faba* (var. Mansholt's wierboon). De zaden werden respectievelijk betrokken van de firma's Mansholt te Westpolder (prov. Gron.) en de Koning te Goes. Alle zaden werden voor het uitzaaien gedesinfecteerd in een 0,25 % oplossing van „Uspulun" gedurende 10 tot 15 min. In het begin liet ik de zaden kiemen in vochtig zaagsel, doch weldra bleek dit voor de bruine boon ten eenen male ongeschikt, daar het zaagsel te veel vocht vasthoudt en de boonen daardoor spoedig aan rotting onderhevig zijn. Het percentage normaal gekiemde planten werd hierdoor soms tot 40 % verminderd. Later werd dan ook voor de kieming gebruik gemaakt van vochtig scherp zand. Hiermee werden uitstekende resultaten bereikt; het kiempercentage daalde zelfs in de ongunstige wintermaanden nooit onder de 85 %.

Wanneer de planten gekiemd waren en het worteltje ± 5 c.M. lengte bereikt had, hetgeen meestal na 10 dagen het geval was, werden ze opgepot, en wel bij de erwten 3 per pot en bij de boon en tuinboon 1 per pot. De potten werden dan gedurende de zomermaanden buiten gezet op een beschutte plaats en door een glazen afdak tegen regen beschermd. Gedurende het minder gunstige jaargetijde stonden de potten in een kas waar de temperatuur schommelde tusschen 16 en 27° C.

Het door de planten verdampte water werd 2 × per week aangevuld met gewoon leidingwater. Alleen bij de proeven over stimulatie door sporen Cu, Mn en B werd gedestilleerd water gebruikt. De voedingsbodems werden steeds de eerste maal na 3 weken en vervolgens om de 14 dagen ververscht.

Daar het ook in mijn bedoeling lag de invloed van de verschillende zouten op de infectie door *Bacterium radicicola* na te gaan, werden alle cultures na ± 10 dagen geënt met de desbetreffende variëteit van deze organismen. Hiertoe werden de bacteriën gekweekt op een vloeibaren bodem, bestaande uit een aftreksel van erwtenloof, waaraan was toegevoegd 2 % rietsuiker en 1 % gemalen krijt. Een ongeveer 14 dagen oude cultuur in een gewone cultuurbuis (reageerbuis) werd nu met gedestilleerd water verdund tot 100 c.c. en van deze verdunning werd aan iedere cultuur ongeveer 2 c.c. toegevoegd.

Alvorens tot de eigenlijke proeven over te kunnen gaan, moest eerst een voedingsbodem gevonden worden, die een zoo normaal mogelijke ontwikkeling van de planten veroorzaakte, om steeds als contrôle gebruikt te kunnen worden. Hiertoe werd de volgende proefserie aangezet:

Serie I. Uit de vele bestaande recepten voor voedingsoplossingen werden de volgende 4 uitgekozen:

1 de opl. van Sachs (1860)
2 „ „ „ Olsen (1923)
3 „ „ „ Shive (1915)
4 „ „ „ v. d. Crone (1904),

en wel om de volgende redenen:

1e. De oplossing van Sachs wordt in de Europeesche literatuur zeer vaak gebruikt en tevens beschrijft hij zelf goed geslaagde cultures van *Phaseolus multiflorus.*

2e. De oplossing van Olsen zou volgens hem constant zijn wat betreft de reactie. Daar het mijn plan was o.a. ook proeven te nemen over den invloed van de reactie van het milieu en over den invloed van een physiologisch zure, resp. alcalische bemesting, zou deze bodem zeer veel voordeelen kunnen bieden.

3e. De oplossing van Shive is een voedingsbodem, welke in de moderne Amerikaansche literatuur als de meest bruikbare wordt beschouwd. Hij geeft echter 2 recepten; een voor tarwe en een voor boekweit. Ik koos nu dit laatste.

4e. De oplossing van v. d. Crone werd mij aangeraden omdat men er aan het Groningsche Landbouw Proefstation zulke uitstekende resultaten mee bereikt had.

Toevallig kwam mij, juist voor het inzetten van deze proefreeks, de publicatie van C a t h. W a r i n g t o n (1923) in handen, waarin zij aantoont dat bij Vicia faba een groei zonder sporen boorzuur in de oplossing niet mogelijk is. Daar zij aan het einde van haar publicatie een opmerking maakt, dat een dergelijke invloed van borium ook voor andere Leguminosen zou bestaan, besloot ik dit nader na te gaan.

Hiertoe werden alle vier series in duplo aangezet en wel van ieder een met en een zonder borium. Het borium werd gegeven in den vorm van boorzuur in een concentratie van $^1/_{75000}$, zijnde de concentratie waarbij Warington de beste werking con-

TABEL I

Voedingsbodem van:	Water	KNO_3	$NaNO_3$	$Ca(NO_3)_2$	NH_4Cl	$MgSO_4$	$CaSO_4$	KH_2PO_4	$Ca_3(PO_4)_2$	KCl	NaCl	$FeCl_3$	$Fe_3(PO_4)_2$	H_3BO_3
	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram
Olsen + Bo	1000		1,12		0,30	0,25	0,25	0,25		0,25		0,02		0,013
Olsen	1000		1,12		0,30	0,25	0,25	0,25		0,25		0,02		
Sachs + Bo	1000	1,00				0,50	0,50	0,50			0,50	0,04		0,013
Sachs	1000	1,00				0,50	0,50	0,50			0,50	0,04		
Shive + Bo	1000			0,85		2,40		1,96				0,04		0,013
Shive	1000			0,85		2,40		1,96				0,04		
v. d. Crone + Bo	1000	1,00				0,50	0,50		0,25				0,25	0,013
v. d. Crone	1000	1,00				0,50	0,50		0,25				0,25	

Samenstelling der voedingsbodems van Sachs-Olsen-Shive en v. d. Crone.

stateerde. Van iedere bodem werden 5 contrôlepotten aangezet, zoodat ik voor iedere serie beschikte over resp. 5 boonenplanten, 5 Viciaplanten en 15 erwtenplanten.

De volledige samenstelling der verschillende voedingsoplossingen is weergegeven in tabel I.

Het uitzaaien vond plaats op 29 December, in vochtig zaagsel. Op 6 Januari waren de zaden voldoende gekiemd en werden de jonge planten op de oplossingen overgebracht. Na zoo 8 weken verder gekweekt te zijn, werden de planten op 12 Maart geoogst. Hierna werd voor iedere serie het totale drooggewicht bepaald. De uitkomsten hiervan zijn weergegeven in tabel II.

TABEL II

Proefplant	Olsen + Bo	Olsen	Sachs + Bo	Sachs	Shive + Bo	Shive	v. d. Crone + Bo	v. d. Crone
Phaseolus	5,18	7,30	8,17	9,15	8,77	9,46	12,65	13,30
Pisum	2,03	2,97	5,96	6,43	1,16	1,34	9,63	10,02
Vicia	7.78*	6,82*	7,211*	7,03*	19,81	19,98	24,93	25,01

Drooggewichten van spruit en wortel gezamenlijk (5 planten) voor de 3 proefplanten in de verschillende oplossingen: allen met en zonder boorzuur ($^1/_{75000}$).

Onder het drooggewicht wordt hier verstaan het gewicht, nadat de planten gedurende ± 18 uur bij 100° C. gedroogd waren.

Gedurende den loop der cultuur deden zich bij de verschillende series de volgende bijzonderheden voor.

P i s u m

Gedurende de eerste 14 dagen is de ontwikkeling in alle series ongeveer gelijk, alleen in de opl. van Shive, zoowel met als zonder borium, vertoonen de planten enkele verdroogde bladtoppen en ranken. Dit verschijnsel breidt zich snel uit en na 5 weken zijn bijna alle planten van deze series geheel verdroogd. De planten,

*) Lage uitkomsten tengevolge van rotting aan stengelvoet en wortels.

die borium gekregen hebben, vertoonen het verschijnsel nog in sterker mate dan die, welke geen borium ontvingen. Een dergelijk verschijnsel ben ik in de latere proeven nooit weer tegen gekomen (zie hoofdstuk II) en het is mij dan ook nog niet duidelijk wat hiervan de reden geweest kan zijn.

Bij de overige cultures zijn de verschillen veel geringer. De planten in de opl. van v. d. Crone zijn gedurende de geheele cultuur verreweg het best ontwikkeld. Ook het bladgroen is donkerder dan bij een der anderen. Het wortelgestel is heldêr wit, in tegenstelling met de andere cultures, die allen min of meer gele wortels hebben. Dit schijnt echter samen te hangen met het feit, dat $FeCl_3$ als ijzerbron gegeven werd; tenminste bij latere proeven trad steeds in dat geval dezelfde gele wortelkleur op.

De planten in de oplossing van Sachs vertoonen geen bijzondere verschillen; alleen is de geheele ontwikkeling iets geringer dan bij de opl. van v. d. Crone, hetgeen ook uit de drooggewichten duidelijk blijkt.

De planten uit de opl. van Olsen zijn weer minder sterk dan die uit de opl. van Sachs. Ook zijn ze iets minder turgescent. De onderste bladen verliezen ten minste na eenigen tijd hun stevigheid en zien lichtgeel gevlekt. Dit is echter een geheel andere kleur dan die, welke optreedt bij chlorose; het is oranjegeel en ze doet meer denken aan de kleur, die een normale plant aanneemt bij het afsterven op het land.

Wat betreft de infectie met Bacterium radicicola bleek, dat in alle oplossingen, behalve in die van Shive, een groot aantal wortelknolletjes gevormd werden. Deze waarneming komt overeen met die van Prucha (1915), die eveneens bij planten (Canada field pea) in Shive's oplossing geen knolletjes zag optreden. De oorzaak hiervan zal wel gezocht moeten worden in een te hooge concentratie van K en Mg ionen.

Phaseolus

Alle cultures ontwikkelen zich uiterlijk volkomen normaal, d.w.z. er deden zich geen ziekteverschijnselen voor, zooals dat het geval was bij de erwten in de opl. van Shive. Alle planten ontwikkelen zich echter niet even sterk. Die uit de opl. van v. d. Crone zijn ook hier het best ontwikkeld. Het groen is donkerder dan in één

der andere cultures. De planten uit de opl. van Olsen zijn hier het minst, vooral bij aanwezigheid van borium. Dit vindt echter zijn oorzaak niet in de samenstelling der oplossing, maar in de aanwezigheid van het borium, zooals nog nader uiteengezet zal worden.

Tusschen de cultures uit de oplossingen van Sachs en Shive is zoo op het oog weinig verschil, hoewel uit de drooggewichten blijkt, dat de laatsten toch nog duidelijk zwaarder zijn. Na eenige zeer heldere dagen, waarop, door bijzondere omstandigheden, te weinig geschermd werd, zien de planten in de oplossing van Sachs licht chlorotisch. Dit is echter van voorbijgaanden aard, daar de later gevormde bladen wederom normaal van kleur zijn. Toch zal dit wel eenige invloed op de drooggewichten hebben uitgeoefend.

Bij geen der Phaseoluscultures vormden zich bacterieknolletjes, hetgeen ook bij alle later aangezette cultures het geval was. Misschien werd niet de juiste stam gebruikt, hoewel ik in den loop der proeven met 3 verschillende stammen heb gewerkt.

Vicia faba

De cultuur van Vicia faba had in dezen tijd van het jaar zeer sterk van rotting te lijden. De groote zaden bevinden zich na het oppotten n.l. onder de kurk, dus in een zeer vochtige omgeving. Hierdoor ontwikkelen zich op de zaadhuid zeer gemakkelijk kolonies van rottingsbacteriën. Is de plant nu niet sterk ontwikkeld, dan breidt deze rotting zich gemakkelijk uit over de stengelvoet en het wortelstelsel. In de neutraal reageerende oplossingen van Olsen en Sachs is deze rotting natuurlijk het sterkst, terwijl in de zure oplossing van Shive (Ph. 6,1) geen rotte planten voorkomen. Dat bij de opl. van v. d. Crone geen rotting optreedt, hoewel deze toch neutraal is, is een gevolg van de sterke ontwikkeling van de planten, waardoor ze resistenter zijn tegen schadelijke bacteriën. In alle gevallen treedt, mits het wortelgestel gezond is, een groot aantal knolletjes op. Alleen in de opl. van v. d. Crone is dit aantal iets geringer.

Beschouwen we de getallen uit tabel II wat nader, dan valt het direct op, dat bij erwt en boon de planten uit de boriumseries steeds een geringer drooggewicht bezitten dan die, welke geen borium

ontvingen. Het boorzuur heeft hier dus duidelijk schadelijk gewerkt, wat in strijd is met de opvatting van Waringtón. Dit verschil is nu ook steeds uitwendig zichtbaar. Alle planten, die boorzuur ontvingen, vertoonen aan de bladranden kleine droge bruine vlekken, die bij de erwt later geelwit worden. Terwijl deze vlekken bij de boon duidelijk van elkaar gescheiden zijn, loopen ze bij de erwt ineen, zoodoende een doorloopende droge randzône vormend. Is de beschadiging sterk, zooals in de opl. van Olsen + Bo, dan treden bij Phaseolus de vlekken ook midden op de bladschijf op. Hieruit kunnen we wel concludeeren, dat de opvatting van Warington, als zou borium voor de normale ontwikkeling van erwt en boon onontbeerlijk zijn, onjuist is. Integendeel, bij een concentratie van $^1/_{75000}$, d. i. die, welke Warington als de meest gunstige beschrijft, is dit element zelfs schadelijk.

Bij Vicia faba is van een dergelijke beschadiging niets te bemerken, hoewel van een storing van de ontwikkeling bij afwezigheid van borium ook niets te bespeuren valt. Wel zijn de drooggewichten van de boriumseries steeds iets grooter, maar deze verschillen zijn zoo gering, dat ze binnen de foutengrens vallen. Het is echter zeer wel mogelijk, dat er borium uit het glas van de cultuurpotten in de oplossingen is getreden.

De invloed van borium wordt in een later hoofdstuk (Hoofdstuk IV) nog uitvoeriger besproken.

Uit de boven beschreven resultaten kunnen we echter wel besluiten, dat van de gebruikte voedingsbodems die van v. d. Crone voor deze planten de gunstigste is. In het vervolg ben ik dan ook steeds van deze oplossing uitgegaan en in de verschillende proeven is ze steeds als „normaal" aangeduid.

HOOFDSTUK II

DE DOOR VERKEERDE BEMESTING VEROORZAAKTE PATHOLOGISCHE VERSCHIJNSELEN

§ 1. Literatuur Overzicht

De literatuur over dit onderwerp is, merkwaardig genoeg, niet zeer groot. Wel is er onnoemelijk veel gepubliceerd over de al of niet gunstige werking van verschillende meststoffen, doch deze onderzoekingen zijn er meestal op gericht een, voor de plant nuttige, werking te vinden. In geval de werking minder gunstig is, wordt meestal volstaan met dit als feit te vermelden, zonder echter de typische verschijnselen te noemen, die bij zoo'n schadelijke werking optreden. Bij de meeste bemestingsproeven wordt dan ook volstaan met het opgeven van versch en drooggewichten, vaak zelfs alleen van de bovenaardsche deelen zonder op de veranderingen te letten, die de gegeven bemesting bij het wortelgestel teweeggebracht heeft. Daar het mijn bedoeling is het bemestingsvraagstuk van zuiver pathologisch standpunt te bekijken en dus juist de symptomen van groot belang zijn, kan het meerendeel der bemestingsliteratuur buiten bespreking blijven.

Van zuiver pathologisch standpunt bezien, is er slechts één onderzoek te noemen, dat dit onderwerp meer uitgebreid behandelt en wel de publicatie van Roemer en Wimmer (1907). Ze beschrijven zeer uitvoerig alle verschijnselen, die ze zagen optreden bij suikerbieten bij een stikstof-, kali- of fosforgebrek, of wanneer een van deze elementen in overmaat aanwezig was. Alle overige publicaties behandelen een van deze verschijnselen afzonderlijk.

De verschijnselen, die optreden bij kaligebrek, zijn het uitvoerigst beschreven in het stuk van Wilfarth en Wimmer (1903). Ze werkten met bieten, aardappelen, boekweit en tabak in potcultures. Bij alle gebruikte proefplanten uitte een kaligebrek zich pas nadat ze een aanzienlijke ontwikkeling bereikt hadden. Dan treedt echter een typische beschadiging op. De internodiën verkorten zich, evenals de secundaire bladstelen der samengestelde bladen (aardappel). De bladschijven buigen zich convex, d.w.z. met de bolle kant naar boven. Aan de bladranden treden droge vlekken op, die in den beginne bruin zijn, later echter geel en zelfs tot wit toe verkleuren. Later treden deze vlekken ook midden op de bladen op, echter alleen in de intercostaalvelden. De bladstelen en de nerven blijven normaal groen. De bladen sterven met een bruine kleur af, in tegenstelling met normale bladen, die lichtgeel verkleuren bij het afsterven. Dit afsterven gaat van de randen uit. Bij kaligebrek zien ze ook steeds een uiterst geringe vruchtvorming.

Von Seelhorst (1906) werkt bij zijn proeven over kaligebrek met *„Vietsbohnen"*. Ook hij vindt een bruine droge verkleuring aan de bladranden. De vlekken zijn hier echter niet duidelijk gescheiden, maar vormen meer een doorloopende droge randzône, vooral aan de bladtoppen. Ook ziet hij geen convexe kromming van de bladschijf. Als bijzonderheid vermeldt hij verder nog, dat bij kaligebrek vele planten vroegtijdig door rotting afsterven, terwijl bijv. bij stikstofgebrek alle planten in leven blijven, maar dwergexemplaren vormen.

Roemer en Wimmer (1907) beschrijven de kenteekenen van een kaligebrek bij suikerbieten ongeveer gelijk aan die door Wilfarth beschreven, alleen zien ze de droge vlekken hier alleen aan de bladranden optreden. Ook worden de vlekken nooit wit. De kleur bij het afsterven is hier donkerbruin. Ze vermelden er nog bij, dat het afgestorven blad veel sneller uitdroogt en daarna veel brosser is dan een normaal blad. Tevens blijkt nog uit hun cultures, dat bij kaligebrek de spruit zeer sterk in gewicht toeneemt in verhouding tot de wortel.

E. Schulze (1872) beschrijft een geval van chlorose van de wijnstok in Tirol. Bij de chlorotische planten was het percentage kali in de asch ± de helft van de normale hoeveelheid. Hij be-

sluit hieruit, dat een kaligebrek de oorzaak was. Een bemesting met gier werkte zeer gunstig.

Hellriegel (1923) [1]) vermeldt nog, dat bij haverplanten, die aan kaligebrek lijden, het stroogewicht t. o. z. van het korrelgewicht sterk toeneemt, hetgeen overeenkomt met de waarneming van Wilfarth en Wimmer, dat bij kaligebrek de vruchtvorming vermindert.

Von Feilitzen (1904) deed proeven over kaligebrek bij klaver en thimothee, waarvan hij vermeldt, dat de planten „aussahen wie auf mageren Sandboden nach langen Trockenperioden".

Janson (1905) beschrijft een geval van *„Spitzendürre"* bij boomen, dat door een gift van 40 % kalizout genezen kon worden. Dat alle „Spitzendürre" een gevolg van kaligebrek zou zijn, is echter wel wat ver gezocht.

Door Schreiner (1917), Clinton (1919) en Morse (1920) is een, in Amerika, enkele jaren na den oorlog opgetreden ziekteverschijnsel bij aardappelen, toegeschreven aan kaligebrek, dat zijn oorzaak vond in de slechte kalibemesting door het stopzetten van den invoer van Duitsche kalimeststoffen. De planten vertoonden omstreeks Juli een eigenaardige bronsgele kleur. De bladen verdroogden en vielen af. Enkele normale groene spruiten knikten middenin om en verdroogden. Als gevolg hiervan stierven de meeste planten vroegtijdig af, nog voor de jonge knollen gevormd waren. Reeds geringe hoeveelheden kalimest of stalmest waren voldoende deze ziekte tegen te gaan.

Johnson (1924) beschrijft een geval van z.g. *„rimfire"* of *„rimbound"* bij tabak in Amerika. De uiterlijke kenteekenen hiervan komen in hoofdzaak overeen met die, beschreven door Wilfarth en Wimmer, n.l. een convexe bladkromming en het optreden van droge vlekken aan de bladranden; alleen treedt volgens hem ook nog een chlorotische verkleuring van de bladen op, terwijl de groen gebleven deelen van het blad juist veel donkerder zijn dan normaal.

Natuurlijk zijn nog een groot aantal indirecte werkingen van een kaligebrek bekend. Zoo bijv. de uitdrogende werking op den bodem (Hollrung (1905) of de verhooging van de vatbaarheid voor rottingsbacteriën (Wilfarth (1903), von Feilitzen (1904), von Seelhorst (1906)).

[1]) Gecit. uit: Sorauer. Handb. d. Pfl. Krh. Bnd. I 5te Aufl. 1923.

Volgens Heald (1926) veroorzaakt een kaligebrek bij vruchtboomen een verzwakking van de jonge loten, die in ernstige gevallen zelfs afsterven. Dit is waarschijnlijk hetzelfde verschijnsel als de „Spitzendürre" van Janson. Volgens hem is de slechte vruchtvorming bij kaligebrek een gevolg van den grooten invloed van kalizouten op de zetmeelvorming.

Een directe beschadiging tengevolge van een overbemesting met kalizouten zal, uit den aard der zaak, niet veel voorkomen. De meeste, aan kali-overmaat toegeschreven ziekteverschijnselen, zijn dan ook op z.g. nevenwerkingen of bijproducten, zooals NaCl en $MgCl_2$ terug te voeren [Schneidewind en Ringleben (1904)].

Roemer en Wimmer (1907) beschrijven de gevolgen van een overbemesting met kalizouten, als een sterke vermindering van de spruit t. o. z. van de wortels en een sterke verhooging van het suikergehalte. De bladen sterven met een lichtgele kleur af en verdrogen gelijkmatig, in tegenstelling met planten, die aan kaligebrek lijden, waar de bladen van de bladtoppen af afsterven en verdrogen met een donkerbruine kleur. De gele kleur is lichter, naarmate meer kali gegeven is.

Behrens (1899) beschrijft nog een geval van schadelijke werking van te hooge kaligaven bij tabak. De hoeveelheid water in de bladen nam zoo sterk toe, dat ze zeer moeilijk te drogen waren en vaak van rotting te lijden hadden.

Sorauer (1923) [1]) vermeldt, dat het een bekende klacht zou zijn van landbouwers, dat bij hooge kalibemestingen de qualiteit van het gras sterk vermindert en dat het vee er merkbaar door zou vermageren! Dit lijkt mij echter wel wat overdreven.

Het aantal onderzoekingen omtrent beschadigingen door gebrek aan fosfor is eveneens zeer gering. Wel is er een uitgebreide literatuur over de werking van verschillende fosformeststoffen, vooral met het oog op de bruikbaarheid van ruwe fosfaten, maar zooals reeds eerder werd opgemerkt, zijn deze publicaties hier van geen belang, omdat bijna nooit duidelijk de beschadigingen zijn beschreven.

[1]) Gecit. uit: Sorauer. Handb. d. Pfl. Krh. Bnd I 5te Aufl. 1923.

Wilfarth en Wimmer (1903) geven in hun publicatie over het kaligebrek ook enkele beschouwingen over fosforgebrek. Ze vinden hierbij een van de randen uitgaande zwartbruine verkleuring, die in jonge stadia soms meer roodachtig kan zijn. Op lateren leeftijd nemen deze vlekken een geelbruine kleur aan, terwijl het overige deel van het blad donkergroen ziet. Bij het afsterven kleurt het blad zich eerst donkergroen en daarna donkerbruin in plaats van lichtgeel.

Möller (1904) beschrijft bij zijn proeven met Pinus zaailingen, dat bij fosforgebrek de naalden van eenjarige planten een blauwroode tot violette verkleuring vertoonden. Bij tweejarige planten werd de kleur meer olijfbruin.

Sorauer (1923) zag bij erwten en serradella, dat bij fosforgebrek de planten afstierven met een grijsgroene tint van het blad, nadat dit eerst lichtgroen geworden was. Nooit trad de normale helgele kleur op.

Roemer en Wimmer (1907) vinden bij hun proeven met suikerbieten, dat bij een te geringe gave van fosfor de bladen uitermate donkergroen worden, terwijl ze hun typische glans verliezen. Kort voor het afsterven vormt zich aan de bladranden een roodachtige verkleuring. Na eenigen tijd ontstaan in deze verkleurde deelen donkerbruine droge vlekken, die zich nog wel uitbreiden, echter nooit de geheele bladoppervlakte beslaan. Het blad sterft tenslotte met een zwartbruine tint af en wordt daarbij leerachtig en taai in tegenstelling met een kaligebrek, waar de bladen juist zeer bros worden. Ook blijft het blad steeds vlak en kromt zich niet convex.

Beschadigingen ten gevolge van een overmaat van fosfor zullen natuurlijk in de praktijk zelden voorkomen. Ze kunnen alleen optreden bij een bemesting met zure, gemakkelijk oplosbare fosfaten, zooals superfosfaat en dan nog slechts onder bijzondere omstandigheden, daar deze fosfaten in den bodem vaak weer in onoplosbare vormen overgaan door een verbinding met kalk, magnesium, ijzer enz. Het aantal onderzoekingen hieromtrent is dan ook gering.

Volgens Sorauer (1923) uit zich een overmaat van fosfor in een verkorting van het wortelstelsel en zou dus hierdoor in

slecht vochthoudende grond gevaarlijk kunnen worden. Deze verkorting komt echter, volgens hem, bij alle sterk geconcentreerde voedingsoplossingen voor. Ook vindt hij, dat de vegetatieve groeiperiode sterk wordt verkort (z.g. Frühreife). Hierdoor kan de plant niet zijn volle ontwikkeling bereiken en wordt de opbrengst te gering.

Vanden Crone (1904) meent, dat de door hem in waterculturen gevonden chlorose, een gevolg is van een te hooge concentratie van oplosbare fosfaten. Het verschijnsel kon n.l. door vervanging van het zure kaliumfosfaat door het onoplosbare tricalciumfosfaat en ferrofosfaat genezen worden.

Haselhoff en Gössel (1904) hebben een typische beschadiging beschreven bij een te overdadig gebruik van het z.g. „*Gasphosphat*". Dit bleek echter een indirecte werking van het, er mee vermengde, Rhodaan-ammonium en is dus hier niet van belang, vooral daar dit gasfosfaat tegenwoordig weinig meer gebruikt wordt.

Takeuchi (1907) en Gile (1916) toonen echter aan, dat fosfaten zelf geen chlorose kunnen veroorzaken, maar dat ze wel in bijzondere omstandigheden het ijzer voor de plant onbruikbaar kunnen maken, door de vorming van colloidaal ijzerfosfaat.

Reeds zeer lang zijn verschijnselen bekend, veroorzaakt door een gebrek aan kalk. De eerste meer uitgebreide proeven hieromtrent zijn van Döbner-Nobbe (1882). Ze werkten met waterculturen van boekweit, erwt en Robinia. Bij afwezigheid van calcium komen de planten slechts weinig verder dan de ontplooiing van de eerste bladen. Bij kalkgebrek vertoonen de planten vlekken, die doen denken aan die, welke optreden bij zuurvergiftiging. De bladstelen knikken vaak om, terwijl de onderzoekers ook meermalen een snelle verwelking waarnemen. Bij enkele proeven met coniferen kleuren de jonge naalden zich geel en krijgen later bruine punten.

Loew (1892) vindt eveneens beschadigingen door kalkgebrek, doch schrijft deze toe aan een magnesiumvergiftiging, aangezien volgens hem een plant zich alleen dan normaal kan ontwikkelen, indien magnesium en kalk in een zeer bepaalde verhouding gegeven worden (kalk-magnesia factor). Anderen heb-

ben echter aangetoond, dat deze opvatting onjuist is. Een overmaat van magnesium geeft n.l. een geheel andere beschadiging en wel alleen een afsterven van de wortels, terwijl de bovengrondsche deelen geen bijzondere afwijkingen vertoonen.

Brubh (1901) beschrijft proeven over kalkgebrek bij granen en boekweit. Reeds nadat de planten vijf dagen op een kalkvrije bodem gekweekt zijn, houdt de wortelgroei op en treedt een bruine verkleuring van de wortels op. Het eerst ziet hij deze bruine kleur aan de wortelmutsjes. De bladen, die snel afsterven, vertoonen eigenaardige geelbruine vlekken. Het gehalte van de bladen en stengels aan oxalaat is sterk verhoogd. Deze waarneming komt overeen met de moderne opvatting omtrent de werking van het calcium, n.l. het neutraliseeren van organische zuren, die bij de stofwisseling optreden.

De laatste jaren is een groot aantal publicaties verschenen over de schadelijke werking van een kalkgebrek. Aangezien daar het vraagstuk steeds meer van oekologisch of plantengeographisch standpunt wordt bezien en niet van een phytopathologisch, zijn deze voor de volgende proeven niet van een zoodanig belang, dat ze hier besproken behoeven te worden.

Over den schadelijken invloed van een te groote kalkgave bezitten we een zeer groot aantal onderzoekingen, die echter voor het meerendeel tot dezelfde conclusie voeren, n.l. dat een overmaat van kalk een chlorose kan veroorzaken.

Luedecke (1892/93) beschrijft reeds een chlorose van de wijnstok, die een gevolg zou zijn van een te groote hoeveelheid kalk in den bodem. Hij vindt groote verschillen in het kalkgehalte van den bodem, n.l. 1.81 % voor normale en 18.93 % bij grond, waarbij chlorose optreedt. Als geneeswijze geeft hij aan een bemesting met ferrosulfaat.

Guillon en Brunaud (1904) vinden voor de chlorose van de druiven eenzelfde oorzaak als de vorige onderzoeker. Tevens merken ze op, dat het vooral de nieuwe Amerikaansche soorten zijn die sterk aan chlorose lijden. Ook Europeesche druiven, geënt op Amerikaansche onderstammen, vertoonen de ziekte zeer spoedig.

Molz (1907) en Muth (1913/16) schrijven eveneens de

chlorose van de wijnstok aan een te hoog kalkgehalte van den bodem toe, hoewel ook door een langdurige droogte en een gebrek aan warmte een dergelijk verschijnsel kan ontstaan.

Fliche en Grandeau (1874) beschrijven een chlorose bij *Castanea* en bij enkele vruchtboomen. Ook hier zou een te hoog kalkgehalte van den bodem de oorzaak zijn.

Voor de vruchtboomen is dit verschijnsel nog uitvoerig nagegaan door verschillende onderzoekers als Castle (1899), Dautenay (1901), Juritz (1912), Riviere (1910) en anderen. Vooral peren blijken gevoelig te zijn. Door allen wordt de groote hoeveelheid kalk in den bodem als de oorzaak aangenomen.

Hiltner (1915), Creydt (1915), Pfeiffer en Blanck (1911) en anderen vinden het verschijnsel bij Lupine. Hiltner meent dat hier de directe werking van het $CaCO_3$ de oorzaak is, terwijl Pfeiffer en Blanck de, door kalk veroorzaakte alcalische reactie van den bodem, op den voorgrond stellen.

Door Floyd (1917) is een chlorose van Citrusplanten beschreven, die eveneens op een kalkovermaat berust. Tegelijk met deze chlorose treedt hier nog een ander verschijnsel op, n.l. een plotseling afvallen van het meerendeel der bladen.

Zeer uitvoerig is het onderzoek van Gile en Carrero (1916—1920) over de chlorose van de rijst. Ze meenen dat hier speciaal de aanwezigheid van groote hoeveelheden koolzure kalk de oorzaak is. Met gips en enkele andere calciumzouten kunnen ze geen chlorose verwekken. Ook proeven in zwak alcalische bodem zonder kalk leverden een negatief resultaat. Voor Ananas (1911) bereiken ze een dergelijk resultaat; evenals voor de chlorose van het suikerriet in Porto-Rico (1917), hoewel in het laatste geval de proeven minder duidelijk zijn. Als geneesmiddel tegen al deze afwijkingen geven ze steeds op, dat een bespuiting met een oplossing van ferrosulfaat gunstig werkt. Een bemesting van den bodem met Fe zouten heeft geen resultaat, omdat het ijzergebrek een gevolg is van de uitvlokking van het ijzer in de bodemvloeistof ten gevolge van de aanwezigheid van $CaCO_3$.

Hiltner (1909) waarschuwt echter tegen een bespuiting met ijzeroplossingen, omdat vele planten er ernstig door worden beschadigd.

Ziekteverschijnselen, die een gevolg zijn van een stikstofgebrek, zijn zeer vaak beschreven, maar komen in alle gevallen op hetzelfde neer. De planten blijven klein, maar vertoonen geen verdere abnormaliteiten. De bloei heeft normaal plaats, terwijl ook vruchten gevormd worden, die echter zeer klein blijven en veel minder zaden bevatten dan normale vruchten. Alleen in de bladkleur is een afwijking. Deze is lichtgroen tot geelgroen. In bijzonder ernstige gevallen kan het zelfs tot een chlorose komen. Het wortelgestel neemt bij stikstofgebrek t. o. z. van de bovengrondsche deelen in hooge mate toe.

Een verschijnsel dat zeer vaak bij granen waar te nemen is, is het „leegzuigen" van de onderste bladen door de jongere deelen. Mortensen (1911) heeft er op gewezen, dat zulke verkleuringen, die vaak aan koude worden toegeschreven, meestal een gevolg zijn van een gering stikstofgebrek. Dit uitzuigen is een gevolg van de gemakkelijke verplaatsbaarheid van stikstofverbindingen in de plant, in tegenstelling met de onbewegelijkheid van calcium en ijzer.

De bovenbeschreven verschijnselen van stikstofgebrek zijn vrij uitvoerig beschreven door Wilfarth en Wimmer (1903) en door Roemer en Wimmer (1907). Verder berust een groot deel van onze kennis hieromtrent op waarnemingen in de praktijk en op mededeelingen in de landbouwbladen.

Er zijn echter nog een aantal andere meer secundaire verschijnselen, die op een gebrek aan stikstof kunnen wijzen. Sorauer (1923) meent in vele gevallen het niet ontwikkelen der vruchten op een stikstofgebrek terug te moeten brengen. Hij toont dit aan met zijn proeven met *Veltheimia glauca*. Ook het optreden van kernlooze vruchten, iets wat trouwens principieel hetzelfde is, wordt door hem aan een N-gebrek toegeschreven.

Nog een andere werking van een stikstofgebrek is door Roemer en Wimmer (1907) beschreven, n.l. de vermeerdering van het suikergehalte van suikerbieten. Volgens hen is het dan ook gunstig, als bij deze planten aan het einde van de cultuur een gering stikstofgebrek optreedt.

Voor de volgende proeven zijn deze verschijnselen van stikstofgebrek niet van groot belang, aangezien dit in de praktijk bij Leguminosen zelden zal voorkomen.

De mededeelingen over beschadigingen door een overmatige bemesting met stikstof berusten eveneens grootendeels op waarnemingen uit de praktijk. Slechts enkele onderzoekers hebben deze verschijnselen proefondervindelijk uitgewerkt.

Müller Thurgau (1894) vindt bij aardappelen een sterke vermeerdering van de bladontwikkeling, en een verhoogde chlorophylvorming. Hiermee gaat gepaard een vermindering van het zetmeelgehalte van de knollen. Tevens vermeldt hij, dat bij een overmatige bemesting met stikstof de planten gevoelig worden voor rottingsbacteriën.

Ook Sorauer (1923) vindt bij zijn proeven met aardappelen, *Begonia* en *Pelargonium* een achteruitgaan van het zetmeelgehalte, terwijl vele planten afsterven ten gevolge van een stengelrot.

Ehrenberg (1906) beschrijft in zijn studie over de vloeivelden om Berlijn de gevolgen van een stikstofovermaat als een verandering van de verhouding van korrel tot stroo. Hij spreekt van „Strohwüchsigkeit". De oorzaak is volgens hem gelegen in een vertraging van het rijpingsproces van het zaad.

Een zeer algemeen bekend verschijnsel dat hiermee verwant is, is het legeren van het graan. Dit is een gevolg van een te sterke groei van de stengelinternodiën, waardoor de stevigheid vermindert. Het verschijnsel is o.a. uitvoerig onderzocht door Sorauer (1904).

Roemer en Wimmer (1907) vermelden bij hun proeven met suikerbieten, in tegenstelling met de gevolgen van een stikstofgebrek, een sterke vermindering van het suikergehalte. De bovengrondsche deelen zijn veel beter ontwikkeld dan bij normale planten en de vegetatieve groeiperiode is verlengd.

Headden (1910) publiceert een onderzoek over een beschadiging in boomgaarden in Amerika, die hij toeschrijft aan een overmaat van nitraten, ten gevolge van een sterk verhoogde werking van nitrificeerende organismen. De bladranden vertoonen een bruine verdroging waardoor de planten den indruk maken van door droogte verbrand te zijn. Later vallen de bladen af en kan zelfs de geheele boom afsterven. De proeven van Headden zijn nog uitgebreid door die van Leach (1921).

Ten slotte zal ik hier nog in het kort de literatuur aanhalen over

den invloed, die de bemesting uitoefent op de vorming van bacterieknolletjes bij Leguminosen. Ik zal alleen bespreken den invloed op de vorming van de knolletjes, m. a. w. de infectie en niet die op den groei van de bacteriën zelf, aangezien dit te ver zou voeren.

Het meest uitgebreide onderzoek in de laatste jaren is dat van Prucha (1915). Hij werkt met „Canada fieldpea" in watercultures met de oplossing van v. d. Crone, aangezien hierin de beste knollenvorming optreedt. In de volledige oplossing vindt bij hem echter geen infectie plaats, maar, indien de nitraat-ionen worden weggelaten, treden er direct een groot aantal knolletjes op. Deze werking van nitraten is trouwens een reeds lang bekend feit. Ontbreekt een der voor de plant noodzakelijke ionen in de oplossing, dan vindt geen infectie plaats, terwijl aan den anderen kant een overmaat van verschillende zouten, zooals KNO_3, $Ca(NO_3)_2$, KCl, $FeCl_3$ en NH_4Cl de vorming van knolletjes in sterke mate vermindert en zelfs geheel kan verhinderen. Volgens Prucha werken $MgSO_2$, KH_2PO_4, $Ca(HP_2O_4)_2$ daarentegen zeer gunstig. Deze gunstige werking wordt echter nog overtroffen door $CaCO_3$ en door NaCl en $CaCl_2$. De verschillende zouten hebben echter geen invloed op de virulentie. Ent hij n.l. planten, gekweekt in een gunstige oplossing, met bacteriën uit een cultuur, waar geen knolletjes optreden, dan vindt direct een knollenvorming plaats. Hetzelfde vindt hij ook voor de werking van nitraten. Hij meent dat de werking van nitraten een gevolg is van het feit, dat de wortels zoodanig veranderen, dat geen infectie meer mogelijk is. Hoewel de virulentie door nitraat niet vermindert wordt, vindt hij wel een sneller afsterven van de bacteriën in een voedingsbodem (manniet agar) met een nitraatconcentratie van 2 $^0/_{00}$.

Deze proeven zijn later nog eens nagewerkt door Wilson (1917). Hij werkte niet met watercultures, maar met potcultures van Soyaboonen in een bodem waarop deze planten nog nooit waren aangeplant. Bij een contrôleproef bleek dan ook geen knollenvorming op te treden. Alle potten werden kunstmatig geïnfecteerd. Bij zijn proeven komt hij tot de volgende resultaten: Nitraten werken steeds schadelijk evenals sulfaten en ammoniumverbindingen. Ook de, in den bodem ammoniak vormende, stoffen hebben eenzelfde werking. Gunstig werken daarentegen chloriden, fosfaten en calciumverbindingen. Van deze laatsten werkt calcium-

oxyd weer veel sterker dan alle overige Ca zouten. Suikers en saccharaten hebben ook een gunstigen invloed. Carbonaten oefenen geen speciale invloed uit, alleen CaCO, maar dat is een gevolg van het Ca-ion. Ten slotte bespreekt hij ook nog enkele watercultures. In gedestilleerd water treden geen knollen op, zelfs niet na een behandeling ervan met koolpoeder. Ook hij vindt, dat de schadelijk werkende zouten niet op de bacteriën, maar op de infectie-mogelijkheid inwerken. Uit andere proeven van hem blijkt nog, dat het gemiddeld aantal knollen reeds gevormd wordt, als de plant slechts 5 uur met een geïnfecteerde vloeistof in aanraking is geweest. De eerste knollen treden reeds op na een infectietijd van 5 minuten.

Ongeveer gelijksoortige proeven als die van Wilson en Prucha zijn reeds veel vroeger uitgevoerd door Marchal (1901). Hij werkt ook met watercultures. De uitkomsten zijn vrijwel gelijkluidend met die van de beide Amerikanen. Ik vermeld ze dan ook alleen omdat hij een belangrijke afwijking vond, n.l. een werking van fosfaten die afhangt van de base waaraan ze gebonden zijn. Dit nu is geheel in strijd met de resultaten van anderen. De alcalinitraten en ammoniumzouten verhinderen de knollenvorming reeds bij een concentratie van 1/10000.

Hills (1918) doet een aantal proeven, waarbij hij alleen de werking van nitraten nagaat. Als proefplant bezigt hij de lucerne. Geringe hoeveelheden nitraat werken volgens hem gunstig zoowel op de bacteriën zelf als op de infectie. Grootere hoeveelheden werken echter zeer nadeelig. De schadelijke werking op de bacteriën is veel geringer dan die op de infectie. Hij komt bij zijn proeven tot het merkwaardige resultaat, dat als hij nitraat in den voedingsbodem brengt nadat er reeds knolletjes gevormd zijn, deze weder verdwijnen, d. w. z. hun aantal vermindert gedurende de proef.

Strowd (1920) heeft eveneens den invloed van nitraten nagegaan. Hij werkt met de soyaboon. Volgens hem is de concentratie van het nitraat in de wortelcellen steeds hooger dan in den grond. Bij die concentratie in den grond, waarbij geen knollenvorming meer optreedt, is nu volgens hem de concentratie van het nitraat in de wortelcellen zoo hoog, dat ze voor de bacteriën doodelijk is. De stijging van het nitraatgehalte binnen de plant loopt volgens

hem niet evenredig met de stijging buiten de plant. Merkwaardig is echter dat Hutchinson en Miller (1911) meedeelen, dat in de knollen nooit nitraat is gevonden, maar wel NH_4-ionen.

Truesdell (1917) verklaart de door hem gevonden gunstige werking van fosfaten op lucerne alleen uit de gunstige werking van deze zouten op de knolletjes bacteriën. Hij vindt zoowel meer bacteriën per c.M.^{3} grond, als meer knollen per plant. Door het grooter aantal knollen is de stikstofopname verhoogd en hierdoor wordt ook de opbrengst vermeerderd.

Dit overzicht van de literatuur is in geen enkel opzicht volledig, doch het aantal publicaties over de beschadiging door foutieve bemesting, dat in de kleinere landbouwtijdschriften en vakbladen is verschenen, is zoo groot, dat een volledige bespreking niet mogelijk is. De meeste van zulke mededeelingen zijn daarbij vaak oppervlakkig, zoodat ze van weinig belang zijn.

§ 2. *Eigen Onderzoekingen*

Ter bestudeering van de verschillende symptomen, die een gevolg zijn van een gebrek (ev. overmaat) van kali, fosfor, kalk en stikstof, werd een aantal watercultures aangezet in zoodanige oplossingen, dat steeds een ion in overmaat aanwezig was of in te lage concentratie. Wanneer van een zout de concentratie sterk verminderd werd, om een gebrek aan een bepaald ion te verkrijgen, werd het tegengestelde ion steeds weer als een ander zout aan de oplossing toegevoegd om te voorkomen, dat de opgetreden beschadiging het gevolg zou zijn van een gebrek aan dit andere ion. Werd bijv., om een Ca-gebrek te verkrijgen, de concentratie van het Ca-fosfaat sterk verminderd, dan werd steeds een weinig Na-fosfaat aan de oplossing toegevoegd om de concentratie der fosfaat-ionen ongeveer gelijk te houden.

In het tegengestelde geval werd een verhoogde concentratie van een ion bereikt door het als verschillende, ieder voor zich onschadelijke zouten aan de oplossing toe te voegen om te voorkomen, dat de tegengesteld geladen ionen mede de oorzaak van de beschadiging zouden zijn. Werd bijv. de concentratie van de ionen verhoogd, dan geschiedde dit in den vorm van secundair kaliumfosfaat, kaliumsulfaat en kaliumchloride.

De volgende oplossingen werden onderzocht:

I. Normaal.
II. Veel kali.
III. Weinig kali.
IV. Veel fosfor.
V. Weinig fosfor.
VI. Veel kalk.
VII. Weinig kalk.
VIII. Veel stikstof.
IX. Weinig stikstof.

De samenstelling der verschillende oplossingen is aangegeven in tabel III.

Als proefplanten werden gebruikt: *Pisum sativum L.* (var. Wonder van Amerika) en *Phaseolus vulgaris L.* (var. gewone bruine).

De zaden werden op 28 Sept. te kiemen gelegd in vochtig zand, na gesteriliseerd te zijn met „Uspulun" 0,25 % gedurende 15 min. 5 Oct. werden de jonge plantjes opgepot. Van iedere serie werden voor Phaseolus 5 potten en voor Pisum 4 potten aangezet, zoodat steeds resp. over 5 en 12 planten beschikt werd. Nadat de planten gedurende 10 dagen in de oplossing gestaan hadden, werden alle cultures geënt met een cultuur van het de proefplant betreffende ras van Bacterium radicicola.

Na afloop der proef (22Nov.) werden de planten geoogst en van iedere serie het totale versch- en droog-gewicht bepaald en wel van wortel en spruit afzonderlijk. Tevens werd het gemiddeld aantal knollen per plant bepaald. Oorspronkelijk was het mijn bedoeling ook het aantal vruchten te tellen, doch door het vergevorderde jaargetijde was de vruchtzetting zóó gering, dat hiervoor geen betrouwbare getallen verkregen konden worden.

De uitkomsten van deze proeven zijn weergegeven in tabel IV en tabel V.

Voor de duidelijkheid zal ik de uitkomsten voor de verschillende series afzonderlijk bespreken en wel eerst den invloed van het kalium.

TABEL III

	KNO_3	$NaNO_3$	$MgSO_4$	$CaSO_4$	K_2SO_4	$Ca_3(PO_4)_2$	$Ca(H_2PO_4)_2$	$CaCO_3$	$CaCl_2$	K_2HPO_4	NaH_2PO_3	KCl	$Fe_3(PO_4)_2$	$FeSO_4$
	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram
Normaal	1,00		0,50	0,50		0,25							0,25	
veel kali		1,00	0,50	0,50	1,00	0,25				0,50		0,50	0,25	
weinig kali		1,00	0,50	0,50		0,25						0,08	0,25	
veel fosfor	1,00		0,50	0,50			0,75			0,50	0,50			0,04
weinig fosfor	1,00		0,50	0,50			0,08		0,25					0,04
veel kalk	1,00		0,50	0,75		0,25	0,25		0,25				0,25	
veel $CaCO_3$	1,00		0,50	0,50		0,25		0,75					0,25	
weinig kalk	1,00		0,70		0,40		0,08			0,25			0,25	
veel stikstof	3,00		0,50	0,50		0,25							0,25	
weinig stikstof	0,10		0,50	0,50		0.25							0,25	

Samenstelling der verschillende voedingsbodems (alles per L. water).

Symptomen van gebrek en overmaat van kalium

a. *Phaseolus.* Na het oppotten slaan alle cultures direct goed aan en ontwikkelen zich gedurende de eerste 14 dagen zonder dat

TABEL IV. *Phaseolus vulgaris*

Voedingsbodem met:	Spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knolletjes	gemidd. aantal vruchten p. plant
normaal	41,33	11,33	5,80	1,09	0	5
veel kali	40,45	11,15	5,35	0,96	0	5,3
weinig kali	36,73	9,84	4,77	0,82	0	0
veel fosfor	50,45	14,23	8,15	1,58	0	6,5
weinig fosfor	33,31	9,36	4,46	0,83	0	1,2
veel calcium	42,27	12,16	6,11	1,18	0	5
veel $CaCO_3$	44,95	12,24	7,25	1,22	0	6,5
weinig calcium	31,70	8,50	4,21	0,74	0	0,6
veel stikstof	48,36	13,02	7,86	1,39	0	1
Weinig stikstof	31,58	10,54	4,23	0,79	0	4

Versch en drooggewichten voor de verschillende voedingsbodems.

zich bepaalde uiterlijke verschillen voordoen. Dit is een verschijnsel, dat zich bijna steeds voordeed, zoowel bij Phaseolus als bij Pisum; het zal wel een gevolg zijn van de groote zaden, waardoor

de plant een groote hoeveelheid reservestoffen meekrijgt en hierop langeren tijd kan teren. Alleen sterke gifstoffen doen hun invloed reeds op jonge planten gelden. Na 14 dagen blijven echter de planten met weinig kali in groei bij de normale achter, terwijl de

TABEL V. *Pisum sativum*

Voedingsbodem met:	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knolletjes	gemidd. aantal vruchten per plant
normaal	31,00	17,22	2,96	1,01	218	0
veel kali	25,29	13,62	2,70	0,84	198	0
weinig kali	19,65	11,59	2,08	0,68	103	0
veel fosfor	36,51	18,37	3,52	1,21	336	0
weinig fosfor	21,13	12,13	2,26	0,73	69	0
veel calcium	28,50	17,93	3,43	1,11	383	0
veel $CaCO_3$	32,08	17,60	3,23	0,97	359	0
weinig calcium	23,05	12,57	2,64	0,79	58	0
veel stikstof	31,40	15,84	2,97	0,89	0	0
weinig stikstof	—	—	—	—	—	—

Versch en drooggewichten voor de verschillende voedingsbodems.

planten met veel kali weliswaar niet kleiner zijn dan de normale, maar veel lichter van kleur. Na 4 weken zijn deze verschillen duidelijker geworden. Bij de planten met kaligebrek zijn de nieuwgevormde stengelleden veel korter, hetgeen overeenkomt met de

opvatting van Wilfarth (1903) over kaligebrek bij aardappelen. Van een meer gedrongen bouw van de samengestelde bladen, zooals dat door hem eveneens voor aardappel beschreven wordt, is hier niets te zien; wel is het blad in zijn geheel veel kleiner. Aan de bladtoppen verschijnen enkele droge vlekken, die een donker grijsbruine kleur hebben. Deze vlekken breiden zich snel uit en na 6 weken hebben de planten een habitus, welke geheel overeenkomt met de beschrijving, die von Seelhorst (1906) geeft van zijn „Vietsbohnen". De bladtoppen zijn sterk verdroogd en naar binnen gerold. Van kleine droge vlekken over de geheele bladoppervlakte, zooals ze beschreven worden door Wilfarth en Wimmer (1903), is hier niets waar te nemen, terwijl ook de convexe ombuiging van de bladen hier slechts zeer gering is en zich eigenlijk meer tot ineenrollen van de droge deelen beperkt. De planten hebben allen reeds bloemknoppen, maar vele hiervan vertoonen teekenen van verdroging. Het wortelgestel is ook zwakker ontwikkeld, doch vertoont geen bijzondere beschadiging.

De planten, die een overmaat van kali gekregen hebben, zien nog steeds zwak chlorotisch, maar hebben overigens geen verschillen met de normale.

Bij het oogsten (November) hebben zich geen verdere veranderingen voorgedaan, alleen zijn de planten met kali-overmaat reeds iets afgestorven, terwijl de normale al eenigen tijd vrucht gezet hebben. Bij de planten, die aan kaligebrek lijden, heeft geen der bloemen vrucht gezet; vele zijn reeds als knop verdroogd en afgevallen. Uit de gewichten blijkt wel hoe sterk het kaligebrek hier gewerkt heeft, terwijl een overmaat geen schadelijke gevolgen had.

De invloed op de knolletjesvorming kon niet worden nagegaan, aangezien — zooals reeds in Hoofdstuk I werd gemeld — er nergens een infectie plaats vond.

b. *Pisum*. Ook hier is de groei gedurende de eerste 14 dagen vrijwel gelijk voor alle series. Daarna treden verschillen op, die echter lang niet zoo duidelijk zijn als bij Phaseolus. De planten met kaligebrek blijven ook hier in groei achter, doch van droge vlekken is geen sprake. Wel zien de planten in het begin iets ijler dan de normale, terwijl later een verkorting van de inter-

nodiën optreedt; een verschijnsel, dat echter ook bij andere cultures optrad en dus niet als typisch teeken van kaligebrek beschouwd kan worden.

Na ongeveer 5 weken zijn verschillende planten door rottingsbacteriën aangetast en wel voornamelijk aan de stengelbasis. Deze rotting treedt alleen op bij planten, die aan kaligebrek lijden, hetgeen geheel in overeenstemming is met de waarnemingen van Seelhorst en Wilfarth.

Terzelfder tijd treedt een ander verschijnsel op, n.l. een plotseling omvallen van de stengeltoppen. Ongeveer 3 à 4 c.M. onder den top knikt de stengel om, waarna de toppen snel verwelken zonder in te drogen. De kleur van de bladen wordt iets lichter. Hier en daar vertoonen zich zelfs lichtgele vlekken, die er echter geheel anders uitzien dan bij normale chlorose. Dit is waarschijnlijk te vergelijken met het verschijnsel, dat door Schreiner (1917) en Clinton (1919) beschreven is bij aardappelen. Zij zagen hier de stengels ook eerst omknikken en daarna snel verwelken. Dit geschiedde hier echter vlak boven den grond. Ook daar hielp een kalibemesting ter genezing of liever ter voorkoming van het ziekteverschijnsel.

Of bij kaligebrek de vruchtzetting ook verminderd wordt, zooals bij Phaseolus kon worden aangetoond, is hier niet uitgemaakt, daar bijna geen der planten, zoowel bij kaligebrek als bij normale voeding, een normale vruchtzetting vertoonde. Wel kwamen de planten in bloei, doch de bloemen vielen na eenige dagen in z'n geheel af.

De planten, die een overmaat kali gekregen hadden, zijn eveneens veel kleiner dan de normale. Ook hier treedt een begin van rotting op, dat echter veel minder ernstig is dan bij kaligebrek. De planten vertoonen overigens zeer weinig bijzondere kenteekenen, alleen verdrogen hier de onderste bladen veel sneller dan bij de normale.

Wat betreft de werking van kali op de infectie met *Bacterium radicicola*, kunnen we de volgende verschijnselen onderscheiden. De normale planten vertoonen een groot aantal knolletjes. Dit is geheel in strijd met Prucha (1915), die geen knollenvorming waarnam bij watercultures in de oplossing van Van den Crone. Ook de resultaten van Marchal (1901) zijn met deze waar-

neming in tegenspraak. Hij vindt, dat alcali-nitraten de knollenvorming reeds verhinderen bij een concentratie van 1 : 10000, terwijl in de oplossing van Van den Crone het KNO_3 aanwezig is in een concentratie 1 : 1000. Toch kwam dit verschijnsel bij mijn cultures altijd weer terug. Alle normale planten vertoonen steeds een groot aantal knollen, al was dit aantal wel wisselend met het jaargetijde. Zoowel bij kaligebrek als bij kali-overmaat is het aantal knollen sterk verminderd, het sterkst echter bij kaligebrek. Dat bij een kali-overmaat toch nog zoo'n groot aantal knollen optreedt, hetgeen in tegenstelling is met de resultaten van Marchal en Prucha, zal wel zijn oorzaak vinden in de aanwezigheid van vrij groote hoeveelheden chloor- en fosfaat-ionen, daar kali geheel gegeven werd als KCl, KH_2PO_4 en K_2SO_4.

Symptomen van gebrek en overmaat van fosfor

a. *Phaseolus.* Ook hier uit zich de invloed pas na eenige weken. De planten met fosforgebrek blijven eenigszins in groei achter; echter in geringer mate dan die met kaligebrek. De planten met fosfor in overmaat zien donkergroen en zijn krachtig ontwikkeld. Trouwens, de planten, die aan fosforgebrek lijden, zijn ook volkomen normaal van kleur. Na 4 à 5 weken treden bij de planten met geringe fosforgaven enkele roodbruine vlekken op de bladen op, die niet scherp begrensd zijn. Deze vlekken breiden zich later sterk uit, zoodat het geheele blad a. h. w. roodbruin gevlamd lijkt, terwijl de kleur later meer in donkerbruin overgaat. De planten komen ook zeer slecht in bloei en van vruchtzetting is, op enkele gevallen na, niets waar te nemen. Het wortelgestel is iets minder sterk ontwikkeld, dan bij de normale planten en is iets bruiner van kleur, doch deze verschillen zijn veel minder duidelijk, dan die bij de bovengrondsche deelen. Bij de oogst zijn enkele bladen reeds afgestorven. Ook hierbij is een verschil te zien. Terwijl bij de normale planten de bladen eerst lichtgeel verkleuren en dan langzaam indrogen, blijven die van de planten met fosforgebrek hun donkerbruine kleur behouden, ja worden zelfs nog donkerder en drogen zeer langzaam in, terwijl het blad eenigszins leerachtig en taai wordt. Een normaal dood blad is daarentegen bros en dun. De vruchtvorming is slecht en vele plan-

ten komen zelfs in het geheel niet in bloei, aangezien de knoppen vroegtijdig vallen.

Al deze verschijnselen toonen ten duidelijkste aan, van hoeveel belang de fosforvoeding bij Leguminosen is. T r u e s d e l l (1917) schrijft den grooten invloed van fosfaten op den groei van Leguminosen in hoofdzaak toe aan den gunstigen invloed, welke deze zouten uitoefenen op de bacteriën uit de wortelknolletjes. Hij meent dus, dat de geheele invloed alleen een indirecte is en meer een direct gevolg van een betere stikstofassimilatie. Bij mijn proeven is bij Phaseolus geen enkel wortelknolletje gevormd en toch treden hier zulke groote verschillen op, wat er wel op wijst, dat fosfor ook op de plant zelf een sterke invloed uitoefent. Dit is ook reeds vermeld door M c T a g g a r t (1921), die bij zijn bemestingsproeven met Canada field pea en Lucerne de sterkste groeivermeerdering vond bij een fosforbemesting. Ook in de gewone landbouwpraktijk is dit een bekend feit.

De planten, die fosfor in overmaat ontvingen, vertoonen geen bijzondere ziekteverschijnselen. Integendeel, ze ontwikkelen zich sterker dan de contrôleplanten. Aan de spruit zijn verder geen afwijkingen te zien. Op het wortelstelsel heeft de fosforovermaat echter een duidelijk waarneembare invloed uitgeoefend. Dit is n.l. veel korter dan bij de normale planten. Ook de vertakking lijkt veel sterker, maar dit is slechts schijnbaar, want het aantal vertakkingen is wel even groot, maar, daar de afstanden tusschen de zijwortels veel kleiner zijn dan normaal, maakt het geheel een veel gecompliceerder indruk. De wortels zelf zijn ook veel dikker dan bij normaal gevoede planten en de kleur is geler. Dit is misschien hetzelfde geval als in de eerste proeven beschreven werd (Hoofdstuk I) en wel een gevolg van de aanwezigheid van ferriverbindingen. Het hier gegeven ferro-sulfaat gaat n.l., aan de lucht blootgesteld, snel in ferriverbindingen over. Bij het leeggieten der cultuurpotten vond ik steeds een geelachtige neerslag. Ook de wortels van de planten met fosforgebrek (die eveneens $FeSO_4$ gekregen hadden) vertoonden deze gele kleur, echter in minder sterke mate.

Of de fosforbemesting hier een grooten invloed heeft op de infectie met Bacterium radicicola kon, door het algeheel uitblijven van de infectie, niet nagegaan worden.

b. *Pisum*. De invloed van fosfaten is hier ook bijzonder groot. Bij een gebrek aan fosfor blijven de jonge planten reeds na 14 dagen duidelijk bij de normaal gevoede planten achter. Bijzondere kenteekenen voor dit gebrek doen zich echter niet voor. De planten met een groote fosforgave zijn dan reeds veel sterker dan de contrôles. De verschillen treden gedurende de verdere groeiperiode nog duidelijker op, zonder echter ook maar eenig bijzonder kenteeken te vertoonen. In de praktijk zal dus een fosforgebrek zeer moeilijk zijn aan te toonen zonder een omslachtige grondanalyse. Dit is te meer te betreuren, nu wel blijkt van hoe groot belang een goede fosforvoeding voor de Leguminosen is. De planten met fosfor overmaat hebben evenals bij Phaseolus een sterk verkort wortelstelsel, ook gepaard gaande met een schijnbaar sterker vertakking. De kleur van de wortels is weer veel geler dan bij de normaal gevoede exemplaren. Deze sterke verkorting van het wortelgestel kan in de praktijk misschien wel eens tot een beschadiging leiden. De erwt wordt n.l. vaak op lichtere gronden aangeplant en deze hebben een zeer geringe watercapaciteit. De uitdroging kan nu nog versterkt worden door een sterke kalkbemesting, hetgeen juist bij erwtencultures vaak wordt toegepast, aangezien het in de praktijk een bekend feit is, dat dergelijke Leguminosen zeer gevoelig voor een zure bodemreactie zijn. Wordt nu een te hooge fosforbemesting toegepast, dan zullen de planten met hun kort wortelgestel spoedig verdrogen en kan in droge jaren zelfs een groote schade aangericht worden.

Noch bij Pisum, noch bij Phaseolus heb ik bij een hooge fosforconcentratie een chlorose kunnen waarnemen, zooals van den Crone (1904) die bij zijn watercultures beschrijft. Nu heb ik echter met opzet de secundaire fosfaten gebruikt om een te zure reactie te voorkomen. Waarschijnlijk is dit tevens de oorzaak van het uitblijven van de chlorose, want Gile en Carrero (1916) en Takeuchi (1907) hebben allen reeds in hun werk er op gewezen, dat de fosfaten als zoodanig geen chlorose verwekken, doch dat dit een indirect gevolg is van de combinatie waarin ze met de ijzerverbindingen voorkomen. Ook de belichting is hierbij nog van invloed en nu werden deze proeven juist genomen in een periode met zeer weinig heldere dagen, zoodat ook hierdoor de chlorose achterwege gebleven kan zijn.

De invloed van fosfaten op *Bacterium radicicola* is bij erwt wel zeer duidelijk gebleken. Het aantal knolletjes is bij de hooge fosforgave tot bijna $1\frac{1}{2}\times$ het normale aantal gestegen, terwijl een fosforgebrek het aantal infectie's sterk doet dalen. Dit is weer volkomen overeenstemmend met de resultaten van Truesdell, Prucha en Wilson, die allen tot hetzelfde resultaat gekomen zijn. Alleen Marchal vindt, dat de invloed van fosfaten wisselt met de basen, waaraan ze gebonden zijn. Nu vindt hij voor kalium een ongunstige werking, dus zou kaliumfosfaat ook ongunstig moeten werken, hetgeen door alle andere onderzoekers ontkend wordt en ook met mijn resultaten volkomen in tegenspraak is.

Een merkwaardig verschijnsel is nog het volgende. Terwijl bij de normale cultures, evenals trouwens bij alle overige, de wortelknolletjes over het geheele wortelstelsel verdeeld zijn, treden ze bij de planten met veel fosfor alleen boven aan wortels op, vlak bij de wortelhals. De knolletjes zijn ook veel grooter dan bij de normale planten en vertoonen een eenigszins korrelig oppervlak. De fosfaten schijnen hier dus, behalve hun gunstige invloed op het aantal, ook nog een bijzondere op de bacteriën zelf uit te oefenen.

Symptomen van gebrek en overmaat van calcium

a. *Phaseolus.* Reeds zeer snel na het oppotten treden merkbare verschillen op. Bij de ontplooiïng van het eerste samengestelde blad blijkt, bij de serie die veel Ca zouten ontving, dit blad niet meer die donkergroene kleur te bezitten, die bij de normale plant optreedt. Tusschen de nerven is het blad zwak chlorotisch Later versterkt dit verschijnsel nog en zijn de bladen geel met groene nerven. De geheele plant voelt droog en bros aan en ook de beharing schijnt toegenomen, hoewel ik dit niet microscopisch heb nagegaan. Door de weinige heldere en zonnige dagen in dezen tijd van het jaar, ging de chlorose niet verder. In Augustus waren voor een ander doel dergelijke cultures met veel Ca aangezet, die de chlorose zóó sterk vertoonden, dat ze na eenige weken geheel te gronde gingen. Bij de hier beschreven proeven was wel een geringe vermindering van het gewicht t. o. z. van de contrôle-

planten waar te nemen, doch niet zoo sterk als door de chlorose verwacht kon worden. Dit is waarschijnlijk een gevolg van de anderzijds zeer gunstige werking van het calcium, die blijkt uit de serie, die $CaCO_3$ gekregen had. Hier is de concentratie van Ca-ionen blijkbaar niet zoo hoog, dat de ijzeropname geheel verhinderd wordt en we zien dan ook een duidelijke vermeerdering van droog en versch gewicht. Ook het aantal vruchten is veel grooter, dan bij de overige planten. Deze gunstige werking van $CaCO_3$ klopt met de in de praktijk opgedane ervaring omtrent den invloed van mergel op Leguminosen, hoewel deze meestal alleen toegeschreven wordt aan de verandering, die ze teweegbrengt in de reactie van den bodem en niet aan een direct gunstige werking van het Ca als voedingsbestanddeel. Dat de invloed van de reactie bij mijn proeven geen rol speelt blijkt hieruit, dat beide voedingsbodems, die met veel Ca en de contrôle, neutraal reageeren. Die met $CaCO_3$ is zwak alcalisch (Ph 7,6).

De uitkomst van deze proeven is niet geheel in overeenstemming met de resultaten van vorige onderzoekers. Gile en Carrero (1917—1920) schrijven n.l. bij hun proeven met rijst en suikerriet de chlorose toe aan het $CaCO_3$ en niet aan een te hooge concentratie van Ca-ionen. Pfeiffer en Blanck (1911) daarentegen zien de oorzaak van de chlorose bij hun proeven met Lupine in de alcalische reactie van den bodem. Uit bovenbeschreven cultures blijkt, dat chlorose juist optreedt bij aanwezigheid van veel Ca zouten, terwijl de reactie neutraal is. Bij aanwezigheid van $CaCO_3$ daarentegen is de reactie zwak alcalisch en treedt toch geen chlorose op. Mijns inziens is deze een gevolg van een te hooge concentratie van Ca-ionen, waardoor het ijzer wordt neergeslagen. Dit neerslaan is nu bij veel Ca waarschijnlijk grooter dan bij een zwak alcalische reactie, die n.l. ook ijzer doet uitvlokken. Bij de behandeling van de proeven over den invloed van de reactie van het milieu, zal ik hierop nog nader terugkomen.

De planten met weinig Ca vertoonen eveneens duidelijk ziektesymptomen. Ze zijn veel kleiner dan de normale en lichter van kleur. Ook zijn ze schijnbaar minder turgescent; ze zien slap en geelachtig en doen denken aan de planten, die in een zure oplossing gestaan hebben (zie Hoofdstuk III). Ze bloeien zeer slecht en vruchtzetting heeft zoo goed als niet plaats. Het wortelstelsel

is zwak en slecht vertakt. Bruine vlekken, zooals ze door B r u b h (1901) beschreven zijn, treden hier niet op.

b. *Pisum.* Het verloop der cultuur is bij de erwt iets anders dan bij de boon. In de eerste plaats valt het ontbreken van de chlorose in de oplossingen met veel Ca zouten op, waardoor de gunstige werking van deze verbindingen des te duidelijker uitkomt. Uit tabel V blijkt dan ook, dat de drooggewichten van de cultures met $CaCO_3$ en veel Ca-ionen beide grooter zijn dan die der contrôleplanten. Dat dit bij de versch gewichten niet het geval is, vindt zijn oorzaak in het feit, dat bij het oogsten de cultures met een groote hoeveelheid calcium reeds aan het afsterven en dus min of meer ingedroogd zijn, terwijl de contrôleplanten en die met $CaCO_3$ nog groen zijn. Uit het ontbreken van chlorose zou men kunnen afleiden, dat de erwt met veel minder ijzer tevreden is dan andere planten, zooals de boon en waarschijnlijk ook rijst en lupine. Dat onder abnormale omstandigheden hier ook een chlorose door kalkovervloed kan optreden, blijkt uit de reeds bij Phaseolus genoemde cultures in de zeer heete zomermaanden. Hierbij hadden de erwten eveneens sterk van chlorose te lijden, zoodat het niet is uitgesloten, dat zich dit verschijnsel in de praktijk zal voordoen. Door het uitblijven van deze chlorose zijn de planten, die Ca CO_3 ontvingen — in tegenstelling met de Phaseolus cultures — ook minder zwaar dan die uit de sterke Ca oplossingen. De wortelgestellen verschillen minder dan de bovengrondsche deelen, al is ook hier de gunstige werking van het Ca-ion duidelijk. Een verschil met de contrôleplanten is nog gelegen in de kleur der wortels. Deze vertoonen bij normale planten tegen het einde der cultuur een zwak bruine kleur, terwijl bij de Ca planten de wortels gedurende de geheele groeiperiode krijtwit blijven.

De verschijnselen, die optreden bij een gebrek aan kalk, zijn bij de erwt in het algemeen gelijk aan die van de boon. De planten zijn eenigszins slap en lichtgeel. Dit is echter een geheel andere kleur dan die, welke bij chlorose ontstaat. Het verschil is zeer moeilijk te beschrijven en zou alleen, zooals trouwens de meeste van de tot nu toe beschreven afwijkingen, duidelijk te maken zijn met gekleurde afbeeldingen. Het weinig turgescent

zijn van de stengels blijkt wel hieruit, dat ze bij de minste stoot of kneuzing omknikken zonder af te breken. De onderste bladen verkleuren later lichtgeel en zien er uit alsof ze eerst door de bovengelegen deelen worden leeggezogen. Het wortelstelsel is eveneens zwak ontwikkeld. De wortels zijn dun en slecht vertakt. De wortel zelf is wel wit, doch de wortelmutsjes zijn roestbruin. Aan het einde van de proef beginnen de wortels van planten met kalkgebrek vaak te verslijmen.

De invloed van calcium op de infectie met *Bacterium radicicola* is zeer groot. De planten met veel Ca-ionen hebben het grootste aantal wortelknollen. De knollen zijn evenals bij de contrôleplanten, gelijkmatig over de wortels verdeeld, hoewel de grootste alleen op de wortelhals voorkomen. Bij de planten, die $CaCO_3$ ontvingen, is het aantal minder groot dan bij de Ca serie, maar toch nog aanmerkelijk grooter dan bij de contrôleplanten.

De planten met Ca gebrek hebben het geringste aantal knolletjes van alle cultures, het geen wel duidelijk doet zien welk een belangrijke factor de kalk is voor onvruchtbare gronden, die met Leguminosen beplant zijn, want hier hangt een groot deel van de goede ontwikkeling af van de infectie met Bacterium radicicola. Deze gunstige werking is in volkomen overeenstemming met de resultaten van vorige onderzoekers, zooals Prucha, Wilson, Marchal e.a. Op den samenhang van de hiergevonden verschijnselen met de veel besproken invloed van Ca op de zuurgraad van den bodem, zal ik in het volgende hoofdstuk nog nader ingaan.

Als geneesmiddel tegen chlorose wordt door verschillende onderzoekers een bespuiting met een $FeSO_4$ oplossing aangegeven. Johnson (1924) bereikte hiermede goede resultaten bij zijn ananasproeven. Gile en Carrero (1920) constateeren eveneens een positieve werking van een $FeSO_4$ oplossing, mits de bladen ermee geborsteld worden. Bij zijn proeven over de mangaan chlorose van ananas in Hawaï, bereikte Mc George (1923) eveneens gunstige resultaten. Hiltner (1909) vindt weliswaar een gunstige werking bij zijn chlorotische lupines, maar waarschuwt toch tegen deze methode, aangezien vele planten erg gevoelig zijn voor een Fe bespuiting. Hiervan maakt hij trouwens gebruik bij de herikbestrijding.

Nu leek het mij wenschelijk eens na te gaan in hoeverre een

bespuiting met $FeSO_4$ bij de chlorotische boonen en erwten genezend kan werken. Hiertoe werd een aantal chlorotische planten bespoten met een 0,5 % oplossing van $FeSO_4$ door middel van een kleine pulverisateur. De bespuiting geschiedde bij bewolkten hemel, opdat geen direct zonlicht de planten kon verbranden. Er werd tweemaal gespoten met 3 dagen tusschenruimte. Ongeveer 4 dagen na de tweede bespuiting worden de bladen reeds merkbaar groener, maar tevens treden er donkerbruine vlekjes op. Na 10 dagen zijn de bladen bijna normaal groen, doch de bruine vlekken hebben zich sterk vermeerderd en plaatselijk treedt reeds een verdroging van het blad op. Dit verschijnsel breidt zich sterk uit en na 14 dagen vallen verscheidene van de bespoten bladen half verdroogd af. Er heeft zich hier klaarblijkelijk een sterke ijzerbeschadiging voorgedaan, hoewel dit wat de chlorose betreft, gunstig heeft gewerkt. Misschien kunnen betere resultaten bereikt worden met een zwakkere ijzeroplossing. Dat een ijzeroplossing van een sterkte, die bij Hiltner en Gile gunstig werkte, hier reeds schadelijk is, kan misschien als volgt verklaard worden. De erwt kan waarschijnlijk met veel minder ijzer toe dan de lupine en de rijst. Hiermee is in overeenstemming, dat de erwt meer kalk en een alcalische reactie beter verdraagt. Een sterk argument hiervoor is ook het resultaat van de in het volgend hoofdstuk te beschrijven proeven over den invloed van de reactie van het milieu.

Bij een plant, die weinig ijzer noodig heeft, zal nu ook veel eerder een hoogere ijzerconcentratie schadelijk werken en hierdoor zullen we alleen dan een gunstig resultaat verkrijgen bij erwt, als we voor het spuiten een zeer zwakke $FeSO_4$ oplossing gebruiken.

Symptomen van gebrek en overmaat van stikstof

a. *Phaseolus*. De invloed van een N-bemesting zal bij de Leguminosen natuurlijk van minder belang zijn dan die van de overige meststoffen. Een overmatige bemesting met stikstof, een verschijnsel, dat bij alle andere cultuurgewassen juist het meest voorkomende geval is, zal zelden optreden, omdat in het algemeen een N-bemesting bij Leguminosen achterwege blijft. Alleen in sommige gevallen is een kleine stikstofgave noodig omdat de infectie met bacteriën

pas na eenige ontwikkeling van het wortelgestel kan plaats hebben. Een stikstofgebrek zal evenmin vaak voorkomen, daar in vele bodems de bacteriën aanwezig zijn en zoo niet, dan kan door de methode van kunstmatige enting met het benoodigde ras van Bacterium radicicola dit euvel zeer spoedig verholpen worden. Toch heb ik volledigheidshalve ook deze serie nog aangezet. De gevolgen van een stikstofgebrek in watercultures komen geheel overeen met die, welke uit de praktijk bekend zijn. De planten hebben in elk opzicht het uiterlijk van „dwergplanten". Alleen is de kleur niet normaal, maar zwak geelachtig. De planten ontwikkelen, hoewel verkleind, alle organen op normale wijze en blijven tot het einde toe in leven in tegenstelling met die, welke aan kaligebrek lijden. Deze laatste sterven vaak vroegtijdig af. De vruchtzetting is weliswaar verminderd, doch niet zoo sterk als wanneer een der andere voedingsbestanddeelen ontbreekt. Het aantal zaden per peul is echter veel minder dan gewoonlijk. Bij een normale peul vond ik 3 à 4 zaden, terwijl in de peulen van de planten met stikstofgebrek het aantal nooit hooger was dan 2. Het wortelgestel is in verhouding veel minder zwak dan de stengels. De verhouding spruit : wortel is sterk ten gunste van de wortel veranderd. Dit is reeds eerder opgemerkt en zeer uitvoerig beschreven door P r o b s t (1901).

De invloed van stikstofovermaat is juist tegengesteld aan die van een gebrek aan dit element. De planten zijn uitermate sterk ontwikkeld, vooral de bladen. Deze ontwikkeling geldt alleen voor de vegetatieve deelen; een verschijnsel, dat trouwens in de praktijk ook bekend is, n.l. de z.g.n. geilplekken in het land. Het legeren van het graan is ook een gevolg van de sterke ontwikkeling van de stengelinternodiën. De vegetatieve groeiperiode is veel langer dan bij normaal gevoede planten. Tenminste, ten tijde dat ze geoogst worden is nog geen enkele bloem te zien, terwijl de contrôleplanten reeds vrucht gezet hebben.

Het wortelgestel heeft schijnbaar wel van de hooge N-concentratie geleden. Het is kort en bijna roestbruin. De bladen zijn donkergroen en voelen veel sappiger aan dan bijv. de bladen van een plant, die veel kalk heeft gekregen.

b. *Pisum*. Wat betreft den invloed van een N-bemesting bij

erwten, kan ik hier alleen de overmatige beschrijven. De proeven over een stikstofgebrek zijn n.l. door een spontane infectie met Bacterium radicicola mislukt. Niettegenstaande de potten en de voedingsoplossing gesteriliseerd waren, is een infectie met Bacterium radicicola opgetreden, die het N-gebrek natuurlijk te niet gedaan heeft. Daar de erwt, dank zij de groote zaden, gedurende de eerste 10 dagen niet veel voedsel van buiten af noodig heeft, was ook vóór het optreden der bacterieknolletjes nog niets bijzonders aan de planten waar te nemen.

Een overbemesting met stikstof heeft in vele opzichten hetzelfde resultaat gehad als bij Phaseolus. De vegetatieve groeiperiode is verlengd. De planten zijn donkergroen en bij het oogsten nog in vollen groei, terwijl de contrôleplanten teekenen van afsterven vertoonen. Ze zijn echter, in tegenstelling met Phaseolus, niet zoo sterk ontwikkeld. De gewichten komen blijkens tabel V overeen met die van de normaal gevoede plant. De onderste bladen zijn sterk verdroogd. Het wortelgestel blijkt de meeste beschadiging ondervonden te hebben. Het is veel zwakker ontwikkeld en bruin gekleurd. Het duidelijkst is deze verkleuring aan de wortelmutsjes.

Door experimenten van vele andere onderzoekers was het bekend, dat door een te hooge concentratie van nitraat in den voedingsbodem de vorming van wortelknolletjes verminderd, ja zelfs geheel tegengegaan kon worden. Dit is later door Amerikaansche onderzoekers als P r u c h a (1915), W i l s o n (1917), H i l l s (1918) en S t r o w d (1920) nauwkeurig uitgewerkt. S t r o w d komt tot de conclusie, dat de bacteriën afsterven door een te hooge concentratie van nitraat in de wortelcellen. Deze is n.l. volgens hem in de cellen hooger dan in de vloeistof. Bij een concentratie, waar geen knollen meer optreden, is deze in de cel zoo hoog, dat de bacteriën afsterven terwijl ze in de concentratie van den voedingsbodem nog blijven leven. H i l l s en P r u c h a meenen, dat de bacteriën in den voedingsbodem wel blijven leven en ook daar hun infectievermogen niet verliezen maar de wortel verandert door de hooge concentratie van NO_3-ionen zóódanig, dat geen infectie kan plaats hebben. In mijn cultures met 3 $\times$ de normale concentratie van KNO_3 traden in het geheel geen knollen op. De bacteriën verloren hier eveneens hun infectievermogen niet. Want een in normale voedingsbodem gekweekte plant, die geënt werd met

bacteriën uit een voedingsbodem met 0,3 % KNO_3, maakte een groot aantal knollen [1]).

Uit de theorie van Hills kan men de gevolgtrekking maken dat, indien de bacteriën in de wortel dringen vóórdat deze met een hooge concentratie KNO_3 in aanraking komen, er wel knollen optreden. Dit nu, is niet het geval. Een aantal planten werd, na 14 dagen in een normale oplossing gekweekt te zijn, gedurende ± 12 uur in contact gebracht met een oplossing, die sterk met Bacterium radicicola geïnfecteerd was, zoodat een groot aantal infecties kon hebben plaats gehad. De tijd van 12 uur is volgens de onderzoekingen van Wilson ruim voldoende om een groot aantal bacteriën in de wortel te doen indringen. Hierna worden de planten verder gekweekt in een oplossing, die 0,3 % KNO_3 bevat. Na 3 weken is nog geen enkel knolletje gevormd. Dit is wel een duidelijk bewijs tegen de opvatting van Prucha en Hills. Kweekt men een plant 14 dagen in een oplossing, die 3 % KNO_3 bevat, brengt men hem daarna over in een normale bodem en ent men deze met Bacterium radicicola, dan vormen zich ook op de toen aanwezige wortel vele knolletjes. De wortels worden dus door KNO_3 niet blijvend voor bacteriën ontoegankelijk gemaakt.

§ 3. *Conclusies uit bovenstaande resultaten*

Wanneer we de hiervóór beschrevene resultaten wat nader beschouwen, dan valt in de eerste plaats op, dat nooit een overmatige bemesting bepaald schadelijk heeft gewerkt en in ieder geval zelden zulke typische symptomen veroorzaakt worden, dat we daaruit direct de oorzaak zouden kunnen herkennen. Een gebrek aan een van de meststoffen daarentegen, veroorzaakt bijna steeds een zeer duidelijke beschadiging, die zich in vele gevallen in een zeer typisch ziektebeeld uit, zooals bijv. het kaligebrek en fosforgebrek bij Phaseolus. Toch zal men in de praktijk zeer voorzichtig moeten zijn met het trekken van conclusies uit beschadigingen, die men daar ziet optreden. Er komen op het veld nog zooveel omstandigheden bij, zooals droogte, wind enz., dat het zuivere ziektebeeld

---

[1]) Deze voedingsbodem werd verkregen door de gewone erwten decoctbodem zoodanig met een KNO_3 oplossing te verdunnen, dat het geheel een KNO_3 concentratie van 0,3 % kreeg.

spoedig wordt veranderd. Tevens kunnen vele van deze bijkomende omstandigheden op zich zelf reeds een ziektebeeld verwekken, dat sterk aan een van de hierboven beschreven gevallen doet denken. Zoo kan een langdurige droogte een gewas zoodanig veranderen, dat het alle symptomen van een stikstofgebrek vertoont, zooals dwergvorm en geelgroene bladkleur.

Een ander feit maakt het trekken van conclusies uit de verschijnselen op het veld waargenomen, eveneens zeer gevaarlijk. Eenzelfde uiterlijk verschijnsel kan zeer vele oorzaken hebben. Een van de meest voorkomende gevallen hiervan is de chlorose. Deze kan op allerlei oorzaken berusten. Ze kan in de eerste plaats veroorzaakt worden door een te hoog kalkgehalte van den bodem. Verder kan een te sterk alcalische reactie van den bodem eveneens chlorotische planten doen ontstaan. Dan kan verder, zooals enkele Amerikaansche onderzoekers aantoonden, een te hoog mangaangehalte van den bodem ook een dergelijk ziektebeeld verwekken. Mc George (1923) meent echter ,dat een hoog mangaangehalte in den bodem de opname van kalk zoo sterk bevordert, dat de plant te veel ervan opneemt en daardoor chlorotisch wordt. Volgens Gile en Carrero (1920) is de aanwezigheid van veel $CaCO_3$ in den bodem reeds voldoende om een gewas chlorotisch te maken, daar een te hoog kalkgehalte, mits de bodem niet zuur reageert, het ijzer colloïdaal neerslaat en zoodoende voor de plant onbereikbaar maakt. Al deze vormen van chlorose zijn niet te onderscheiden. Ze vormen volkomen eenzelfde beeld. Men kan dus uit het optreden ervan nooit gevolgtrekkingen maken wat de oorzaak is.

Er zijn echter nog eenige gevallen, waarbij de planten geel verkleuren. Zoo bijv. bij gebrek aan kalk. Hier is wel eenig verschil met de hiervoor beschreven chlorose. Het geel is onregelmatiger over de bladoppervlakte verdeeld. De bladen zijn a. h. w. gevlamd, terwijl de vlekken vrijwel op alle bladen voorkomen, in tegenstelling met de chlorose bij overmaat van kalk. Hier zijn de eerste bladen nog groen en de nieuwe bladen worden steeds geler, maar zijn op zich zelf meestal gelijkmatig van tint.

Een gebrek aan stikstof geeft een uiterlijk beeld aan de planten, dat veel overeenkomt met gewone chlorose, alleen worden de bladen meestal niet zoo geel-wit als daar. Indien de Ca-overmaat

niet groot is, zijn beide gevallen echter moeilijk te onderscheiden. Alleen bij een bespuiting met een ijzerzout kan men de verschillen uit elkaar halen. De kalkchlorose wordt erdoor genezen, het N-gebrek echter niet.

Uit het voorgaande blijkt nu wel, dat men toch zeer voorzichtig moet zijn met het toepassen van bovenstaande resultaten in de praktijk.

Vergelijken we de drooggewichten nog eens onderling, dan blijkt wel, dat fosfor en kalk bij deze Leguminosen den grootsten invloed uitoefenen. Vooral de kalkwerking is zeer groot. Dit is in de praktijk voor erwten trouwens een bekend feit; alleen wordt daar wel eens wat veel de nadruk gelegd op de secundaire werking van de kalk en de planten als alcali-minnend beschouwd. Hier zal ik in het volgende hoofdstuk nog op terugkomen.

Een ander belangrijk punt is verder nog het feit, dat een vergelijking van bovenstaande resultaten met die van andere onderzoekers doet zien, dat men een verschijnsel, dat voor een bepaalde plantensoort geldt, niet onvoorwaardelijk mag overdragen op een andere soort. Vergelijkt men bijv. de kaligebrek beschadiging van de boon en de erwt, dan ziet men een groot verschil. De resultaten bij eerstgenoemde komen meer overeen met die bij boekweit en tabak, terwijl de beschadiging bij erwt het meest overeenkomst vertoont met die, zooals ze door de Amerikaansche onderzoekers Schreiner en Clinton is gevonden. Zoo komt ook de fosforbeschadiging bij Phaseolus overeen met die van Wilfarth, terwijl bij de erwt in het geheel geen bijzondere kenteekenen bij fosforgebrek gevonden zijn.

HOOFDSTUK III

DE INVLOED VAN DE REACTIE VAN HET MILIEU EN VAN EEN PHYSIOLOGISCH-ZURE (ALCALISCHE) BEMESTING

§ 1. *Literatuuroverzicht*

Een twintig jaar geleden werd algemeen aangenomen, dat een plant, om zijn maximum groei te bereiken, een neutraal milieu gegeven moest worden. Later bleek echter, dat deze opvatting onjuist was en dat de verschillende planten op dit gebied zeer verschillende eischen stelden, ja zelfs een groot aantal een zwakzure reactie prefereerde. Sinds dien heeft een enorm aantal onderzoekers zich met dit vraagstuk bezig gehouden en het aantal publicaties hierover is zoo geweldig groot, dat het in dit bestek ondoenlijk zou zijn een volledig overzicht hierover te geven. Ik zal mij dan ook bepalen tot die literatuur, die direct op de hier volgende watercultures betrekking heeft; m. a. w. die onderzoekingen, waarin op nauwkeurige wijze den invloed wordt nagegaan, die de waterstof-ionenconcentratie van het milieu op de plant uitoefent. Al deze onderzoekingen zijn van de laatste jaren, aangezien men pas sinds de groote ontwikkeling van de physische chemie een beter inzicht heeft gekregen in het wezen van de zure (alcalische) reactie van het milieu waarin de plant leeft.

Hoagland (1917) publiceert in 1917 een aantal proeven over den invloed van de reactie van het milieu op den groei van kiemplanten van gerst. Hij werkt met watercultures met K_3PO_4 — K_2HPO_4 en KH_2PO_4 als bufferende stoffen. De cultuur duurt slechts 14 dagen. De reactie van den bodem blijft gedurende dezen

tijd constant. Dit is een groote verbetering t.o.z. van oudere proeven, aangezien hier te weinig aandacht aan besteed is en dit juist het belangrijkste punt blijkt te zijn. Hij vindt hier voor het eerst, dat de H-ionen minder schadelijk zijn dan de OH-ionen, hetgeen vroeger steeds was ontkend. OH-ionen zijn reeds schadelijk bij een concentratie van $1{,}8 \times 10^{-6}$, terwijl bij een H-ionenconcentratie van $0{,}7 \times 10^{-5}$ de planten nog goed groeien. Hij gebruikt hier helaas nog niet de veel overzichtelijker uitdrukking van de zuurgraad als Ph. In 1919 publiceert hij een tweede stuk, waarin hij watercultures van gerst beschrijft met verschillende Ph. Hij vindt hier de maximumgroei bij Ph 6, doch geeft geen verdere gegevens over den groei bij andere zuurgraad.

Salter en McIlvaine (1920) beschrijven in 1920 proeven over den invloed der Ph op kiemplanten van tarwe, mais, soyaboon en serradella. Ze werken met watercultures, die op een bepaalde Ph gebracht worden met fosforzuur en natriumhydroxyd. De oplossingen veranderen weinig wat betreft de zuurgraad. Het meest tusschen Ph 5 en 6. Dit komt overeen met de titratiecurve. Ze gebruiken oplossingen met Ph 2 tot 8. Meestal vinden ze een optimum bij Ph 5,94. Alleen dat van serradella ligt iets meer aan de alcalische kant. Deze proeven zijn helaas niet zeer betrouwbaar, aangezien ze zich over een veel te kort tijdperk uitstrekken. Geen der proeven duurde langer dan 12 dagen, terwijl zooals uit latere proeven blijkt, de verschillen zich pas na 14 dagen duidelijk voordoen.

In 1920 publiceert Joffe (1920) een aantal proeven met soyaplanten, gekweekt bij verschillende Ph. Hij werkt met potcultures en wel met een lichte leembodem, die met behulp van H_2SO_4 en $CaCO_3$ op een bepaalde Ph gebracht wordt. Eerst laat hij ze eenige weken onbeplant staan, om na te gaan of de Ph niet verandert. Als ze volkomen constant zijn, zaait hij de zaden direct in de potten. Hij werkt met Ph 3 tot 7,1 met kleine intervallen. Hij vindt geen invloed van de reactie op de kieming tusschen Ph 4,5 en 7,1. Bij Ph 3 gaan de planten snel te gronde, bij de overige blijven ze in leven, hoewel zeer verschillend van groote. Van Ph 4,5 tot 7,1 vindt hij een regelmatig stijgen van de drooggewichten, stikstofgehalte en aantal knollen van Bact. rad. Daar de grond arm aan voedingszouten was en de gegeven hoeveelheid $CaCO_3$

evenredig opklimt met de afname van de H-ionenconcentratie, is het zeer wel mogelijk, dat dit deze regelmatige stijging heeft teweeggebracht. Bij nauwkeurige beschouwing van de kromme blijkt er tevens een kleine top te zijn bij Ph 6,5. Indien de proeven ook in een alcalisch milieu waren voortgezet, zou misschien een gewone optimum kromme gevonden zijn.

Een zeer belangrijk onderzoek is dat van Olsen (1923), dat in 1923 verschijnt. Eerst gaat hij na den invloed, die de zuurgraad van den bodem uitoefent op het vegetatie beeld. Dit deel is meer plantengeographisch en kan hier dus onbesproken blijven. In het tweede deel beschrijft hij een aantal watercultures met verschillende wilde planten en wel van zure en van alcalische bodems. Ieder van deze planten kweekt hij bij verschillende Ph en bepaalt voor ieder het optimum. De oplossingen houdt hij constant wat betreft de Ph, door gebruik te maken van een mengsel van het physiologisch zure NH_4Cl en het physiologisch alcalische $NaNO_3$. De verschillende Ph krijgt hij met HCl en NaOH. Uit zijn stuk moet men opmaken, dat hetzelfde mengsel NH_4Cl en $NaNO_3$ voor alle planten een constante reactie behoudt. Nu is toch algemeen bekend, dat verschillende planten deze zouten in zeer verschillende mate physiologisch verwerken. Zeer duidelijk blijkt dat uit de resultaten van Maschhaupt (1912). Als resultaat van zijn proeven vindt Olsen, dat planten uit een alcalische bodem een optimum hebben tusschen Ph 6,5 en 7, en die uit een zure bodem bij Ph 4 tot 5. Aan het einde van zijn stuk bestrijdt hij nog de meening van Hartwell en Pember (1918), als zou de slechte groei van van alcali-planten in een zuur milieu een gevolg zijn van hun grootere gevoeligheid voor aluminiumzouten. Olsen toont nu aan, dat de slechte groei van deze planten het gevolg is van de uitvlokking van fosfaten door het aluminium.

Bryan (1922) publiceert in 1922 een stuk over den invloed van de Ph op den groei en de knolletjesvorming bij soyaboonen. Hij werkt met watercultures. Als merkwaardigheid vermeldt hij nog, dat hij vele voedingsoplossingen heeft geprobeerd, maar dat hij alleen in die van v. d. Crone een knolletjesvorming heeft kunnen verkrijgen. Deze oplossing heeft hij dan ook voor zijn verdere proeven gebruikt. De verschillende Ph verkrijgt hij met HCl en

Na_2CO_3. De serie loopt van Ph 3 tot 10 met kleine intervallen, die echter niet allen even groot zijn. De Ph wordt bepaald volgens de methode van Clark en Lubs.

De zaden worden in de verschillende Ph-oplossingen te kiemen gelegd om den invloed op de kieming na te gaan. In alle oplossingen blijkt de kieming normaal, alleen in de uitersten is het kiempercentage iets verlaagd. Hierna worden de planten verder gekweekt in de verschillende oplossingen als watercultures. Na afloop bepaalt hij de drooggewichten. Het optimum van de groei vindt hij bij Ph 6.5, het minimum bij Ph 3.3 en het maximum bij Ph 9,6. Bij Ph 3 en 10 sterven de planten spoedig af. Een vorming van bacterieknolletjes vindt hij alleen bij Ph 5—9. Hierna doet hij nog proeven in zandculturen, die echter volkomen gelijkluidende resultaten opleveren. Aan het einde beschrijft hij nog een dergelijke proef met mais en *Vigna sinensis*. De eerst kan iets beter tegen een zure reactie maar veel minder tegen een alcalische. Vigna gedraagt zich gelijk aan de soyaboon, alleen de infectie in zure en alcalische oplossing is beter.

In 1923 verschijnen nog een aantal publicaties van Bryan (1923) over hetzelfde onderwerp. Alleen werkt hij nu met zandculturen en gebruikt hij andere planten, n.l. lucerne, „alsike clover", roode klaver, haver en tarwe. Ook hier vindt hij weer geen invloed op de kieming. De techniek is overigens gelijk aan de vorige proeven. Het optimum voor lucerne ligt bij Ph 7 evenals dat voor „alsike clover". Roode klaver blijkt daarentegen nog zuurgevoeliger, aangezien zijn optimum bij Ph 8 gelegen is. Haver en tarwe zijn weer alcali-gevoeliger. Hun optima liggen respectievelijk bij Ph 6,0 en 6,2. De groeicurve van haver daalt in het zwakzure en alc. milieu veel sterker dan die van tarwe, terwijl deze in het zure gebied sterker daalt. Haver is dus blijkbaar minder gevoelig voor zuur en gevoeliger voor alcali dan tarwe. Bij lucerne en klaver vindt hij een daling van het Ca-gehalte met een stijging van de zuurgraad, terwijl bij haver juist het omgekeerde het geval is. Bij tarwe blijft het Ca-gehalte constant.

In 1925 publiceert Arrhenius (1925) een onderzoek over den invloed van den zuurgraad op eenige landbouwgewassen. Reeds iets eerder (1923) was van zijn hand een kleine dergelijke publicatie verschenen met gelijke resultaten. Hij werkt met potcultures,

die met behulp van H_2SO_4 en NaOH op een bepaalde Ph gebracht zijn. De proeven werden eenige jaren herhaald en uit de verkregen uitkomsten de gemiddelden bepaald. Deze worden nu als krommen weergegeven. De resultaten van deze proeven zijn zeer merkwaardig. Voor bijna alle gebruikte planten vindt hij een tweetoppige kromme, iets wat geen van de voorgaande onderzoekers nog had gevonden. Hij meent hierin een aanduiding te zien, dat de H-ionen en OH-ionen een afzonderlijken invloed uitoefenen. De twee toppen zouden dan overeenkomen met het optimum voor de H-ionen en dat voor de OH-ionen. Deze opvatting is wel erg gezocht, vooral daar hij bijv. voor zomertarwe één enkel optimum vindt. De gevonden H-ionen optima zijn de volgende: aardappel, haver en timothee Ph 5, rogge Ph 6, klaver Ph 6,5, tarwe Ph 7 en serradella Ph 7,5. Merkwaardig is het groote verschil dat hij vindt voor klaver in verhouding tot de uitkomsten van Bryan (1923). Ook de onderlinge verschillen tusschen haver en tarwe zijn veel grooter dan die, welke Bryan (1923) vindt.

Olsen (1925) publiceert even later een publicatie over dit onderwerp, waarin hij werkt met een groot aantal der in Denemarken gebruikelijke cultuurplanten. Hij gebruikt een zure zandige veengrond als cultuurmedium, en brengt deze door middel van kalk op de gewenschte Ph. Eerst meet hij de Ph van den grond, zooals die oorspronkelijk is. Daarna bepaalt hij de buffercapaciteit en berekent hieruit de voor iedere Ph benoodigde hoeveelheid $CaCO_3$. Als planten gebruikt hij *Medicago sativa* en *lupulina* — *Hordeum distichum* — *Secale cereale* en *Fagopyrum sagittatum*. De optima loopen uiteen van Ph 6,0—7. Verder geeft hij nog aan de hoeveelheid plantenmateriaal, die gevormd wordt bij Ph 4 en 8 en wel in % van het optimale gewicht. In het theoretische deel geeft hij een felle kritiek op de theorie van Arrhenius en op diens tweetoppige krommen.

In 1926 verschijnt dan een grooter werk van Arrhenius (1926) over den invloed van den zuurgraad van den bodem en over het z.g. kalkvraagstuk. Hierin behandelt hij bovengenoemd onderwerp buitengewoon uitvoerig en geeft tevens een zeer fraai historisch overzicht over de ontwikkeling van dit vraagstuk. Nieuwe experimenten geeft hij echter niet. Wel bespreekt hij opnieuw zijn merkwaardige krommen en geeft nog eens uitvoerig zijn theorie

over de H en OH-ionen. In een later hoofdstuk behandelt hij de verschillende secundaire verschijnselen, waarop de reactie van invloed is, zooals de infectie met *Bacterium radicicola*, de sterker oplosbaarheid van Fe-zouten en fosfaten in zure milieu's, enz. Tevens wijst hij er op, dat de toegediende kalk toch niet alleen dienst doet om de reactie te veranderen, maar tevens zijn rol als voedingsstof vervult, zoowel direct als indirect door zijn antagonistische werking op andere ionen als Mg en Na. In dit werk is tevens de, hier niet besproken, oudere literatuur aangehaald. Ook wordt aan het einde een voortreffelijke opsomming gegeven van *alle* literatuur, die er op betrekking heeft; zoo ook die, welke meer op veldproeven slaat.

Crist (1925) heeft proeven genomen met slaplanten. Hij kweekt ze in zure grond met verschillende hoeveelheden kalk en in watercultures. Het optimum bij de watercultures lag bij Ph 5. Ook in de grond blijkt sla zeer weinig zuurgevoelig. In alle gevallen, waar kalk gegeven is, heeft deze schadelijk gewerkt. Een fosfaatgift werkt zeer gunstig, mits het zure superfosfaat genomen wordt. Hij meent, dat sla, behalve een alcaligevoeligheid, ook nog een speciale kalkgevoeligheid bezit en meent, dat de reden hiervan te vinden is in de schadelijke invloed van Ca op de permeabiliteit van het plasma van de wortels voor de andere ionen.

Een van de redenen waarom ik den invloed van de reactie van het milieu wilde nagaan, is het verschil dat de Leguminosen vertoonen met de Gramineeën, wat betreft hun gevoeligheid voor de in de laatste jaren in Holland en Duitschland zoo op den voorgrond tredende „Bodemziekten" en wel voornamelijk de Veenkoloniale haverziekte (Dörrfleckenkrankheit) en de Hooghalensche ziekte (Sauerkrankheit). Hoewel bij deze ziekte de reactie van den bodem niet de directe oorzaak kan zijn zooals Krüger en Wimmer (1914) meenden, heeft ze toch een groote invloed op het ontstaan ervan. Het optreden van een te zure (en te alcalische) reactie van den bodem is voornamelijk afhankelijk van het gebruik van een physiologisch zure (alcalische) bemesting, zooals duidelijk door de onderzoekingen van Hudig en Meijer (1912/14/19/22) is aangetoond. Het leek mij nu niet overbodig eens na te gaan hoe een physiologisch zure of alcalische reactie op de Leguminosen inwerkt en of hierbij ook verschillen optreden met de

Gramineeën, die het verschil tusschen deze beide plantengroepen t. o. z. van de bodemziekten kunnen verklaren. Het onderzoek hiervan in watercultures komt nu in hoofdzaak er op neer, of het voor Leguminosen mogelijk is de stikstof uit ammoniakverbindingen direct te gebruiken, en zoo ja, of deze zouten beter of minder goed werken dan nitraten. De literatuur hierover is zeer uitgebreid, maar we kunnen direct een groot aantal pot- en veldproeven uitschakelen, aangezien hier geen rekening wordt gehouden met de bacterieele omzettingen in den bodem, die in de waterculturen niet of slechts zeer langzaam verloopen.

De eerste onderzoeker, die met groote nauwkeurigheid heeft aangetoond, dat ammoniakzouten als zoodanig direct door de planten worden opgenomen, is onze landgenoot Pitsch (1883/93/96). Hij werkt met een groot aantal verschillende cultuurplanten, welke hij in gesteriliseerden grond kweekt, terwijl hij steeds aan het einde van den proef onderzoekt of zich in den bodem nitraten hebben gevormd. Hij komt tot het resultaat, dat ammoniakzouten wel degelijk als zoodanig worden opgenomen. In vergelijking met nitraten is de werking voor de verschillende planten verschillend, hoewel meestal de met nitraat gevoede planten het best groeiden. In een van de laatste proeven beschrijft hij een zeer gunstige werking van een NaCl gave bij met zwavelzure ammoniak bemeste tarweplanten en meent nu, dat in vele gevallen de slechte werking van ammoniakzouten is toe te schrijven aan een ongunstige toestand van den bodem wat betreft de minerale bestanddeelen.

Frank (1887) kweekte boonen en *Helianthus* in watercultures met ammonium zouten en nitraten. De bodems waren niet gesteriliseerd, maar bij de ammoniumseries werd aan het einde van de proef nooit nitraten in de oplossingen gevonden. Beide planten groeien goed in de ammoniumsulfaat bevattende bodems, hoewel minder dan in de andere.

Müntz (1889) werkte met boonen, mais en gerst in gesteriliseerden grond, met ammoniumsulfaat als eenige N-bron. Na afloop waren geen nitraten aan te toonen. Dit zegt echter nog niets, aangezien kleine hoeveelheden gevormde nitraten direct zouden zijn opgenomen. Pitsch liet de potten na den oogst eerst eenige weken staan en deed dan de reactie op nitraat. Dit is natuurlijk

veel beter, daar dan nog nitraat gevormd kan worden, zonder dat het uit den grond verdwijnt.

Kinoshita (1894) en Suzuki (1894) kweekten verschillende planten gedurende korten tijd in oplossingen van ammoniumsulfaat en natriumnitraat en gingen de hoeveelheid gevormde asparagine na. Ammoniumzouten werden snel in asparagine omgezet, terwijl dit met nitraten slechts zeer langzaam het geval was. De vorming van asparagine werd sterk bevorderd door de aanwezigheid van suikers. Bij volkomen afwezigheid van suikers werden ammoniumzouten in de plant opgehoopt en konden dan beschadigingen veroorzaken.

Mazé (1900) werkte met mais, die hij kweekte met ammoniumsulfaat en natriumnitraat in water- en zandcultures. Het ammoniumsulfaat werkte in de hoogere concentraties zeer schadelijk. Hij meent, dat deze schadelijke invloed te wijten is aan het feit, dat bij zwavelzure ammoniak de optimale dosis veel lager ligt dan bij nitraat en wel lager dan de concentratie waarin het in de bodemvloeistof voorkomt. Een groote bodemvochtigheid zou daarom volgens hem gunstig op de verwerking van ammoniumzouten kunnen inwerken.

Gerlach en Vogel (1905) vonden, dat mais in gesteriliseerden grond gekweekt, hieruit wel ammoniumsulfaat opneemt, maar de groei is dan veel minder dan bij een bemesting met natriumnitraat. Tegenover de contrôleplanten, die geen stikstof kregen, is de opbrengst door zwavelzure ammoniak sterk verhoogd.

Krüger (1905) deed een groot aantal proeven met cultuurplanten, die hij kweekte in een gesteriliseerd mengsel van zand en aarde. Bij haver en gerst werkten ammoniumzouten evengoed als nitraten; bij aardappelen werkten ze zelfs beter, maar bij voederbieten werkten de nitraten het gunstigst.

Ehrenberg (1907) komt tot geheel andere resultaten. Hij kweekt haver in gesteriliseerd zand en geeft ammoniumsulfaat als stikstofbron. Bij alle cultures trad een groote beschadiging op, zoodat hij tot de conclusie komt, dat ammoniumzouten alleen na een nitrificatie als plantenvoedsel gebruikt kunnen worden. Hij werkt echter met zulke hoeveelheden, dat de concentratie in de bodemvloeistof ongeveer 3 × zoo hoog is als die, waarbij Mazé reeds een schadelijke werking constateerde.

Uit de onderzoekingen van Molliard (1909) blijkt dat Rhaphanusplanten, die alleen ammoniumchloride ontvingen, slechts zeer weinig in droog gewicht toenamen. De grond was niet gesteriliseerd. Werd glucose aan de cultures toegevoegd, dan werd het drooggewicht verdubbeld, ja de planten werden zelfs zwaarder dan die welke nitraat en glucose ontvingen.

Prianischnikoff en Schuloff (1910) vinden een snelle asparaginevorming bij gerstplanten, indien ammoniumchloride als stikstofbron aanwezig is. Bij erwten wordt in dit geval geen asparagine gevormd, maar wel indien calciumcarbonaat aan de cultures wordt toegevoegd.

Hutchinson en Miller (1911) werkten met steriele cultures van tarwe en erwten. Bij tarwe vonden ze een schadelijke werking van ammoniumsulfaat, die echter door calciumcarbonaat kon worden opgeheven. Bij erwt was van een schadelijke werking niets te bemerken. Het zwavelzure ammoniak leverde even groote opbrengsten als natriumnitraat ook zonder aanwezigheid van calciumcarbonaat.

Panatelli en Severinni (1910/11), die verschillende planten, als rijst, mosterd, tarwe enz. in steriele grond- en watercultures kweekten, komen tot de overtuiging, dat het ammonium-ion als zoodanig wordt opgenomen, echter veel langzamer dan het nitraat-ion. Hierdoor kunnen in vele gevallen schadelijke afwijkingen optreden bij met ammoniumzouten gevoede planten.

Krüger, Roemer en Ringleben (1914) komen door hun proeven met bieten tot de conclusie, dat zwavelzure ammoniak hier schadelijk werkt en dat deze plant zijn stikstof alleen als nitraat-ion kan opnemen. Voor aardappelen vonden ze een dergelijke werking echter in minder opvallende mate.

Prianischnikoff (1914) publiceert later nog een uitvoerig stuk over de inwerking van ammoniumsulfaat op de plantengroei. Hij verdeelt de planten in 3 groepen: 1e. Die, welke het ammoniumsulfaat even gemakkelijk opnemen als kaliumnitraat. Hiertoe behooren de door hem onderzochte Gramineeën en de meloen. 2e. Die planten, die een schadelijke werking van de ammoniumzouten ondervinden. Hiertoe behooren de erwt en de boon.

De derde groep bestaat, voor de door hem onderzochte planten, slechts uit één soort, n.l. de gele lupine, die in het geheel geen

ontwikkeling vertoont wanneer alleen een ammoniumzout als N-bron aanwezig is.

Wolkoff (1918) werkt in een vrij recente publicatie met soyaboonen gekweekt in de opl. van Tottingham met dit verschil, dat het KNO_3 door $(NH_4)_2SO_4$ is vervangen. Bij hoogere concentratie treedt een zeer ernstige beschadiging op, maar in verdunde oplossing is de uitwerking zelfs beter dan bij een nitraatvoeding. Helaas geeft hij geen uitvoerige beschrijving van de beschadiging. Dit zou, met het oog op de door mij verkregen resultaten, zeer belangrijk geweest zijn.

In 1920 publiceert Espino (1920) een stuk, waarin hij tot de merkwaardige conclusie komt, dat jonge rijstplanten alleen ammoniumzouten als stikstofbron kunnen verwerken. Dit is voor zoover ik kan nagaan de eenige plant waarvoor dit is aangetoond. Het onderzoek is later door anderen herhaald, met hetzelfde resultaat.

In een latere publicatie van Prianischnikoff (1923) beschrijft hij steriele watercultures van erwt en *Vicia sativa*. Hij meent, dat ammoniumverbindingen evengoed werken als nitraten, maar dat de schadelijke werking alleen is toe te schrijven aan de physiologisch zure werking ervan. Door opheffing van deze physiologisch zure werking (door toevoeging van $CaCO_3$ of door dikwijls ververschen) kan men de planten tot goede ontwikkeling brengen. Uit zijn tabellen blijkt de verhouding van de drooggewichten bij $(NH_4)_2SO_4$ en NO_3 nog te zijn als 7 : 10.

Stewart-Thomas en Horner (1925) beschrijven een schadelijke werking van ammoniakverbindingen bij hun watercultures van ananas. Hier is echter de hooge concentratie waarschijnlijk weer de oorzaak, want een verdunning van den voedingsbodem tot op ¼ van de oorspronkelijke, geeft een aanmerkelijk betere groei, hoewel nog steeds veel minder dan die in de oorspronkelijke nitraatoplossing. Een groot bezwaar van deze proeven is echter, dat de oplossingen met nitraat en ammoniumsulfaat ook in andere opzichten van elkaar verschillen, waardoor een zuivere vergelijking van de resultaten niet mogelijk is.

In enkele recente publicaties komen Jones en Shive (1921—1923) tot een geheel andere oorzaak van de schadelijke werking van ammoniumsulfaat. Ze werken met watercultures van tarwe

en soyaboon volgens Tottingham, waarin echter het KNO_3 door $(NH_4)_2SO_4$ is vervangen. Als ijzerbron wordt gebruik gemaakt, eenendeels van het oplosbare ferrosulfaat en in andere gevallen van het onoplosbare ferrifosfaat. De planten, die nitraat kregen, vertoonen bij aanwezigheid van ferrifosfaat een sterke chlorose. Bij ferrosulfaat is de groei volkomen normaal. Is echter ammoniumsulfaat in de oplossing (er is dan steeds ook $Ca(NO_3)_2$ aanwezig), dan ontwikkelen de planten zich normaal met ferrifosfaat, maar met ferrosulfaat treedt een sterke beschadiging van de bladen op. Deze vertoonen over hun geheele oppervlakte groote grijsbruine droge vlekken. Na enkele weken zijn al deze planten afgestorven. Deze onderzoekers meenen, dat dit verschijnsel een gevolg is van het ferrosulfaat, maar het is niet duidelijk waar ze den nadruk op willen leggen; òf het ferro-ion is als zoodanig giftig, òf de grootere oplosbaarheid is de oorzaak. Dit laatste is echter niet zeer waarschijnlijk, aangezien in vele van de hiervoor beschreven watercultures van andere onderzoekers is gebruik gemaakt van het goed oplosbare ferrichloride. Wat nu de oorzaak van deze beschadiging is, is mij tot nu toe niet duidelijk.

Over de oorzaak van de gevreesde Veenkoloniale haverziekte zijn reeds verschillende theorieën opgesteld. Die van Krüger en Wimmer (1914), dat de reactie van den bodem de directe oorzaak zou zijn, is hier reeds vermeld. Hiltner (1924) meent, dat de oorzaak van de „Dörrfleckenkrankheit" gelegen is in een te sterke opname van zouten in verhouding tot de koolzuurassimilatie. Hij steunt deze opvatting op zijn „Kohlensäure-Minerallstoff-Gesetz". Deze theorie is echter m.i. geheel in strijd met de proeven van Hudig en Meyer (1909-12-14-19-23). Een bepaalde oorzaak hebben deze onderzoekers nooit opgegeven, maar in ieder geval nemen ze aan dat de reactie en de bemestingswijze een indirecte invloed uitoefenen en wel op de verkeerde ontleding van cellulose en andere hooge koolhydraten.

Arrhenius (1924) meent, dat de oorzaak van de haverziekte gelegen is in een abnormale voeding ten gevolge van de aanwezigheid van te veel Ca-ionen t. o. z. van de overige voedingszouten. Uit de proeven met veel Ca uit het vorige hoofdstuk blijkt wel, dat deze opvatting waarschijnlijk onjuist is.

Behalve deze theorieën is er nog een vijfde, n.l. die van Aberson (1917) die meent, dat de in den bodem gevormde nitrieten als de directe oorzaak moeten worden aangezien. In vele grondmonsters van veenkoloniale haverzieke grond heeft hij vrij groote hoeveelheden nitriet aangetoond. Tevens maakt hij nog de opmerking, dat, indien de door hem geïsoleerde bacterie, die het nitriet vormt aanwezig is, er steeds nieuwe hoeveelheden nitriet gevormd worden en al zijn deze nu ook gering, op den duur kunnen ze toch schadelijk zijn. Deze opvatting van Aberson is heftig bestreden door Hudig en Meyer, die in hun grondcultures nooit nitriet konden aantoonen in gevallen, waar de ziekte wel optrad. Tevens hebben ze in een groot aantal cultures nitriet in den bodem gebracht, maar steeds zonder resultaat. Zelfs vermelden ze een geval, waarbij ze haver kweekten in watercultuur, waarin als eenige stikstofbron natriumnitriet aanwezig was. Deze planten vertoonden slechts een zeer gering verschil in ontwikkeling van de bovengrondsche deelen in vergelijk met een contrôlecultuur, waaraan een even groote hoeveelheid nitraat was toegevoegd, als er in de andere nitriet aanwezig was. Het wortelgestel was wèl minder sterk bij de nitrietcultuur, hoewel ook hier de beschadiging veel geringer was dan naar proeven van anderen verwacht kon worden. Van de typische kenteekenen van haverziekte was in geen der cultures iets te ontdekken. Aberson daarentegen gaat nog verder en meent, dat ook de Hooghalensche ziekte een gevolg van het nitriet zou zijn en wel meer indirect. Uit het ammoniak kunnen in het zure milieu waarin deze ziekte optreedt, slechts zeer langzaam nitraten ontstaan en hieruit weer langzaam nitrieten. Veenkoloniale haverziekte is dan de acute vorm, Hooghalensche ziekte de meer chronische vorm. Deze opvatting is echter wel wat erg gezocht, want het is toch algemeen bekend, dat beide ziekten volkomen verschillende uiterlijke symptomen vertoonen! Toch heb ik enkele proeven genomen omtrent den invloed van nitrieten, omdat indien de opvatting van Aberson juist was, er een verschil in vatbaarheid moest zijn tusschen haver en erwt of boon, al traden de typische kenmerken van de ziekte niet direct duidelijk op.

Birner en Lucanus (1886) hebben reeds in 1866 proeven hieromtrent genomen. Ze kweekten haver als watercultures waar-

aan verschillende giftige stoffen waren toegevoegd, o.a. calcium nitriet. Dit bleek in een concentratie, waarin zij het bezigden, n.l. 0,25 % reeds na 8 tot 12 dagen doodelijk te werken. De wortels waren hier sterk opgezwollen en helder geel gekleurd; overigens geven ze geen bijzondere kenteekenen van een nitrietbeschadiging op.

Molisch (1887/88) bewijst door zijn proeven, dat bij een concentratie van 0,01 %, het kaliumnitriet reeds schadelijk kan werken. Bij een concentratie van 0,02 % bleek, na verloop van 20 uur, alle nitriet uit de oplossing verdwenen te zijn, zonder dat de planten eenig spoor van vergiftiging vertoonden.

M. Schultz (1903) publiceert een zeer uitvoerige publicatie over den invloed van nitrieten op hoogere planten. Hij gebruikt een groot aantal verschillende planten, zooals erwt, boon, *Brassica*, tarwe, gerst e.a. Eerst gaat hij den invloed na op de kieming. De Leguminosen zijn het gevoeligst; *Brassica* het minst. Hier treedt de eerste beschadiging van de kieming pas op bij een concentratie van 0,2 %. De invloed op den verderen groei is bij alle planten veel sterker dan die op de kieming, hoewel de invloed op de verschillende planten weer sterk uiteenloopt. Steeds wordt het wortelgestel eerder aangetast dan de bovengrondsche deelen. Bij Brassica bijv. treedt bij een concentratie van 0,2 % een storing van de stengelgroei op, terwijl de wortels reeds bij 0,05 % een schadelijke werking ondervinden. Boonen, die eerst gedurende 14 dagen op een normale voedingsbodem gestaan hebben en daarna op een bodem met 0,3 % KNO_2 geplaatst worden, sterven reeds na een week volkomen af. Uit zijn verschillende proeven blijkt, dat bij de verdere groei, evenals bij de kieming, de Leguminosen gevoeliger zijn dan de gebruikte Gramineeën. Als kenmerk voor de beschadiging vindt hij steeds een opzwellen van de wortels, die dan een lichtgele kleur aannemen. Later treedt nog een verslijming van het wortelgestel op. De bovengrondsche deelen blijven klein, zonder bepaalde typische afwijkingen. In den bodem werkt nitriet veel minder schadelijk dan in watercultuur, waarschijnlijk ten gevolge van de snelle binding. Toch kan nitriet ook in den bodem gevaarlijk zijn, omdat het zooals Schultz aantoont, door de plant veel sneller wordt opgenomen dan nitraat. Vooral zou het schadelijk zijn als er door bacterieele werking steeds nieuw nitriet

gevormd wordt. Hij komt hier dus reeds tot ongeveer dezelfde overtuiging als Aberson.

Uit een publicatie van Perciabosco en Rosso (1909) blijkt, dat mais zeer resistent is tegen nitrieten. Ze kweeken deze plant n.l. in gesteriliseerde oplossingen, die 0,1 % KNO_2 bevatten, zonder dat eenige schadelijke werking tot uiting komt, terwijl zoo gekweekte planten zelfs een hooger stikstofpercentage in de asch hebben dan met nitraat gevoede planten.

Kellner (1910) werkt met grondcultures van haver en vindt, dat nitriet alleen in zeer groote hoeveelheden schadelijk werkt. Geringe hoeveelheden geven even goede opbrengsten als de contrôles. Deze proeven maken echter niet den indruk van erg nauwkeurig te zijn uitgevoerd.

In 1917 publiceert Aberson (1917) dan zijn stuk over de oorzaak van de Veenkoloniale haverziekte. Hij isoleert uit haverzieke grond een bacterie, die nitriet vormt. Dit nitriet zou nu de oorzaak zijn van de ziekte. Er zijn wel steeds geringe hoeveelheden in den bodem te vinden, maar dit is een gevolg van het snelle opnemen door de plant. Ook wordt er steeds opnieuw nitriet gevormd. In potproeven met nitriet meent hij de haverziekte te zien optreden. Alle gronden, waarop de ziekte optreedt hebben een hooger nitrietgehalte dan gezonde gronden. Ook de Hooghalensche ziekte meent hij zoo te kunnen verklaren. In een tweede publicatie (1918) komt hij nog eens op dit vraagstuk terug. Tevens bestrijdt hij hierin de methode, waarop Hudig en Meyer de Ph bepalen. Hij blijft bij zijn opvatting over het nitriet.

Fehér en Vági (1924) doen proeven met nitrieten om na te gaan of deze stoffen de oorzaak kunnen zijn van de groote onvruchtbaarheid van de Hongaarsche alcalisteppen. In den bodem bevindt zich ± 0,5 mg nitriet per K.G. grond. Uit potproeven met tuinaarde blijkt, dat bij 1,24 gr. nitriet nog geen afwijkingen optreden. Als proefplant gebruiken ze tarwe. De onvruchtbaarheid van de steppen berust dus waarschijnlijk op andere oorzaken.

Uit de verschillende onderzoekingen blijkt, dat de uitkomsten zeer verschillen en dat ook de gevoeligheid van de planten sterk uiteen loopt, zoodat een nieuw onderzoek niet overbodig is.

§ 2. *Eigen onderzoek*

De invloed van de reactie van het milieu

Om den invloed van de waterstofionenconcentratie van het milieu na te gaan, heb ik een aantal planten van *Pisum, Phaseolus* en *Vicia* in voedingsbodems van een bepaalde Ph gekweekt. Hiertoe is het noodig, deze oplossingen zooveel mogelijk constant te houden wat betreft de H-ionenconcentratie. Dit kan nu op tweeërlei wijze geschieden, n.l. 1e. door oplossingen te gebruiken, die gedurende de groeiperiode van de plant hun zuurgraad zelf constant houden, en 2e. door de oplossing geregeld met zuur en alcali wederom op de oorspronkelijke Ph terug te brengen. Voor het eerste geval zijn een aantal recepten bekend van bodems met een constante zuurgraad, bijv. die van Olsen (1923). Hij beschrijft tenminste, dat deze oplossing steeds constant blijft wat betreft de reactie, onafhankelijk van de oorspronkelijke zuurgraad (verkregen met $^1/_{10}$ normaal HCl en NaOH) en van de planten, die hij gebruikt. Dit laatste lijkt zeer onwaarschijnlijk en uit eigen ondervinding meen ik dit volkomen te moeten betwijfelen. Het is toch ook een bekend feit, dat de eene plant veel sterker physiologisch zuur werkt dan de andere. Bij mijn proeven in het eerste hoofdstuk beschreven, over de werking van de verschillende voedingsoplossingen, heb ik deze ook steeds gecontroleerd wat betreft de Ph en nu blijkt de oplossing van Olsen door Pisum en Phaseolus in den tijd van 3 weken een verandering te ondergaan van Ph 6,9 tot ± Ph 5,6. Hieruit volgt, dat de opvatting van Olsen lang niet voor alle planten juist is. De oplossing van van den Crone daarentegen blijft vrijwel constant, hoewel deze in de periode van maximumgroei iets alcalischer wordt. Ze verandert dan van Ph 7 tot 7,4.

Een ander bezwaar van constant blijvende oplossingen is het feit, dat een oplossing, die bijv. bij Ph 7 constant blijft, bij Ph 5 sterk aan verandering onderhevig is. Dit is reeds door vele onderzoekers opgemerkt en wordt toegeschreven aan het verschil in bufferend vermogen bij de verschillende zuurgraden. Om deze beide bezwaren te voorkomen heb ik in mijn proeven gebruik gemaakt van de 2e methode, n.l. de oplossingen steeds weer te controleeren en op de oorspronkelijke reactie terug te brengen. Als

voedingsbodem gebruikte ik weer die van van den Crone, terwijl ik deze met een weinig $^1/_{10}$ N. H Cl en $^1/_{10}$ N. Na OH op de bepaalde Ph bracht. De oplossingen werden gedurende den loop der proef iederen dag tweemaal gecontroleerd en op de oorspronkelijke Ph teruggebracht. Gedurende twee contrôles veranderde de reactie slechts zeer weinig; in het ergste geval 0,2 eenheden van de Ph. Alleen bij de alcalische oplossingen was de verandering grooter, waarschijnlijk ten gevolge van het door de wortels afgescheiden CO_2. Hierom werden deze nog een derde keer per dag gecontroleerd, zoodat ook hier de reactieverandering niet grooter was dan 0,2. De bepaling van de Ph geschiedde colorimetrisch volgens Clarck en Lubs (1917). De gebezigde waterstofionenconcentraties waren: Ph 3-4-5 tot 9. Van iedere Ph werden 5 contrôlepotten gebezigd. De proef duurde in het geheel 9 weken. De grootste planten hebben dan juist vrucht gezet en de eerste verschijnselen van het afsterven treden op. Langer kan men de planten niet voortkweeken, aangezien door het afsterven de drooggewichten te veel uiteen zouden loopen.

De zaden werden te kiemen gelegd in vochtig scherp zand op 26 Maart, na gedurende 15 min. gesteriliseerd te zijn in Uspulun van 0,25 %. Op 6 April waren de planten zoover, dat ze opgepot konden worden.

Op 12 April heb ik, om de gevaarlijke rotting van de zaden te voorkomen, van alle planten de cotylen weggesneden. Dit heeft zeer goed gewerkt. Gedurende de geheele cultuur is n.l. geen enkele plant bezweken. Terzelfder tijd werden alle potten geënt met een cultuur van Bact. rad. Na ongeveer 7 weken (20 Mei) werden alle planten geoogst. Van iedere Ph serie werd het versch gewicht bepaald van wortelgestel en spruit afzonderlijk. Tevens werd van iedere serie het aantal wortelknolletjes en gezette vruchten geteld. Hierna werden de planten gedurende 15 uur bij 100° C. gedroogd en vervolgens werd van iedere serie het drooggewicht van spruit en wortel bepaald. De uitkomsten hiervan zijn uitvoerig weergegeven in de tabellen VI, VII en VIII en in fig. 1, 2 en 3.

Ter verduidelijking van de beschrijving zal ik het verloop van de cultuur voor iedere proefplant afzonderlijk nader uiteenzetten en wel beginnen met de cultuur van Pisum.

Pisum. Evenals bij de in het eerste hoofdstuk beschreven proeven, doen zich gedurende de eerste 10 dagen geen merkbare afwijkingen voor, behalve bij Ph 3. Hier houdt onmiddellijk, nadat de jonge planten zijn opgepot, alle verdere groei van den wortel op. Ook de stengelgroei is sterk verminderd. Het blad is grijsgroen en de ontplooiïng van de jonge bladen schijnt sterk bemoeilijkt te worden. De overige cultures zijn allen goed gegroeid. De kleur is donkergroen, alle wortels zijn goed uitgegroeid en zien krijtwit.

Na 3 weken zijn de planten bij Ph 3 nog meer achteruit gegaan. De wortels zijn geelbruin verkleurd en bij de oudere is een verslijming opgetreden. De spruit begint reeds te verdrogen en verscheidene planten verliezen hun turgescentie. De kleur van het blad heeft zich echter gewijzigd. In plaats van grijsgroen zijn de nieuwgevormde bladen lichtgroen met gele vlekken, die niet duidelijk begrensd zijn. De planten bij Ph 4 zijn evenmin normaal. De wortels verslijmen eveneens, hoewel in veel geringer mate dan bij Ph 3. Ook de bladkleur komt met deze overeen; de stengelgroei is echter aanmerkelijk beter. Bij Ph 5 zijn de planten bijzonder krachtig. Het wortelgestel heeft zich sterk vertakt en een groot aantal nieuwe wortels ontwikkelen zich uit de stengelvoet. De kleur van de wortels is zuiver wit en geen spoor van verslijming is waar te nemen. De bovengrondsche deelen zijn hier krachtiger dan bij alle andere series. De planten maken zware nieuwe scheuten en de kleur van de bladen is volkomen normaal. De planten bij Ph 6 zijn vrijwel gelijk aan die bij Ph 5, alleen is de algemeene ontwikkeling iets minder. De verschillen zijn echter zeer gering. Bij Ph 7 is de groei weer minder dan bij Ph 6. Het verschil tusschen 6 en 7 is ook grooter dan tusschen 5 en 6. Overigens zijn hier geen typische abnormaliteiten. Ook bij Ph 8 is weinig bijzonders op te merken. De ontwikkeling is weer verminderd in vergelijk met die bij Ph 7. De wortels zijn niet meer helderwit, maar zachtgeel gekleurd. Ook de bladkleur is lichter dan bij de andere series, maar toch is hier nog geen sprake van een echte chlorose. Bij Ph 9 is dit wel het geval. Hier hebben de planten kennelijk te lijden van een ijzergebrek, hetgeen ook niet te verwonderen is, aangezien uit een oplossing, die sterk alcalisch reageert en tevens nog een vrij groote hoeveelheid fosfaten bevat, practisch genomen alle ijzer wordt neergeslagen. Uit het feit, dat

bij Ph 8 nog geen chlorose optreedt, blijkt wel met hoe weinig ijzer een erwt nog toe kan. Behalve bij Ph 3 hebben zich na 3 weken in alle cultures wortelknolletjes gevormd, hoewel niet overal evenveel.

Na 6 weken zijn deze verschillen voor de verschillende reacties nog duidelijker geworden. De planten bij Ph 3 zijn zoo uitge-

TABEL VI. *Pisum sativum*

	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knolletjes	aantal vruchten per pot (3 planten)
Ph. 3	5,5	7,2	1.30	0,55	0	0
Ph. 4	32,9	19,1	4,94	1,29	43	2
Ph. 5	69,8	43,1	10,94	2,82	346	7
Ph. 6	**76,1**	**51,7**	**11,06**	**3,08**	**552**	10
Ph. 7	50,2	37,7	8,18	2,69	122	**14**
Ph. 8	40,6	31,4	6,15	2,30	59	13
Ph. 9	30,4	24,2	4,60	1,88	27	10

Invloed van de waterstofionen concentratie van de voedingsoplossing.

droogd, dat het beter was ze te oogsten en te wegen, aangezien het gewicht door rotting te veel zou veranderen. Bij Ph 4 is de gevlamde natuur nog duidelijker geworden. Verscheidene planten vertoonen een verwelken van het bovenste deel van de stengels, terwijl ze van onderen opnieuw uitloopen. Dit maakt, dat ze een eigenaardig sterk gedrongen uiterlijk verkrijgen. De planten bij Ph 5 en 6 zijn nu even sterk, terwijl er ook geen andere verschillen tusschen hen te zien zijn. In beide gevallen heeft het



Fig 1. *Pisum sativum*

De invloed van de waterstofionenconcentratie
(na ± 7 weken)

PLAAT I

wortelgestel zich zoo sterk vermeerderd, dat de stengelvoet op sommige plaatsen overlangs is opengespleten door het groot aantal wortels, dat gelijktijdig vlak boven elkaar doorbreekt. Het verschil tusschen Ph 6 en 7 is duidelijker geworden, maar toch maken de laatste niet den indruk, van deze H-ionenconcentratie geleden te hebben. Bij Ph 8 zijn geen nieuwe bijzonderheden te vermelden. De planten zien wel lichtgroen, maar toch niet bepaald chlo-

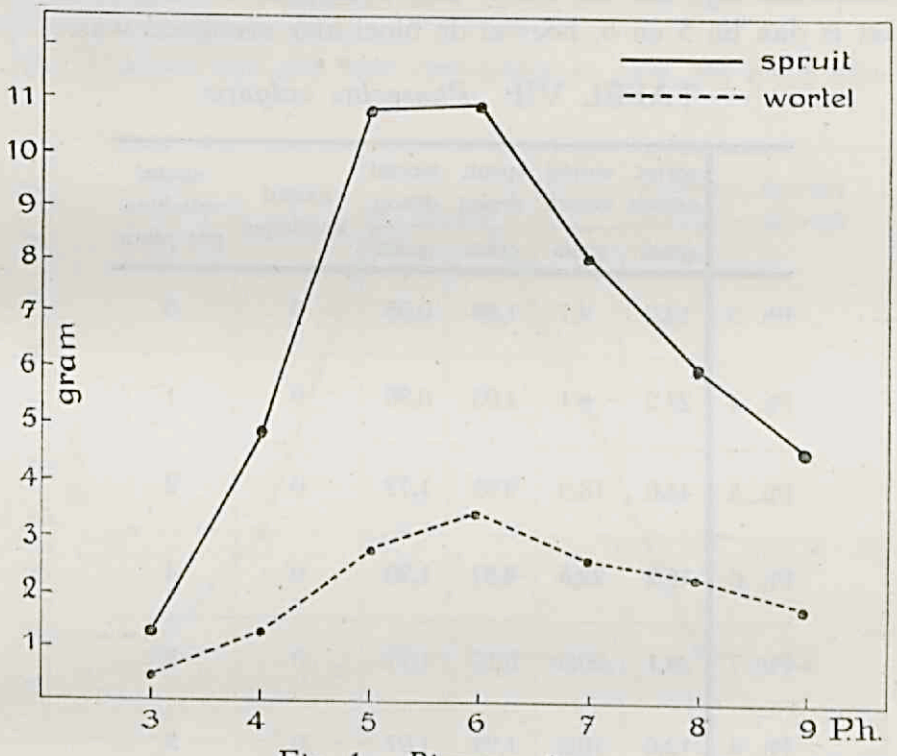


Fig. 1. *Pisum sativum*

Kromme van de drooggewichten bij verschillende zuurgraad.
horiz. de zuurgraad in Ph.
vertic. de drooggewichten in gram.

rotisch. Bij Ph 9 daarentegen is de uitwerking der chlorose goed zichtbaar. De stengels zijn niet veel meer gegroeid en vooral de wortels hebben sterk geleden. Ze zijn bruin verkleurd en vertoonen een zeer sterke verslijming. Hierdoor heeft de wateropname schijnbaar geleden, want vele van de onderste bladen zijn verdroogd en afgevallen. Alle planten, behalve die bij Ph 3, zijn nu reeds in bloei. De knolletjes hebben zich bij alle goed groeiende

cultures nog sterk vermeerderd, maar bij Ph 4, 8 en 9 is de infectie merkbaar gestoord. De toestand, zooals hij zich omstreeks dezen tijd voordoet, is afgebeeld op plaat I, alleen de sterk vertakte groei bij Ph 4 is niet duidelijk te zien en de planten bij Ph 3 waren toen reeds geoogst.

De volgende weken worden de verschijnselen nog iets duidelijker, maar aan de typische verschillen doet dit niets af. Alleen is merkwaardig, dat bij Ph 7 een veel grooter aantal vruchten gezet is dan bij 5 en 6, hoewel de bloei hier evengoed was.

TABEL VII. *Phaseolus vulgaris*

	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knolletjes	aantal vruchten per plant
Ph. 3	13,2	4,7	1,88	0,55	0	0
Ph. 4	27,2	8,1	4,03	0,86	0	1
Ph. 5	44,0	18,9	9,65	1,73	0	2
Ph. 6	**46,2**	**22,6**	**9,81**	**1,90**	0	4
Ph. 7	38,1	20,0	6,17	1,77	0	9
Ph. 8	12,0	10,9	1,94	1,07	0	3
Ph. 9	10,1	8,3	1,79	0,85	0	1

Invloed van de waterstofionen concentratie van de voedingsoplossing.

Phaseolus. De invloed van de reactie van het milieu doet zich bij Phaseolus eerder gevoelen dan bij Pisum. Reeds na 3 dagen is een duidelijk verschil te zien tusschen de planten uit de sterk zure oplossingen (Ph 3 en 4) en de overige. Bij Ph 3 zijn de wortelmutsjes donkerbruin. De plant heeft de eerste bladen wel

ontplooid, maar de strekking van den stengel is slechts zeer gering. Bij Ph 4 is de beschadiging niet zoo sterk geweest. De bovengrondsche deelen verschillen bijna niet van die bij de overige oplossingen; alleen zien de planten, evenals bij Ph 3, uitermate donkergroen. Bij de wortels is echter wel een verschil waar te nemen. Deze zijn n.l. sterk vertakt, zonder dat er een noemenswaardige lengtegroei heeft plaats gehad, waardoor het geheele wortelgestel sterk ineengedrongen lijkt. Alle overige cultures zijn volkomen aan elkaar gelijk.

Na 14 dagen zijn ook hier verschillen te zien. Bij Ph 3 zijn de

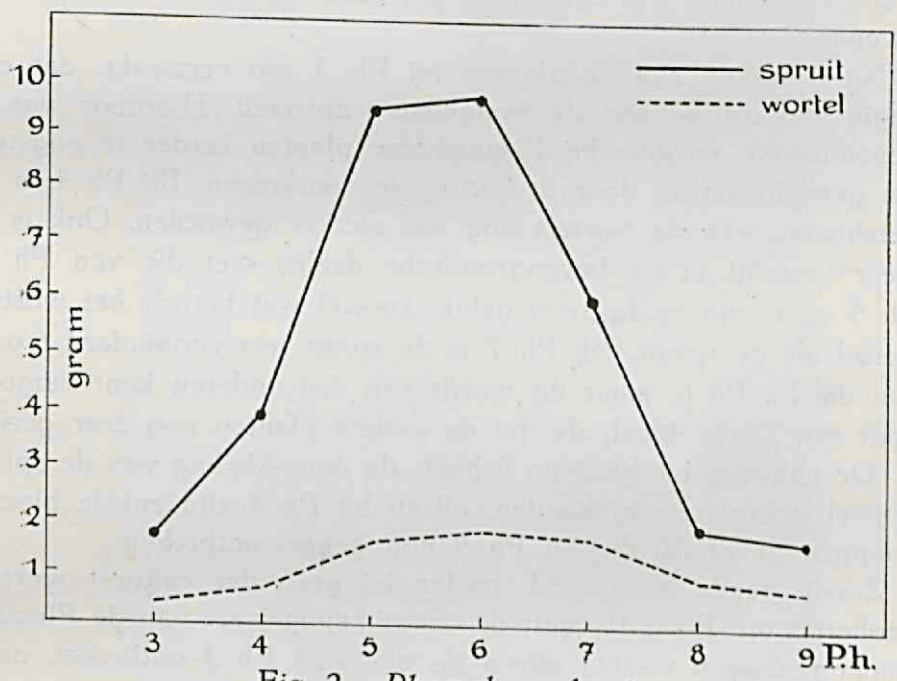


Fig. 2. *Phaseolus vulgaris*
Kromme van de drooggewichten bij verschillende zuurgraad.
horiz. de zuurgraad in Ph.
vertic. de drooggewichten in gram.

oude wortels afgestorven en enkele nieuwe gevormd, die eveneens verslijmen. Er zijn tevens enkele nieuwe bladen ontplooid, maar de lengtegroei is gering gebleven. De onderste bladen zijn slap en geelachtig, als werden ze door de nieuwe leeggezogen. Bij Ph 4 is de wortelontwikkeling vrij slecht gebleven en ook zijn teekenen van verslijming merkbaar. De spruit is slechts een weinig

kleiner dan die bij Ph 5. Evenals bij erwt, zijn de planten bij Ph 5 en 6 het best ontwikkeld, hoewel het verschil met Ph 7 slechts zeer gering is. Wel zijn de planten hier wat lichter groen, maar ook dit is gering. Bij Ph 8 en 9 doet zich echter duidelijk de schadelijke werking van de alcalische reactie gevoelen. Bij beide oplossingen treedt een sterke chlorose op, terwijl ook het wortelstelsel beschadigd is. Het is bruin en slijmerig. De vertakking is even sterk als bij Ph 7, maar er vormen zich geen nieuwe wortels uit de stengelbasis. De eerste twee bladen zijn groen, maar de nieuw ontplooide zijn lichtgeel. Bij Ph 8 is langs de nerven hier en daar nog wat chlorophyl gevormd. Bij Ph 9 is ook dit verdwenen.

Na 6 weken zijn de planten bij Ph 3 zoo verzwakt, dat een begin van rotting aan de stengelbasis optreedt. Hierdoor was ik genoodzaakt, evenals bij Pisum, deze planten eerder te oogsten, om gewichtsverlies door de rotting te voorkomen. Bij Ph 4 is de verslijming van de wortels nog iets sterker geworden. Ook is er meer verschil in de bovengrondsche deelen met die van Ph 5. Ph 5 en 6 zijn op het oog gelijk, zoowel wat betreft het wortelstelsel als de spruit. Bij Ph 7 is de spruit iets verminderd t. o. z. van die bij Ph 6, maar dit wordt aan den anderen kant vergoed door een sterke bloei, die bij de andere planten nog zeer gering is. De chlorose bij Ph 8 en 9 heeft de ontwikkeling van de spruit vrijwel geheel tegengehouden, alleen bij Ph 8 zijn enkele bloemknoppen gevormd, die bij Ph 9 nog geheel ontbreken.

Zooals reeds is vermeld, treden bij geen der cultures wortelknolletjes op. Plaat II geeft de ontwikkeling weer van de Phaseolusplanten na 6 weken, alleen de plant bij Ph 3 ontbreekt, aangezien deze reeds geoogst was.

Gedurende de laatste 14 dagen worden alle verschillen nog iets versterkt. Bij Ph 4 worden de onderste bladen eenigszins geel en wel op een wijze, zooals dat in de practijk bij het afsterven optreedt, dus geheel anders dan de chlorotische bladen van Ph 8 en 9. Het verschil in vruchtzetting doet zich ook hier voor en wel in nog sterker mate dan bij Pisum. Tevens is er nog een verschil in de wijze, waarop de bloemen geplaatst zijn. Bij Ph 5 en 6 zijn de bloemstelen zeer kort en de bloemen daardoor tusschen de bladen verscholen, terwijl ze bij Ph 7 — en iets min-

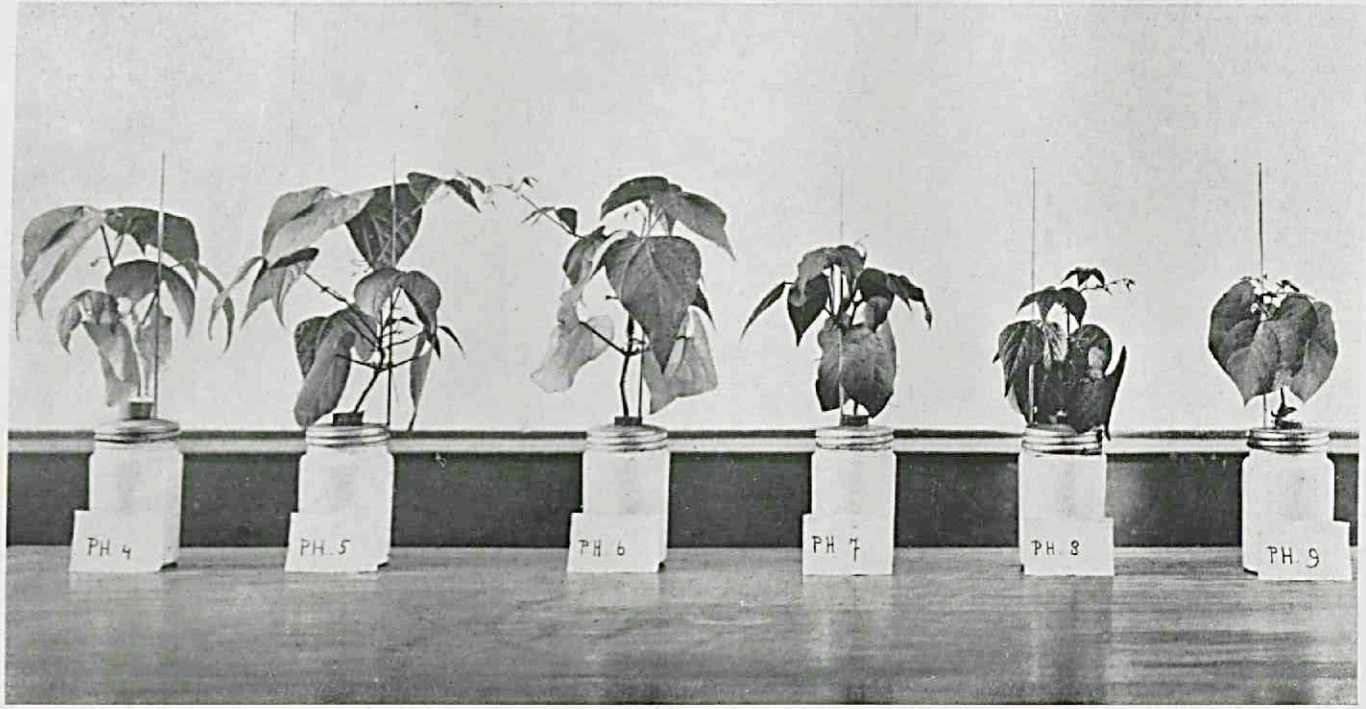


Fig. 1. *Phaseolus vulgaris*
De invloed van de waterstofionenconcentratie
(na ± 7 weken)

PLAAT II

der bij Ph 8 — op een krachtig vertakte stengel boven de bladen uitsteken. Dit is helaas op de foto niet te zien.

Vicia faba. Deze plant blijkt veel gevoeliger voor een zure reactie te zijn dan de beide vorige. Reeds na 3 dagen is zoowel bij Ph 3 als 4 de wortelgroei sterk aangetast. Bij Ph 3 sterven de wortels snel af onder hevige verslijming. Later vormen zich nog wel enkele nieuwe, maar deze gaan spoedig te gronde. Bij Ph 4 vertoonen de wortels een merkwaardige afwijking. Ze krullen zich a. h. w. kurketrekkervormig op, terwijl de worteltoppen afsterven en donkerbruin verkleuren. Ook de hoofdwortel wordt donkerbruin, maar dit is geen schadelijke afwijking, doch treedt bij alle andere cultures eveneens op. De spruit is na 3 dagen bij geen van beide oplossingen (Ph 3 en 4) noemenswaard verder gegroeid. De overige planten vertoonen geen verschillen. Na een week hebben zich bij Ph 3 de eerste blaadjes ontplooid, maar het wortelgestel is nog zeer slecht. Bij Ph 4 is de ontwikkeling wel iets beter, maar toch veel zwakker dan bij de overige cultures, die nog steeds onderling niet verschillen.

Na 14 dagen zijn de planten bij Ph 3 allen verwelkt en de wortels vertoonen een begin van rotting, zoodat ze geoogst moesten worden. Bij Ph 4 zijn de planten wel iets gegroeid, maar de stengels zijn dun en sterk bij de overige ten achter. Bij Ph 5, 6 en 7 zijn alle planten krachtig ontwikkeld. Ze zijn wel niet veel langer dan die bij Ph 8 en 9, maar de stengels zijn veel zwaarder en de bladen aanmerkelijk grooter. Het aantal ontplooide bladen is voor alle vier series even groot. Bij Ph 9 zijn de planten lichtgroen, hoewel nog geen bepaalde chlorose intreedt, zooals bij beide andere proefplanten. Het geheele optimum schijnt iets meer aan de alcalische kant gelegen te zijn.

Na 3 weken begint een geheel ander verschijnsel op te treden. Bij Ph 6 zijn de nieuwgevormde internodiën veel korter dan de vorige en de bladen krijgen hier en daar roestbruine vlekken, die niet scherp begrensd zijn. Ook bij Ph 5 en 7 is dit verschijnsel waar te nemen, doch in geringer mate. Bij Ph 4 is de groei nog steeds zwak en vooral vallen hier de dunne stengels op. Bij Ph 8 en 9 is niets bijzonders te vermelden. Hoewel door de verkorting van de internodiën de stengels bij Ph 5, 6 en 7 iets kleiner

zijn, maakt de geheele cultuur toch den indruk alsof het optimum gelegen is tusschen Ph 6 en 7 en de groei aan de zure kant sneller afneemt dan aan de alcalische.

Na 4 weken is de toestand ongeveer zooals op plaat III te zien is. Ph 4 geeft nog steeds een zwakke groei. De planten sterven echter geen van allen af. Bij Ph 5 en 7, maar vooral bij Ph 6 is het verkorten van de internodiën sterker geworden en er is nog

TABEL VIII. *Vicia faba*

	spruit versch	wortel versch	spruit droog	wortel droog	aantal knolletjes	aantal vruchten per plant
	gram	gram	gram	gram		
Ph. 3	8,0	4,7	1,13	0,82	0	0
Ph. 4	54,4	24,9	7,11	2,27	0	0
Ph. 5	78,2	38,5	9,39	2,67	128	0
Ph. 6	65,5	30,3	8,66	2,29	3	0
Ph. 7	81,4	44,7	10,20	3,56	55	0
Ph. 8	**87,5**	**51,5**	**12,97**	**4,41**	**139**	0
Ph. 9	72,5	41,0	10,24	3,37	57	0

Invloed van de waterstofionen concentratie van de voedingsoplossing.

een verschijnsel bijgekomen, n.l. een uitdrogen van de eindknoppen. Ook het wortelgestel heeft nu geleden, maar niet in die mate als het geval is bij de stengels. Bij twee van de vijf planten is een van de okselknoppen van de onderste bladen uitgeloopen. Het geheel maakt den indruk alsof deze beschadiging secundair is en niets met de Ph te maken heeft.



Fig. 1. *Vicia faba*
De invloed van de waterstofionenconcentratie
(na ± 5 weken)

Na 8 weken, bij het oogsten, is het verschijnsel nog duidelijker geworden. Bij Ph 5 en 7 zijn de okselknoppen tot vrij normale spruiten uitgeloopen. Bij Ph 6 zijn de nieuwe eindknoppen eveneens aangetast en verdroogd. Bij Ph 8 en 9 staan de planten in vollen bloei, terwijl bij Ph 4 twee van de vijf planten beginnen af te sterven. Aan het einde gelijkt de beschadiging bij Ph 5, 6

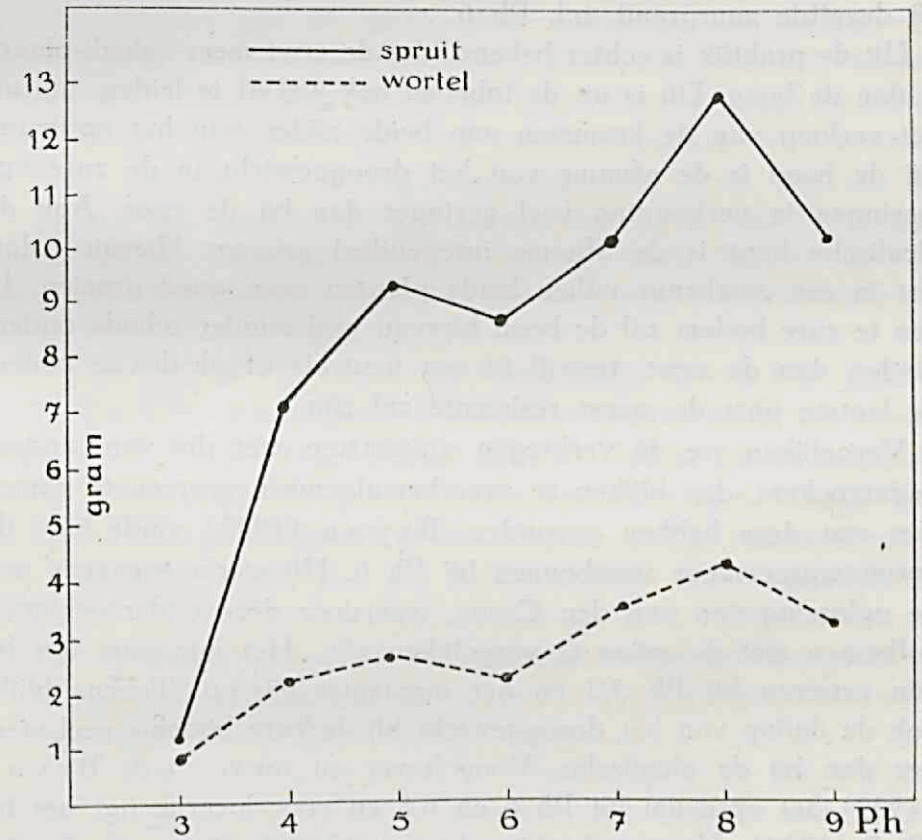


Fig. 3. *Vicia faba*

Kromme van de drooggewichten bij verschillende zuurgraad.
horiz. de zuurgraad in Ph.
vertic. de drooggewichten in gram.

en 7 zooveel op die, welke door W a r i n g t o n beschreven wordt bij afwezigheid van borium, dat ik het onderzoek in die richting heb uitgewerkt (zie hoofdstuk IV) en er hier niet verder op in zal gaan.

Conclusies uit de vorige proeven

Wanneer we de tabellen en figuren onderling vergelijken, dan blijkt, niettegenstaande de abnormale verschijnselen bij Vicia faba, toch duidelijk, dat deze plant veel gevoeliger is voor een zure reactie dan de beide andere. Bij deze laatsten ligt het optimum bij dezelfde zuurgraad, n.l. Ph 6.

Uit de praktijk is echter bekend, dat de erwt meer „alcali-plant" is dan de boon. Dit is uit de tabellen ook wel af te leiden, n.l. uit het verloop van de krommen aan beide zijden van het optimum. Bij de boon is de afname van het drooggewicht in de zure oplossingen in verhouding veel geringer dan bij de erwt. Aan de alcalische kant is de afname integendeel grooter. Hieruit volgt, dat in een zwakzuur milieu beide planten even goed groeien. In een te zure bodem zal de boon hiervan veel minder schade ondervinden dan de erwt, terwijl in een neutrale of alcalische bodem de laatste juist de meest resistente zal zijn.

Vergelijken we de verkregen uitkomsten met die van andere onderzoekers, dan blijken ze over het algemeen overeen te komen met wat deze hebben gevonden. Bryan (1922) vindt bijv. de optimumgroei voor soyaboonen bij Ph 6. Hij werkt eveneens met de oplossing van van den Crone, waardoor deze onderzoekingen volkomen met de mijne te vergelijken zijn. Het minimum ligt bij zijn proeven bij Ph 3,3 en het maximum bij 9,6. Tevens blijkt ook de daling van het drooggewicht bij de zure bodems veel sterker dan bij de alcalische. Voor haver en tarwe vindt Bryan (1923) het optimum bij Ph 6 en 6,8 en voor lucerne ligt het bij Ph 7 (1923). Hier werkt hij echter met zandcultures en daarbij wordt steeds een optimum gevonden, dat iets hooger (meer alcalisch) ligt dan in watercultures. Zoo vonden Hoagland (1917) en Salter en Mac Ilvaine (1920) in watercultures het optimum voor haver bij Ph 5,6. Het verschil hierin bij zand- en watercultuur wordt door Olsen (1923) toegeschreven aan een ophooping van CO_2 vlak om de wortels, zoodat daar de reactie steeds iets zuurder is dan de gemetene. Indien dit juist is, komen de hier gevonden cijfers geheel overeen met die van Bryan. Haver heeft dan een optimum, dat bij een zuurder reactie ge-

legen is dan dat van de boon en de erwt, terwijl lucerne nog iets zuurgevoeliger is dan deze beide planten.

Over het algemeen loopen de optima echter niet zooveel uiteen, dat hieruit alleen het groote verschil in groei, dat de verschillende planten in te zuur of te alcalisch milieu vertoonen, te verklaren zou zijn. Hier geldt hetzelfde, wat ik reeds bij het onderscheid tusschen erwt en boon opmerkte; n.l. het verschil in het verloop van de kromme, die de opbrengsten weergeeft. Vergelijken we bijv. de getallen, die Olsen (1925) geeft, dan zien we, dat hij voor lucerne een optimum vindt bij Ph 6,5 en voor rogge bij Ph 6. Deze cijfers verschillen niet veel, maar vergelijken we de groei bij Ph 4, dan is de opbrengst bij rogge nog 82 % van die bij Ph 6. Voor lucerne is dit percentage dan 73 %. Bij Ph 8 zijn deze getallen voor rogge 79 % en lucerne 84 %. Hoewel de optima dus vrijwel gelijk zijn, is lucerne toch veel zuurgevoeliger en rogge meer alcaligevoelig.

Uit het verloop van de ontwikkeling blijkt tevens het verschil in ijzerbehoefte van de plant. Phaseolus vertoont reeds een sterke chlorose bij Ph 8, terwijl Pisum pas iets lichter groen gekleurd is. De boon heeft dus waarschijnlijk veel meer ijzer noodig. Dit is geheel in overeenstemming met hetgeen in het tweede hoofdstuk gevonden werd voor een kalkovermaat. Daar vertoont de boon óók veel eerder een chlorose dan de erwt. Dit verschil in ijzerbehoefte heeft natuurlijk een grooten invloed op den groei in de alcalische oplossingen en is wel een van de belangrijkste oorzaken van de schadelijke werking hiervan.

Hopkins en Wann (1926) meenen zelfs, in een recente publicatie, dat dit de eenige oorzaak zou zijn. Ook de zeer sterke groei in de zwakzure oplossingen kan gedeeltelijk op een secundaire werking teruggevoerd worden, n.l. op de sterkere oplosbaarheid van het calciumfosfaat, waardoor de plant zoowel meer Ca als P kan opnemen. Over het algemeen is veel te weinig aandacht geschonken aan de secundaire werkingen en is de directe werking van de waterstof-ionen wel wat overdreven.

De infectie met Bacterium radicicola heeft, behalve bij Ph 3, in alle oplossingen plaats gehad. Het optimum ligt ook bij Ph 6, hetgeen in overeenstemming is met het onderzoek van Wright (1925), die eveneens het groeioptimum van Bact. rad. in vloei-

bare bodems bij Ph 6 vond. Salter (1916) daarentegen meent, evenals Gruzit (1917), dat een zwak alcalische reactie het gunstigst zou werken. Ook Bewley en Hutchinson (1920) zijn deze meening toegedaan. Merkwaardig is, dat geen van deze onderzoekers bijzondere waarde hecht aan de verschillen, die ze bij de stammen onderling aantreffen, terwijl de bijbehoorende planten toch sterk in hun gevoeligheid voor zuur en alcali verschillen. Indien voor alle stammen van de bacteriën het optimum in een neutraal of zwak alcalisch milieu gelegen was, dan zou een plant als de gele lupine, waarvan Pfeiffer en Blanck (1911) de bijzondere alcaligevoeligheid aantoonden, nooit eenig profijt kunnen hebben van de infectie en aan stikstofgebrek moeten sterven, wat toch nooit het geval is. Zeer goed is daarom het onderzoek van Fred en Davenport (1918) die meenen, dat de optima van de verschillende bacteriën overeenkomen met de optima van de plant die ze infecteeren. Mijns inziens is er echter nog een andere factor, die de infectie beïnvloed, n.l. de gezondheidstoestand van de planten zelf. Zien we bijv. eens naar de uitkomst, verkregen bij Vicia, dan blijkt het optimum hier gelegen tusschen Ph 6 en 7, maar door een secundaire invloed (waarschijnlijk het ontbreken van borium), is de groei sterk gewijzigd. Nu wordt het grootste aantal knolletjes gevormd niet bij Ph 6 of 7, maar bij Ph 8, waarin de sterkste planten gevormd worden, terwijl het aantal evenredig stijgt of daalt met de ontwikkeling van de voedsterplant. Ook bij de erwt en de boon gaat deze redeneering op, hoewel het hier minder opvallend is, omdat de groeikromme van de plant parallel loopt met de Ph. Uit de reeds beschreven proeven en uit de hierna volgende is steeds weer af te leiden, dat hoe gezonder het wortelgestel van een plant is, hoe grooter het aantal infecties is.

De invloed van de physiologisch zure (alcalische) reactie

Uit de bovenstaande proeven is nu wel gebleken dat, hoewel een zure en alcalische reactie sterke beschadigingen opwekken, deze toch niet alleen verantwoordelijk gesteld kunnen worden voor het optreden van de Veenkoloniale haverziekte of de Hooghalensche ziekte. Bij geen der culturen treden ook de typische verschijnselen

op, die deze ziekten kenmerken en we kunnen gerust de theorie van Krüger en Wimmer (1914), die zegt dat de reactie zelf de oorzaak is, als onjuist verwerpen. Wel zijn er verschillen in de gevoeligheid voor zuur en alcali gevonden bij haver en Leguminosen. Deze kunnen nu wel eenigermate het verschil in gevoeligheid voor de bodemziekte verklaren. In een zuur milieu bijv. is de erwt sterker beschadigd dan de haver en zal ook daardoor reeds gevoeliger zijn voor de Hooghalensche ziekte. Toch is het niet uitgesloten, dat de physiologisch zure bemesting zelf nog een schadelijke werking op de Leguminosen uitoefent en dat daardoor een nieuwe storing van de zoutopname, wat de Hooghalensche ziekte toch is, meer vat op ze heeft. Om dit uit te maken heb ik proeven aangezet, waarbij de planten gekweekt werden in de oplossing van van den Crone, waarin het KNO_3 geheel of gedeeltelijk vervangen was door $(NH_4)_2SO_4$. Ook werd het $Ca_3(PO_4)_2$ vervangen door het physiologisch zure $Ca(H_2PO_4)_2$. Aangezien volgens Mazé (1900) een concentratie van 0,1 % ammonium sulfaat nog schadelijk werkt indien geen andere stikstofbron aanwezig is, heb ik de 1 gram KNO_3 per Liter vervangen door 0,8 gram $(NH_4)_2SO_4$ per Liter. De samenstelling van den bodem was nu als volgt:

Oplossing I		Oplossing II		Oplossing III	
KNO_3	1 gr.	KNO_3	0,5 gr.	$(NH_4)_2SO_4$	0,8 gr.
$MgSO_4$	0,5 „	$(NH_4)_2SO_4$	0,4 „	$MgSO_4$	0,5 „
$CaSO_4$	0,5 „	$MgSO_4$	0,5 „	$CaSO_4$	0,5 „
$Ca_3(PO_4)_2$	0,25 „	$CaSO_4$	0,5 „	$Ca(H_2PO_4)_2$	0,25 „
$Fe_3(PO_4)_2$	0,25 „	$Ca(H_2PO_4)_2$	0,25 „	$Fe_3(PO_4)_2$	0,25 „
KCl	0,5 „	$Fe_3(PO_4)_2$	0,25 „	KCl	0,5 „
H_2O	1000 „	KCl	0,5 „	H_2O	1000 „
		H_2O	1000 „		

Het KCl werd toegevoegd, omdat anders in Opl. III kaligebrek zou optreden.

Op 2 Juni werden de planten uitgezaaid in vochtig scherp zand. Als proefplanten dienden weer alleen erwt en boon, omdat bij de tuinboon gebleken was dat, waarschijnlijk door het gebrek aan borium, onbetrouwbare gegevens verkregen werden.

Op 11 Juni werden de planten opgepot. Voor erwt zoowel als

voor boon werden van iedere oplossing 5 contrôlepotten aangezet. De geheele cultuur duurde in dit gunstige jaargetijde slechts 6 weken. Op 20 Juni werden de planten geoogst en versch gewogen, daarna gedroogd bij 100° C. en vervolgens weer gewogen. De uitkomsten zijn weergegeven in tabel IX en X.

TABEL IX. *Phaseolus vulgaris*

Samenstelling v. d. voedingsoplossing	spruit versch	wortel versch	spruit droog	wortel droog	aantal knollen	aantal vruchten
	gram	gram	gram	gram		
KNO_3	52,29	29,83	9,33	2,73	0	23
$(NH_4)_2SO_4 + KNO_3$	48,03	21,63	8,57	2,02	0	16
$(NH_4)_2SO_4$	7,20	5,60	1,98	0,45	0	2

De invloed van een physiologisch zure bemesting.

TABEL X. *Pisum sativum*

Samenstelling v. d. voedingsoplossing	spruit versch	wortel versch	spruit droog	wortel droog	aantal knollen	aantal vruchten
	gram	gram	gram	gram		
KNO_3	41,51	23,83	7,38	1,60	183	21
$(NH_4)_2SO_4 + KNO_3$	33,64	16,01	5,26	1,25	112	15
$(NH_4)_2SO_4$	3,24	4,25	1,48	0,27	7	0

De invloed van een physiologisch zure bemesting.

Daar bij deze proeven tusschen beide planten weinig of geen verschil optrad, kan het verloop van de cultuur wel gelijktijdig besproken worden.

Reeds na enkele dagen zijn er verschillen tusschen de cultures waar te nemen. Zoowel bij erwt als boon is in de Opl. III de

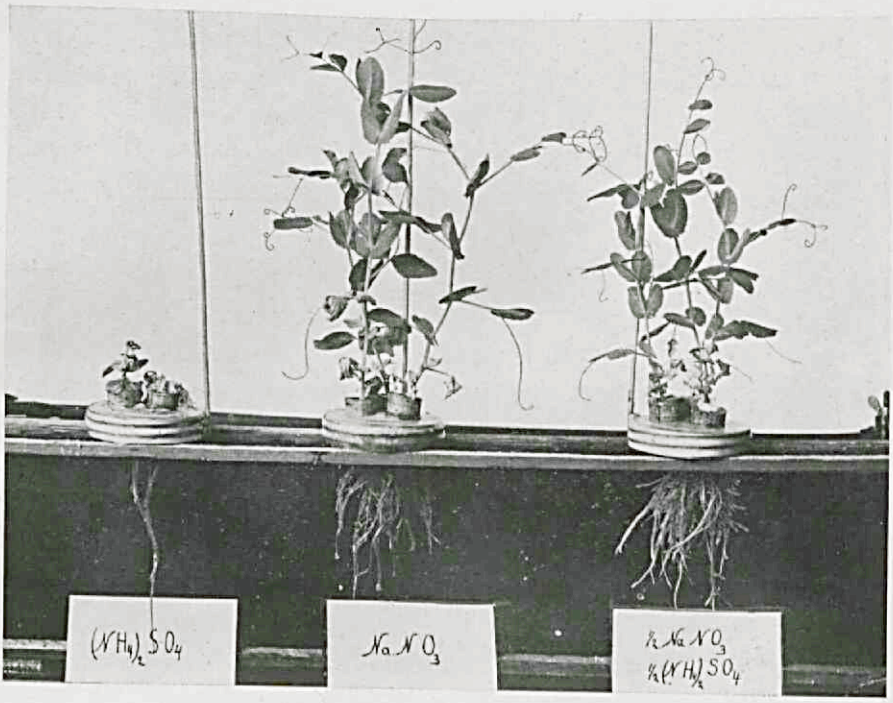


Fig. 1. *Pisum sativum*

Links: amm.sulfaat — midden: natriumnitraat — rechts: half amm., half nitraat
(na ± 3 weken)

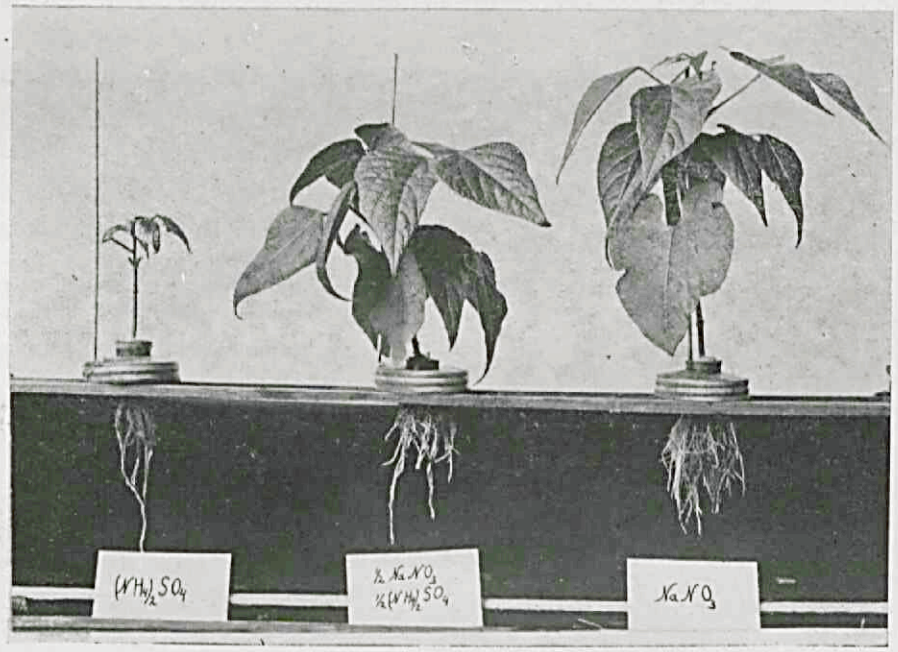


Fig. 2. *Phaseolus vulgaris*

Links: amm.sulfaat — midden: half amm., half nitraat — rechts: natriumnitraat
(na ± 3 weken)

spruit zeer weinig gegroeid. Het wortelgestel ziet volkomen gezond. De beide andere oplossingen veroorzaken voorloopig nog een even sterke ontwikkeling. Na een week zijn de verschillen duidelijk. De planten, die alleen zwavelzure ammoniak ontvingen, zijn allen klein gebleven en vertoonen bij de boon zelfs een zeer duidelijk ziektebeeld. De bladen drogen van de randen af in met groote bruine droge vlekken. Deze vlekken doen denken aan een kaligebrek-beschadiging, maar ze zijn donkerbruin in plaats van grijs of geel. Bij de erwt treedt een dergelijk typisch ziektebeeld niet op. Wel sterven de planten spoedig af, omdat het wortelgestel sterk is aangetast. Bij boon treedt de wortelbeschadiging pas later op.

De planten, die zoowel zwavelzure ammoniak als nitraat ontvingen, vertoonen geen bijzondere beschadiging, maar zijn wel minder sterk ontwikkeld dan degene, die alleen nitraat ontvingen.

Na 4 weken zijn zoowel bij erwt als bij boon de planten met alleen $(NH_4)_2SO_4$ zoover verdroogd, dat ze geoogst moeten worden. Bij de anderen is het verschil tusschen nitraat en de gemengde oplossing nog iets duidelijker geworden, hetgeen na 6 weken, bij het oogsten, wederom het geval is. De toestand, zooals hij zich voordoet na $\pm$ 3 weken, is weergegeven in plaat IV, fig. 1 en 2, terwijl de beschadiging van Phaseolus door het ammoniumsulfaat nog afzonderlijk is weergegeven op plaat V, fig. 1.

Gedurende de geheele groeiperiode heb ik iedere week de Ph van de cultuurvloeistof colorimetrisch gecontroleerd. Bij opl. I bleef deze zoowel bij erwt als bij boon constant. Alleen in de periode van de sterkste groei, d.i. na $\pm$ 3 à 4 weken, wordt ze iets alcalisch, maar nooit hooger dan Ph 7,4. Opl. II daarentegen verandert zeer sterk. Reeds na een week is de reactie van Ph 7 veranderd tot gemiddeld Ph. 6,1. Na drie weken is deze zelfs tot gemiddeld Ph 5 gedaald. Hieruit blijkt, hoe bijzonder physiologisch zuur het ammoniumsulfaat heeft gewerkt. Dit was trouwens ook reeds gebleken in de eerste serie uit hoofdstuk I, waarin de verschillende recepten van andere onderzoekers geprobeerd werden. De oplossing van Olsen bleek hier in drie weken te veranderen van Ph 7 tot 6,2, terwijl volgens Olsen zelf deze oplossing voor andere planten, waaronder ook Gramineeën, volkomen neutraal bleef.

Opl. III is lang niet zoo sterk veranderd als opl. II, hoewel hier toch nog meer $(NH_4)_2SO_4$ aanwezig is. Ze verandert gedurende

drie weken niet verder dan van Ph 7 tot 6,3. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit, dat de planten door een te hooge $(NH_4)_2SO_4$ concentratie beschadigd worden, waardoor de zoutopname sterk vermindert en juist op de snelheid van de zoutopname berust de geheele physiologisch zure werking, zooals zeer duidelijk door Panatelli (1915) is aangetoond.

Uit bovenstaande resultaten kunnen we weer direct eenige conclusies trekken omtrent de gevoeligheid voor de Hooghalensche en Veenkoloniale haverziekte. Er blijkt n.l. duidelijk, dat een physiologisch zure bemesting hier ongunstig heeft gewerkt, m. a. w. dat zwavelzure ammoniak voor Leguminosen minder gunstig is dan nitraat. Dit kan twee oorzaken hebben: òf het NH_4ion is minder goed als stikstofbron voor Leguminosen, òf de slechte groei is een gevolg van een te sterke physiologisch zure werking. Uit het resultaat van de cultuur in Opl. III zou men het eerste kunnen afleiden, maar deze beschadiging is zeer waarschijnlijk meer een gevolg van een te hooge concentratie van zwavelzure ammoniak. In opl. II is weliswaar de reactie sterk zuur geworden, maar gemiddeld hebben de planten hier een reactie van Ph 6,0 gehad (van Ph 7 tot 5) en zou dus de opbrengst hooger moeten zijn dan in opl. I, waar de reactie constant op Ph 7 was. Toch is de opbrengst in het laatste geval hooger, dus heeft hier het $(NH_4)_2SO_4$ wel degelijk een schadelijke werking uitgeoefend.

Welke invloed heeft een physiologisch zure bemesting nu in verband met de bodemziekten? Is een land, bemest met zwavelzure ammoniak en daarna beplant met Leguminosen, dan wordt in de eerste plaats de reactie van den bodem veel sneller zuur dan wanneer er haver op verbouwd wordt. Er wordt dus veel sneller een reactie geschapen, die voor het optreden van de Hooghalensche ziekte gunstig is.

In de tweede plaats worden de Leguminosen door het ammoniumsulfaat veel sterker aangetast dan de Gramineeën en daardoor worden ze gevoeliger, aangezien een zwakke plant veel eerder schade zal ondervinden van een anorganische storing in het wortelstelsel dan een volkomen gezonde krachtig groeiende. Omgekeerd zal bij een eenzijdige bemesting met nitraat, de reactie van den bodem bij den verbouw van Leguminosen bijna niet veranderen, terwijl een cultuur van haver den bodem veel sterker al-

calisch zal maken en daardoor in een toestand brengen, die voor het optreden van haverziekte gunstig is.

De, bij Hooghalensche ziekte veel toegepaste, kalkbemesting heeft op de erwt een veel gunstiger werking dan op de haver. Dit wordt vaak toegeschreven aan de verandering van de bodemreactie, maar ook hier zal de gunstige voedingswerking van het calcium wel een rol spelen (zie hoofdstuk II). Vooral indien zulke groote kalkhoeveelheden worden gebezigd als Hudig en Meyer (1922) opgeven (n.l. 20.000 K.G. p. H.A.) zal deze werking van het calcium een grooten invloed gaan uitoefenen. Ook de werking op de microflora wordt dan zeer belangrijk, vooral wat betreft de nitrificatie. Behalve de hier genoemde, oefent de kalk ook nog een physische werking op den bodem uit. Deze wordt door een kalkbemesting losser van structuur, iets dat bij zware kleigronden zeer gunstig kan zijn, maar bij zandgronden, zooals in de Veenkoloniën wel voorkomen, door de sterke uitdroging gevaarlijk kan worden. Het lijkt mij dan ook gewenscht dat hierop wat meer de aandacht wordt gevestigd.

Al deze oorzaken bij elkaar zijn nu wel voldoende om de verschillen in vatbaarheid voor de beide bodemziekten te verklaren. In hoeverre deze redeneering ook voor de derde bodemziekte, de ontginningsziekte, geldt, is niet te zeggen, aangezien hiervan nog te weinig bekend is. [Hudig en Meyer (1926)].

Men zou nu hiertegen kunnen opmerken, dat een bemesting met zwavelzure ammoniak bij Leguminosen niet voor zal komen en dat tevens het zwavelzure ammoniak, in een vorig jaar voor een graancultuur gegeven, in den bodem reeds lang zal zijn omgezet tot nitraat. Hierdoor zou de werking van het NH_4-ion komen te vervallen. Dit is echter niet geheel juist. Indien bijv. voor de verbouw van haver eenige jaren achtereen zwavelzure ammoniak is gebezigd, zal in den eersten tijd het NH_4 in NO_3 worden omgezet, maar door de opgetreden zure reactie zal tenslotte deze nitrificatie sterk worden verminderd. Hierdoor blijft het $(NH_4)_2SO_4$ in den bodem en zal bij een cultuur van erwten of boonen: 1e. schadelijk kunnen werken als zoodanig en 2e. zal het de reactie van den bodem nog sneller veranderen en een voor het optreden van de Hooghalensche ziekte, gevaarlijken bodemtoestand veroorzaken.

De beschadiging, zooals ze zich voordoet bij Phaseolus, indien alleen ammoniumsulfaat gegeven wordt, vertoont eenige overeenkomst met de beschrijving, die Jones en Shive (1923) geven bij soyaboonen, die ammoniumsulfaat en ferrosulfaat ontvingen. De beschadiging bleef bij hen achterwege, indien ferrosulfaat vervangen werd door ferrifosfaat. Nu had ik weliswaar geen ferrosulfaat, maar ferrofosfaat gebruikt, maar het was toch zeer wel mogelijk dat de combinatie van een ammoniumverbinding en een ferrozout de oorzaak van de beschadiging geweest was. Om deze vraag op te lossen heb ik een aantal Phaseolusplanten gekweekt, gedeeltelijk met KNO_3 en gedeeltelijk met $(NH_4)_2SO_4$. Van ieder van deze twee series was de helft voorzien van ferrofosfaat en de andere helft van ferrifosfaat. Zoo ontstonden de volgende vier series:

1e.	v. d. Crone	KNO_3	+	ferrofosfaat.
2e.	,, ,,	,, KNO_3	+	ferrifosfaat.
3e.	,, ,,	,, $(NH_4)_2SO_4$	+	ferrofosfaat.
4e.	,, ,,	,, $(NH_4)_2SO_4$	+	ferrifosfaat.

De zaden werden op 15 Nov. uitgezaaid en op 22 Nov. opgepot. De cultuur duurde slechts 4 weken, aangezien de verschillen toen reeds duidelijk genoeg waren. In tabel XI vindt men de uitkomsten van deze proef.

Reeds heel spoedig blijkt, dat van een overeenkomst met de proeven van Jones en Shive geen sprake is. Na een week vertoonen alle planten uit de NH_4-series een begin van beschadiging, die spoedig nog duidelijker wordt en na 14 dagen vertoonen al deze planten de typische vlekken, hoewel in mindere mate dan bij de eerste proeven. Alle nitraatplanten zijn volkomen normaal en er is geen verschil tusschen de werking van ferro- en ferrifosfaat. Uit de tabel zou een iets gunstiger werking van het ferrifosfaat opgemaakt kunnen worden, maar deze verschillen zijn niet zoo groot, dat ze met zekerheid buiten de foutengrens vallen, aangezien bij deze proeven de planten onderling vrij aanmerkelijk verschilden. Dit zal een gevolg van het slechte jaargetijde geweest zijn. Tot het algemeen resultaat van de proeven doet dit echter niets af.

Het was misschien wel van belang geweest eens na te gaan

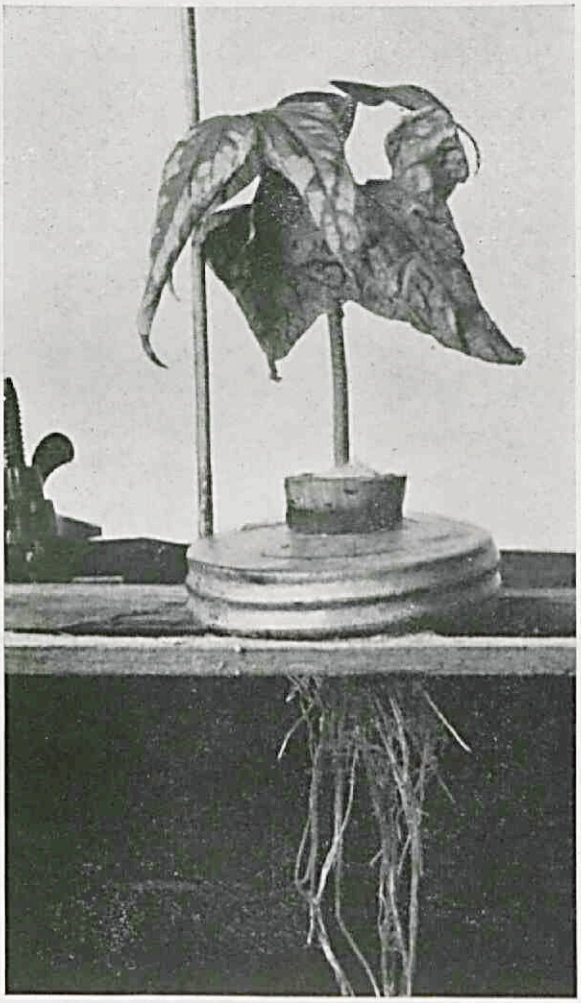


Fig. 1. *Phaseolus vulgaris*
Beschadiging door te hooge concentratie van ammoniumsulfaat
(na 4 weken)

in hoeverre deze schadelijke werking van het ammoniumsulfaat ook tot uiting komt wanneer de concentratie wordt verminderd, maar gebrek aan tijd heeft mij belet de proeven verder in deze richting voort te zetten. Wat betreft de werking van het ammoniumsulfaat op de infectie met Bacterium radicicola komen de uitkomsten van mijn proeven in alle opzichten overeen met wat andere onderzoekers gevonden hebben, n.l. een schadelijke werking op de infectie, die zich uit in een vermindering van het aantal knolletjes. Ook het geheel ontbreken van knolletjes in de series

TABEL XI. *Phaseolus vulgaris.*

Samenstelling v. d. voedingsoplossing	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
KNO_3 + ferro fosfaat	36,30	10,01	4,06	0,85	0	0
$(NH_4)_2SO_4$ + ferro fosfaat	16,81	6,61	1,71	0,61	0	0
KNO_3 + ferri fosfaat	37,65	11,10	4,23	0,91	0	0
$(NH_4)_2SO_4$ + ferri fosfaat	16,66	6,79	1,89	0,67	0	0

De invloed van ferro of ferri zouten op de werking van ammonium sulfaat.

waar alleen zwavelzure ammoniak gebruikt wordt, is in overeenstemming met de resultaten, verkregen door Marchal (1901), Prucha (1915), Wilson (1917), en anderen. Marchal bijv. vindt, dat een concentratie van 1 : 1500 van een ammoniumzout, reeds de knollenvorming in watercultures verhindert. Het ontbreken van de knollen is trouwens ook om andere reden niet te verwonderen. In deze cultures zijn de wortels n.l. zoo sterk beschadigd, dat het niet waarschijnlijk is dat ze, zelfs indien infectie had plaats gehad, tot de vorming van knolletjes in staat zouden zijn.

De invloed van nitrieten

De geheele hierboven uiteengezette opvatting over de werking van de reactie en de zure bemesting in verband met de bodemziekten is alleen geldig, indien de opvatting van Hudig en Meyer omtrent het ontstaan hiervan juist is. Is echter de opvatting van Aberson juist, dan gaat de redeneering niet op; maar het verschil in gevoeligheid voor haverziekte tusschen haver en Leguminosen moet dan overeenstemmen met die voor nitrieten. Is n.l. de haver gevoeliger dan de erwt, dan zou dit een bewijs kunnen zijn ten gunste van Aberson's opvatting. Hudig en Meyer (1919) hebben in een van hun publicaties vermeld, dat haver gekweekt kan worden in watercultures, waarin alle nitraat door nitriet vervangen is. Het resultaat hiervan is, dat alleen het wortelgestel wordt aangetast, maar de bovengrondsche deelen geen noemenswaardige beschadigingen ondervinden en dat in ieder geval niet de typische symptomen van de Veenkoloniale haverziekte optreden.

TABEL XII

	KNO_3	$NaNO_2$	$MgSO_4$	$CaSO_4$	$Ca_3(PO_4)_2$	$Fe_3(PO_4)_2$	HO_2
oplossing A (controle)	1,0	—	0,5	0,5	0,25	0,25	1000
oplossing B	0,85	0,15	0,5	0,5	0,25	0,25	1000
oplossing C	0.7	0,3	0,5	0,5	0,25	0,25	1000
oplossing D	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	1000

Samenstelling der nitrietoplossingen.

Om nu den invloed van nitrieten op de erwt en de boon na te gaan, heb ik een aantal watercultures aangezet met de oplossing van van den Crone, waarin echter het nitraat in meer of mindere mate door $NaNO_2$ vervangen is.

De oplossingen hadden een samenstelling, zooals in tabel XII

TABEL XIII. *Pisum sativum*

	Spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
oplossing A controle	31,0	17,25	2,96	1,01	180	15
oplossing B 0,15 ‰ $NaNO_2$	26,55	12,57	2,08	0,77	10	4
oplossing C 0,30 ‰ $NaNO_2$	7,23	5,61	0,98	0,38	0	0
oplossing D 0,50 ‰ $NaNO_2$	1,83	3,62	0,57	0,30	0	0

De invloed van $NaNO_2$.

TABEL XIV. *Phaseolus vulgaris*

	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
oplossing A contrôle	36,30	10,10	4,06	0,91	0	23
oplossing B 0,15 ‰ $NaNO_2$	32,12	7,98	3,36	0,73	0	18
oplossing C 0,30 ‰ $NaNO_2$	25,32	6,36	3,14	0,61	0	8
oplossing D 0,50 ‰ $NaNO_2$	16,67	6,30	2,98	0,59	0	9

De invloed van $NaNO_2$.

is aangegeven. Als proefplanten werden weer alleen Pisum en Phaseolus gebruikt. Van iedere oplossing waren steeds 4 potten aanwezig. Het uitzaaien geschiedde op 6 Juli en op 14 Juli waren de planten zoover gekiemd, dat ze in de oplossingen overgebracht konden worden. De cultuur duurde 6 weken en de oogst had plaats op 28 Augustus. De gewichten vindt men in tabel XIII en XIV.

Reeds zeer spoedig is de invloed van het nitriet te bemerken. Na ongeveer 4 dagen zijn bij alle planten met nitriet de wortels geel gekleurd en sterk gezwollen. Het duidelijkst is dit natuurlijk bij de hoogste concentraties. Hier gaat het tevens gepaard met een hevige verslijming. De bovengrondsche deelen hebben bij Phaseolus weinig geleden. Alleen bij de hoogste nitrietconcentratie is de groei merkbaar gestoord. Bij Pisum daarentegen is de groei van den stengel in alle nitrietseries verminderd. Bij de hoogere concentraties neemt het blad een eigenaardige blauwgrijze kleur aan en enkele planten zijn reeds verwelkt. Na 3 weken is dit bij alle erwten in de twee hoogste nitrietconcentraties het geval, zoodat ze toen reeds geoogst moesten worden. Bij Phaseolus is de beschadiging niet zoo sterk. De planten blijven, hoewel uiterst zwak, toch allen in leven. Ook ontstaan steeds nieuwe wortels, die wit en normaal gevormd zijn. Nauwelijks hebben ze echter de vloeistof bereikt, of ze zwellen op en kleuren zich zwavelgeel, waarna ze sterk verslijmen en tenslotte ook afsterven. Alleen in de geringste nitrietconcentratie is dit niet het geval. Hier zien we alleen de gele verkleuring en het opzwellen. Wel is de lengtegroei sterk vertraagd, maar de wortels blijven gedurende de geheele cultuurperiode in leven.

Plaat VI, fig. 1 en 2 geeft de verschillen tusschen de hoogste nitrietconcentratie en de contrôleplanten weer, na ± 3 weken. Uit de tabellen blijkt duidelijk, hoe gevoelig beide planten voor het nitriet zijn en al is de boon wel resistenter dan de erwt, toch valt het verschil met de opgave van Hudig (1919) voor *Avena* direct op. Dit verschil was zoo groot, dat ik eerst meende, dat hier door bijzondere omstandigheden nog een extra beschadiging bijgekomen was. Om dit te controleeren, heb ik met haver de proef nagedaan en wel met een gewone oplossing van van den Crone als contrôle en met de hoogste nitrietconcentratie, die ik bij Pisum en Phaseolus gebruikte.

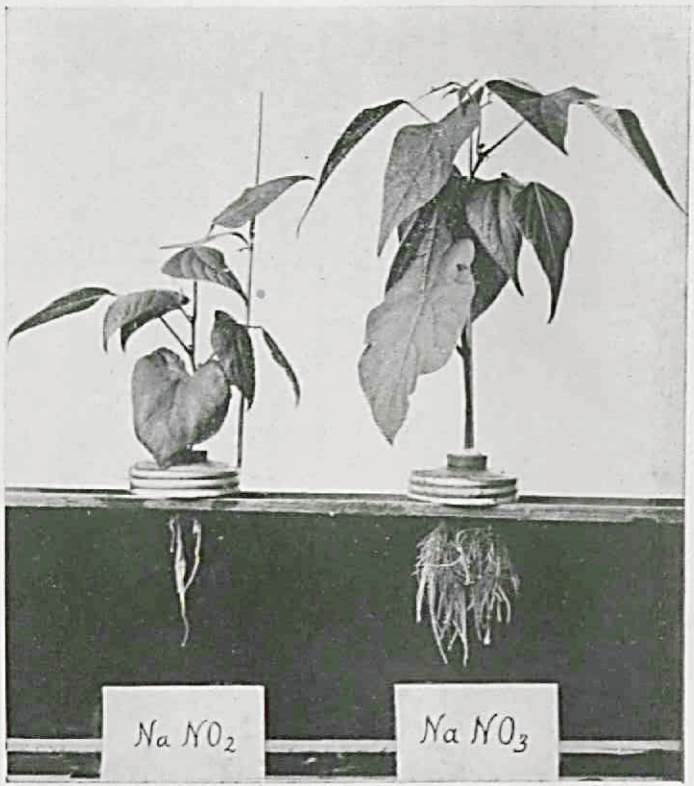


Fig. 2. *Pisum sativum*

De invloed van nitriet
(na 3 weken)

links 0,5 ‰ $NaNO_2$
rechts contrôle.

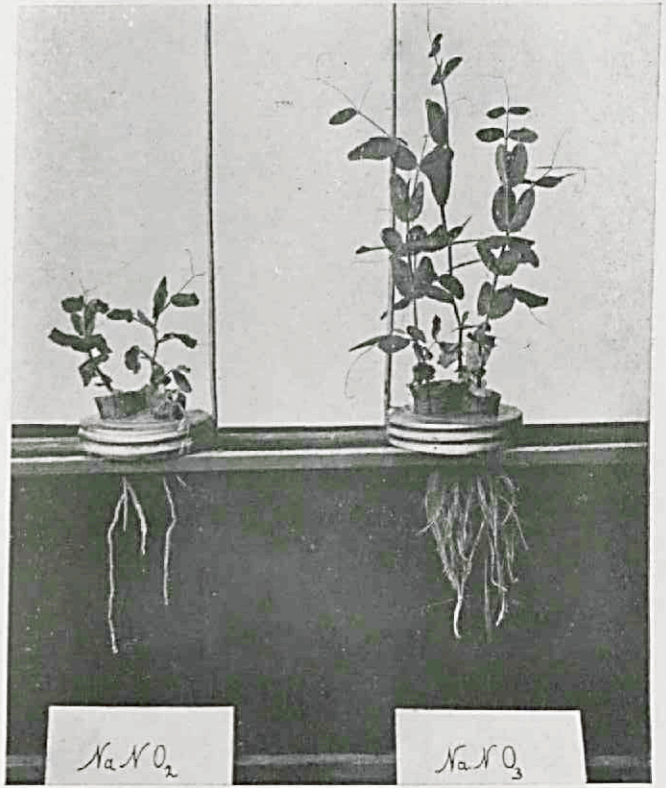


Fig. 1. *Phaseolus vulgaris*

De invloed van nitriet
(na 3 weken)

links 0,5 ‰ $NaNO_2$
rechts contrôle.

De uitkomst hiervan is weergegeven in tabel XV. Het verschil tusschen Avena en de beide andere planten blijkt werkelijk zoo groot te zijn als ik eerst vermoedde, hoewel de uitkomst voor Avena niet zoo gunstig is, als Hudig opgeeft. (Zie plaat VII, fig. 1). Bij een nitrietconcentratie van 0,05 % bijv. is het drooggewicht van Avena ongeveer 83 % van dat uit de contrôlecultuur, terwijl de boon in hetzelfde geval slechts 44 % geeft en de erwt het zelfs niet verder brengt dan 7 %. Dit verschil in gevoeligheid is trouwens ook reeds door Schultz (1903) gevonden, die ook een gelijkluidende beschrijving van de beschadiging geeft. Ook

TABEL XV. *Avena sativa*

	spruit versch	wortel versch	spruit droog	wortel droog	aantal aren
	gram	gram	gram	gram	
oplossing A contrôle	17,8	7,7	2,70	0,62	6
oplossing D 0,5 ‰ $NaNO_2$	14,7	4,0	2,57	0,47	6

De invloed van $NaNO_2$.

Birner en Lucanus (1886) en Molisch (1887) hebben bij andere planten een dergelijk resultaat bereikt. Het verschil in gevoeligheid van wortel en spruit is ook door Kellner (1910) en Schultz (1903) gevonden. Hierin zit tevens een groot verschil tusschen de werking van ammoniumsulfaat en nitriet. Dit laatste tast vooral de wortel aan, terwijl de stengel gedurende de eerste week bijna geen schade ondervindt. Bij ammoniumsulfaat vinden we juist het omgekeerde. Hier is de spruit het eerst in de ontwikkeling gestoord. Op plaat VII, fig. 2 zijn twee Phaseolusplanten weergegeven; de eene met zwavelzure ammoniak gevoed en de andere met nitriet. Beide planten zijn een week oud. Het verschil is hier zeer demonstratief.

Wat betreft de Veenkoloniale haverziekte, blijkt de gevoeligheid hiervoor juist tegengesteld te zijn aan die voor nitriet. Dat

deze stof nu de oorzaak van de ziekte zou zijn is hierdoor al heel onwaarschijnlijk en mijns inziens zijn bovenbeschreven proeven met die van Hudig een bewijs te meer, dat de theorie van Aberson verworpen moet worden en dat die van Hudig en Meyer de meest waarschijnlijke is.



Fig. 1. *Avena sativa*

De invloed van nitriet
(na 6 weken)

links 0,5‰ nitriet
rechts contrôle.

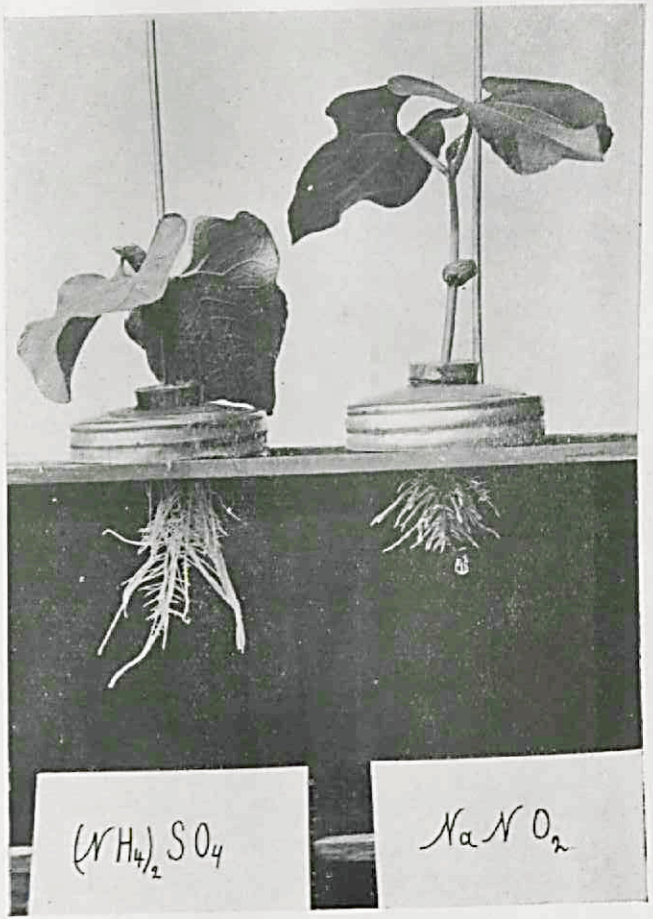


Fig. 2. *Phaseolus vulgaris*

Vergelijking tusschen de beschadiging door ammoniumsulfaat en nitriet
(na 1 week)

HOOFDSTUK IV

DE INVLOED VAN MANGAANSULFAAT, KOPERSULFAAT EN BOORZUUR

§ 1. *Literatuuroverzicht*

Sinds de onderzoekingen van Hudig en Meyer (1912—1922) is het gebruik van mangaansulfaat en kopersulfaat als „bodemgeneesmiddelen" in Nederland sterk toegenomen. Gezien de groote giftigheid van deze stoffen voor de plant, wanneer ze ondoelmatig, of in te groote hoeveelheden tegelijk worden toegediend, is het niet onwaarschijnlijk, dat zich wel eens gevallen zullen voordoen, waarin een slechte oogst meer te wijten is aan deze „geneesmiddelen", dan aan de ziekten zelf. Om zulke gevallen te herkennen is het mijns inziens gewenscht na te gaan, of er bijzondere symptomen zijn, die voor een beschadiging, door een van deze twee stoffen veroorzaakt, kenmerkend zijn. Trouwens ook over de physiologische werking op de plant, n.l. het al of niet stimuleeren, loopen de meeningen nog steeds uiteen. Dat ik ook het borium in dit onderzoek betrokken heb, heeft zijn oorzaak in een publicatie van Waringtон (1923), die meent, dat dit element voor Leguminosen onmisbaar zou zijn, en tevens uit de afwijkende resultaten die ik zelf bij eenige reeds eerder beschreven proeven heb verkregen (zie hoofdstuk I). Alvorens de proeven zelf te beschrijven, zal ik een kort overzicht geven van de literatuur. Deze is zeer groot, zoodat ik mij hoofdzakelijk tot die onderzoekingen zal beperken, die als watercultures zijn uitgevoerd.

Voor het gemak zal ik de literatuur over de drie elementen Mn, Cu en B afzonderlijk bespreken.

Mangaan

Het onderzoek over den invloed van mangaanverbindingen op planten, is niet jong, doch de oudere onderzoekers gingen meest van een ander standpunt uit dan tegenwoordig. Zij onderzochten of mangaan, wegens de groote chemische verwantschap met ijzer, ook bij de plant dit element zou kunnen vervangen. Reeds Sachs (1865) en Birner en Lucanus (1866) werkten in deze richting, echter zonder resultaat. Pas in het begin der 20ste eeuw heeft het onderzoek over de stimuleerende werking van mangaan de aandacht van vele onderzoekers getrokken.

Aso (1902), die de werking van mangaan in watercultures bestudeerde, vond een chlorotische werking bij tarwe en gerst bij een concentratie van 0,02 % $MnSO_4$, terwijl bij een tienmalige verdunning de chlorose niet optrad, maar integendeel een stimuleerende werking tot uiting kwam. De chlorose voert hij terug op een verhoogde werking van de oxydeerende enzymen.

Loew en Sawa (1903) werkten met erwten, gerst en soyaboonen in watercultures. Bij geringe hoeveelheden mangaansulfaat vertoonden alle planten een versterkte groei, maar later trad chlorose op, waardoor het verschil met de contrôleplanten weer verminderde. Ze meenen eveneens, dat de chlorose een gevolg zou zijn van de sterk verhoogde werking van oxydasen en peroxydasen in de bladen.

Katayama (1906) vindt eveneens een stimuleerende werking van geringe hoeveelheden $MnSO_4$, terwijl grootere hoeveelheden de groei vertragen.

Salomone (1907) heeft een stuk gepubliceerd, waarin hij zeer uitvoerige proeven beschrijft over de werking van mangaan. Hij werkt echter hoofdzakelijk met veldproeven. Bij geringe mangaangaven vindt hij een lichtere bladkleur, maar wanneer de hoeveelheid mangaan grooter is dan 50 K.G. per H.A., treedt een hevige beschadiging op, die de planten doen afsterven. Ook voor boonen vindt hij een dergelijke werking, alleen zijn deze minder gevoelig. Helaas geeft hij geen duidelijke beschrijving van de verschijnselen, die zich bij het afsterven voordoen.

Bernardini (1910) ontkent de directe stimulatie door mangaanverbindingen, maar meent, dat de verhoogde groei een gevolg is van de werking van het Mn op de grond zelf en op de bodem-micro-organismen.

Miss Brenchley (1910) daarentegen, vindt bij haar watercultures van erwten en gerst een duidelijke, stimuleerende werking. Er deed zich hier nog een ander merkwaardig verschijnsel voor, n.l. een verlenging van de vegetatieve groeiperiode ten gevolge van mangaansulfaat. Bij te hooge Mn-gaven (grooter dan 1/100000) vindt ze een schadelijke werking, die zich niet uit in een chlorose, maar in een groot aantal kleine bruine vlekjes, die zich op de bladen en stengels voordoen. Ook de wortels verkleuren bruin, terwijl de worteltoppen afsterven.

Kelley (1910) is de eerste, die het verband vindt tusschen de chlorose van ananasplanten op Hawaï en het groote gehalte van den bodem aan mangaan. Hij werkt alleen met veld- en potproeven. Uit microscopisch onderzoek besluit hij, dat de werking van het mangaan bestaat uit een afbreken van het chlorophyl en dat het eveneens giftig op het protoplasma en de kernen heeft gewerkt. Uit aschanalyses blijkt verder, dat veel Mn is opgenomen evenals een vermeerdering van het Ca-gehalte, terwijl de absorptie van fosfor en magnesium sterk verminderd is.

Leidreiter (1910) geeft een zeer uitvoerige publicatie over de werking van mangaan op verschillende cultuurplanten. Hij werkt met haver, *Sinapis*, bieten, *Vicia faba* en *Phaseolus*. Bij geringe hoeveelheden vindt hij een opvallend donkergroene bladkleur en een stimulatie, waarvan de grootte afhangt van den gebruikten bodem. Proeven om deze stimulatie in watercultuur aan te toonen mislukten door de te groote variatie van de proefplanten. Voor haver vindt hij bij 0,025 gr. p. L. reeds een schadelijke werking, die zich bij hooger concentraties nog veel duidelijker voordoet. De wortels zijn over het algemeen gevoeliger dan de stengels, vooral bij de boonen is dit het geval. De beschadiging beschrijft hij als een groot aantal bruine vlekken op de bladen, die bij microscopisch onderzoek onder de epidermis blijken gevormd te worden. Hij veronderstelt dat het ophoopingen van bruinsteen zijn, maar voert hiervoor geen verder bewijs aan. Aan het einde gaat hij nog de verdeeling van het mangaan over de planten na.

De bladen bevatten het meest Mn, daarna de zaden. De stengels zijn bijna steeds vrij van dit element.

Pfeiffer en Blanck (1912) vinden bij hun proeven met haver een schadelijke werking van grootere hoeveelheden mangaan, die zich weer geheel anders uit dan de vorige onderzoekers beschreven. Hier vinden ze noch een chlorose, noch een vorming van bruine vlekken, maar een uitdrogen van de bladranden, waarna deze aan den top ineenrollen. Op het blad vertoonen zich verder kleine witte vlekken. Een stimulatie konden ze door de groote variabiliteit in de cultuur niet aantoonen en ze wijzen er dan ook op, dat zooiets alleen bewezen wordt indien men over een vrij groot aantal planten beschikt, die onderling niet sterk wisselen in grootte.

Mc Cool (1913) werkt met zuivere oplossingen van mangaanzouten en vindt dat deze buitengewoon giftig zijn. De giftige werking wordt door voedingszouten opgeheven. De schadelijke werking uit zich in de eerste plaats in een chlorose. In donker is mangaan minder giftig dan bij aanwezigheid van zonlicht. Calcium-, magnesium- en natriumzouten werken allen genezend.

Skinner en Sullivan (1914) daarentegen vinden een uitgesproken stimuleerende werking, mits geringe hoeveelheden worden gebruikt. De schadelijke werking van groote hoeveelheden daarentegen berust, volgens hen, op een te sterke stimulatie van bodembacteriën, waardoor het biochemisch evenwicht verbroken wordt. Later (1916) komen ze nog tot de overtuiging, dat een stimulatie alleen optreedt, indien de bodem met kalk bemest wordt.

In een korte publicatie over den invloed van mangaansulfaat vinden Hudig en Meyer (1915) geen duidelijke werking. Zij wijten dit aan een te klein aantal contrôlevakken bij hun veldproeven en een te gering aantal planten bij de watercultures.

Volgens Hiltner en Korff (1917) is de werking van mangaan in hoofdzaak afhankelijk van de grondsoort. Vooral op veengrond zou het zeer gunstig werken.

Deatrick (1919) beschrijft watercultures met mangaansulfaat. Bij lage concentraties vindt hij een goed merkbare vermeerdering van den opbrengst, maar bij hooge concentraties werkt het schadelijk, hetgeen zich voornamelijk uit in een bruinkleuring van de wortels en een verbleeken van het bladgroen.

Johnson (1924) publiceert een onderzoek over de chlorose van ananas in Hawaï. De oorzaak is een te hoog mangaangehalte van den bodem. Merkwaardig is, dat de bodem zuur reageert en bijna geen kalk bevat. Hierdoor is een kalkchlorose uitgesloten. Hij neemt veel proeven met watercultures van rijst. De giftige werking van hooge Mn-concentratie berust vrijwel alleen op een uitvlokken van het ijzer. Hierdoor ontstaat de chlorose. Sproeien met ijzersulfaat geeft dan ook zeer goede resultaten. Van een stimulatie door mangaanzouten kan de schrijver niets bemerken. De werking van het mangaan verklaart hij uit het vermogen van mangaandioxyd om ijzer als ferrizout in den bodem te houden. Ferrizouten worden nu veel sneller uitgevlokt dan ferrozouten. De eersten n.l. reeds bij Ph 4,5, de laatsten pas bij Ph 7,8, zooals hij uit een titratie kromme meent te kunnen aantoonen.

Koper

Literatuur over speciale beschadigingen door kopersulfaat is er niet; daarvoor is deze stof nog te kort als bodemgeneesmiddel in gebruik en van nature bevat een bodem nooit zooveel, dat er een schade door veroorzaakt wordt, iets wat bij mangaan wel het geval is. De meeste literatuur over dit onderwerp handelt over een al of niet stimuleerende werking van het kopersulfaat. Wel is er een vrij groot aantal publicaties verschenen over de schade, veroorzaakt door een bespuiting met Bordeausche pap en dergelijke middelen, maar deze berusten voor een groot deel op geheel andere werkingen, zoodat ze hier onbesproken kunnen blijven. De meeste literatuur over de werking van koperzouten is vrij oud, hetgeen zijn oorzaak wel zal hebben in het feit, dat de onderzoekers vrijwel allen tot gelijke resultaten zijn gekomen en dus een nader onderzoek overbodig was. Het is dan ook de bedoeling van dit onderzoek, na te gaan, in hoeverre er symptomen zijn, die voor een koperbeschadiging kenmerkend zijn, aangezien bij de stimulatieproeven de afstervingsverschijnselen meestal slecht beschreven zijn.

Reeds in 1893 ontdekte Otto (1893) de bijzondere gevoeligheid van hoogere planten voor koperzouten, vooral wanneer geen andere ionen in de oplossing aanwezig waren. Het in koperen vaten gedestilleerde water veroorzaakte reeds hevige storingen, vooral in de wortelgroei. Deze storingen werden geheel opgeheven door

sporen van voedingszouten aan het water toe te voegen of door leidingwater te gebruiken.

Eenige jaren later publiceert Coupin (1898) een aantal proeven met tarwe-kiemplanten in watercultures met verschillende koperzouten. Hij bepaalt voor ieder zout het z.g. „toxisch aequivalent", d.i. die hoeveelheid van het zout per 100 c.c. water, die de planten nog doet afsterven. Deze getallen zijn vrijwel allen even groot. Hieruit maakt hij op, dat alle zouten even giftig zijn en dus hun gifwerking alleen aan het koper te danken hebben.

Kahlenberg en True (1896) vinden bij hun watercultures van *Lupinus albus,* dat reeds 1/25,600 gram mol. doodelijk werkt op het wortelgestel, terwijl een concentratie van 1/51,200 gram mol. nog juist geen beschadiging veroorzaakt.

Deze proeven zijn later nog uitgebreid door Copeland en Kahlenberg (1900). Ze werken met cultuurglazen, die inwendig geparaffineerd zijn om uittreden van ionen uit het glas te voorkomen. Hun resultaten komen met die van alle vroegere onderzoekers overeen. Ze bevestigen n.l. de bijzonder giftige werking van sporen van koper, arseen, zink enz.

Kanda (1904) publiceert een groot aantal uiterst nauwkeurige proeven over den invloed van koperzouten. Hij werkt met erwt, boekweit en *Vicia faba.* De koperoplossingen bevatten geen voedingszouten, zoodat de planten alleen op de reservestoffen moesten leven. Hij vindt, dat bij een concentratie van 0,000,000,0249 % nog geen stimulatie is waar te nemen.

Ook Jensen (1907) komt tot de overtuiging, dat koperzouten niet stimuleerend werken, tenminste niet in water- en zandcultures. Ook geeft hij cijfers omtrent het verschil in giftige werking in zand en watercultures. Het kopersulfaat bijv. is in watercultuur ongeveer 10 × zoo giftig als in zandcultuur, terwijl in grond de giftige werking nog sterker vermindert. Dit laatste verklaart hij door chemische ontleding, die in den bodem plaats vindt.

Zeer uitvoerige en nauwkeurige proeven over de werking van koperzouten in watercultures zijn die van Brenchley (1910). Ze komt evenals de vorige onderzoekers tot de conclusie, dat onder deze omstandigheden koperzouten niet stimuleerend werken. Bij een concentratie van kopersulfaat van 1 ; 1.000.000 is nog duidelijk een beschadiging waar te nemen. Ook geeft ze nog

cijfers omtrent de werking van koperzouten bij afwezigheid van voedingszouten en vindt dan evenals K a n d a een nog heviger werking.

Uit al deze onderzoekingen blijkt, hoe buitengewoon giftig dit metaal voor de planten is. Helaas zijn de verschijnselen van het afsterven steeds slecht beschreven, hoewel men uit de meeste onderzoekingen moet opmaken, dat de wortels het eerste aangetast worden en dat de spruit zonder bijzondere symptomen te gronde gaat.

B o r i u m

Omtrent de werking van boriumzouten of boorzuur op hoogere planten moet ik, in verband met de later te beschrijven proeven, in de eerste plaats noemen het werk van K a t h. W a r i n g t o n (1923), die in 1923 een onderzoek publiceert, waarin zij tot de merkwaardige conclusie komt, dat bij Vicia faba voor een normale ontwikkeling, sporen van borium onontbeerlijk zijn. Bij een volkomen afwezigheid van borium treden zeer kenmerkende afwijkingen op. De eindknop droogt uit, terwijl juist onder deze knop de stengel donkerbruine tot zwarte strepen vertoont. De okselknoppen van de onderste bladen loopen hierna uit, maar na eenigen tijd vertoonen deze jonge spruiten hetzelfde verschijnsel. Ook in de wortelontwikkeling vindt ze verschillen. De meest gunstige boorzuur-concentratie is ongeveer 1/50.000. Aan het einde van de publicatie vermeldt ze nog, dat een dergelijke werking waarschijnlijk ook geldt voor boonen en erwten, maar de resultaten zijn hier niet zoo duidelijk.

Verdere publicaties over een dergelijke werking zijn er voorloopig nog niet verschenen, behalve een van B r e n c h l e y en T h o r n t o n (1925) over de werking van borium, op de vorming van bacterieknolletjes bij Vicia faba. De meeste andere publicaties handelen over de al of niet stimuleerende werking van borium. Daar deze voor de volgende proeven niet van zoo groot belang zijn, zal ik ze slechts heel in het kort bespreken.

H o t t e r (1890) heeft zeer uitvoerige proeven gedaan over de werking van borium op mais en erwt in watercultuur. Hij concludeert dat borium niet als een algemeen gif werkt, maar plaatselijk het chlorophyl verstoort en daar gele plekken doet ontstaan.

Groote boriumgaven vernietigen ook de wortelgroei. De erwt blijkt minder resistent tegen deze stof dan mais. Boorzuur werkt giftiger dan zouten ervan.

Nakamura (1904) komt tot de overtuiging, dat sporen borium stimuleerend werken. Hij gebruikt in grondcultures 1 mgr. boorzuur op 1 K.G. grond. Dit werkt zeer gunstig, terwijl 10 mgr. op 1 K.G. reeds de opbrengst tot 60 % vermindert.

Nog duidelijker blijkt deze werking bij de proeven van Agulhon (1910). Hij vindt bij zijn watercultures van tarwe, dat 0,5—10 mgr. borium per Liter een verhooging van het drooggewicht geeft. Ook bij pot- en veldproeven vindt hij eenzelfde gunstige werking.

Haselhoff (1913) komt, wat de uitwendige beschadiging betreft, tot dezelfde resultaten als Hotter, n.l. een vorming van lichte droge bladvlekken. Wat betreft de stimuleerende werking, deze was slechts in enkele gevallen aan te toonen en dan bij concentraties, die veel geringer waren dan die, waarbij Agulhon deze werking constateerde.

Brenchley (1914) daarentegen meent, dat borium een zeer duidelijke stimuleerende werking op erwten en tarwe uitoefent. Ze werkt met zeer zuivere watercultures en met zuivere lijnen van de proefplanten, aangezien volgens haar de groote variabiliteit een van de oorzaken is waardoor andere onderzoekers geen stimulatie vonden.

De laatste jaren zijn in Amerika een aantal onderzoekingen over de werking van borium verricht en wel van zuiver phytopathologisch standpunt bezien. Er bleek n.l. in vele Amerikaansche kalimeststoffen een vrij groot gehalte aan borium voor te komen, waardoor belangrijke schade aan verschillende cultuurgewassen werd aangericht. Ook werd borax gebruikt om vliegenlarven in paardemest te dooden. Werd zulke stalmest later op het land gebracht, dan bleken er verschillende ziekten op te treden.

Cook en Wilson (1916/17/18) zijn de eersten, die mededeelingen doen over een dergelijke boriumbeschadiging. Uit hun proeven blijkt duidelijk de schadelijke werking indien een te groote dosis voor het ontsmetten van stalmest wordt gebruikt.

Wat betreft de werking in kunstmest hebben een aantal Amerikaansche onderzoekers uitgemaakt, dat de oorzaak gelegen is in

het gebruik van onzuivere kalizouten uit Searles Lake in Californië. Plummer en Wolf (1920), Blair en Brown (1921), Skinner en Allison (1923) en Neller en Morse (1921) hebben allen de werking van deze boriumhoudende zouten nagegaan en zijn allen tot vrij overeenstemmende resultaten gekomen.

Voor mais beschrijven ze de werking als een gele verkleuring gepaard gaande met indrogen van de bladtoppen. Voor tabak, boonen en katoen schijnt de beschadiging gelijk te zijn. De bladen zijn minder groen dan de normale en vertoonen aan de randen droge bruine vlekken. Bij hevige beschadiging wordt het geheele blad lichtgeel en verdroogt dan zeer snel. Zulke beschadigingen stemmen geheel overeen met die, welke door oudere onderzoekers als Haselhoff (1913) en Brenchley (1914) bij watercultures gevonden werden.

In de volgende proeven heb ik, behalve de opvatting van Warington, ook de beschadiging door borium nagegaan, om te zien in hoeverre deze voor de Leguminosen overeenkomt met de mededeelingen van de Amerikanen, al zal in ons land, waar alleen Duitsche kalimest gebruikt wordt, een schade in de practijk wel uitgesloten zijn.

§ 2. *Eigen onderzoek*

Mangaan

Om de werking van mangaansulfaat na te gaan, heb ik een aantal proeven aangezet met verschillende concentraties van $MnSO_4$. Als voedingsbodem gebruikte ik die van van den Crone. De verschillende bodems bevatten 5—10—25—50 en 150 m.gr. $MnSO_4$ per Liter. Als proefplant gebruikte ik Pisum sativum, terwijl bij de drie hoogste concentraties, waar het te doen was om een typische beschadiging te vinden, ook Phaseolus gebruikt werd. Er waren van iedere plantensoort voor iedere concentratie 5 contrôlepotten. De twee laagste concentraties dienden om een eventueele stimulatie na te gaan. Uit het onderzoek van anderen is gebleken, dat zooiets alleen mogelijk is, wanneer men over een vrij groot aantal planten beschikt en deze op zichzelf niet sterk varieeren. Dit nu is bij Pisum het geval, terwijl Phaseolus de

TABEL XVI. *Pisum sativum*

Hoeveelheid $MnSO_4$ per Liter	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
0 m. gram	43,34	30,14	6,84	2,25	245	10
5 m. gram	46,02	32,71	7,16	2,51	239	12
10 m. gram	49,50	34,04	8,10	2,62	263	10
25 m. gram	40,00	29,71	6,43	2,24	240	11
50 m. gram	34,13	24,15	5,52	1,68	46	0
150 m. gram	26,81	20,01	4,85	1,33	31	0

Invloed van Mangaan sulfaat.

TABEL XVII. *Phaseolus vulgaris*

Hoeveelheid $MnSO_4$ per Liter	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
0 m. gram	52,45	29,19	9,25	2,50	0	15
25 m. gram	50,74	28,93	9,01	2,54	0	17
25 m. gram	33,31	14,24	6,62	1,85	0	3
150 m. gram	21,60	11,90	5,51	1,22	0	1

Invloed van Mangaan sulfaat.

variatie te groot is en bovendien niet genoeg planten gebruikt konden worden. De voor deze proeven gebruikte potten werden alle inwendig geparaffineerd. Ook werden hier alleen gezuiverde chemicaliën en gedestilleerd water gebezigd.

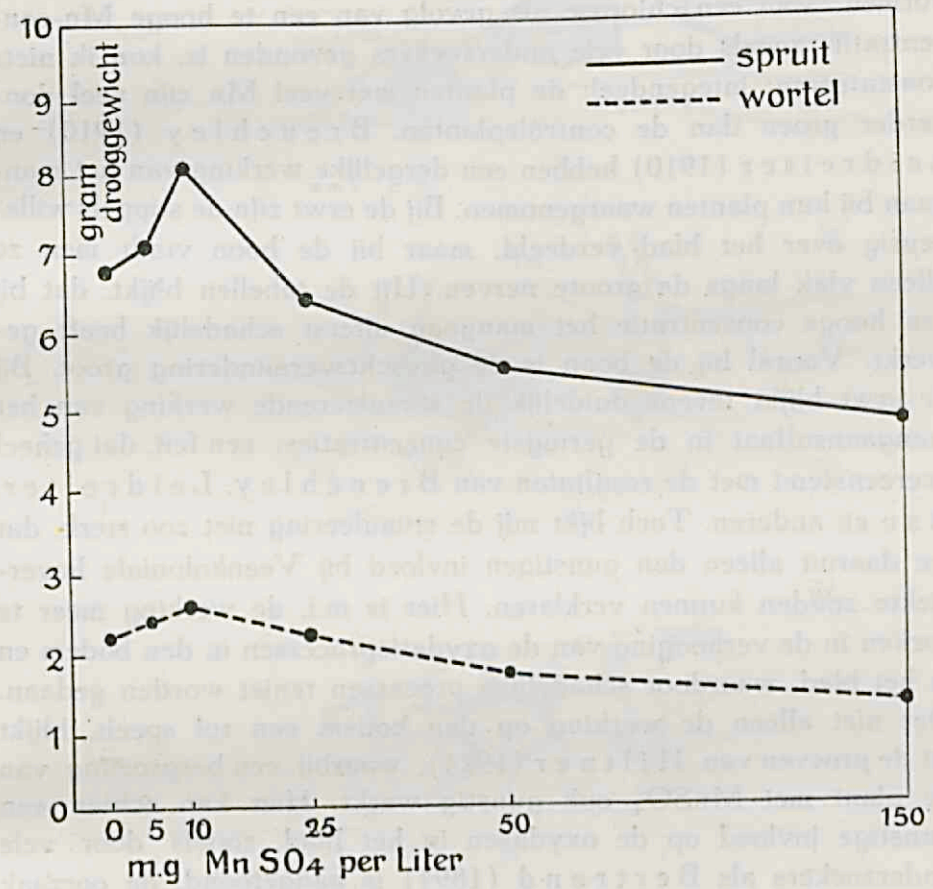


Fig. 4. *Pisum sativum*

De invloed van verschillende concentraties van Mangaansulfaat.

horiz. de $MnSO_4$ conc.
vertic. de drooggewichten in gram.

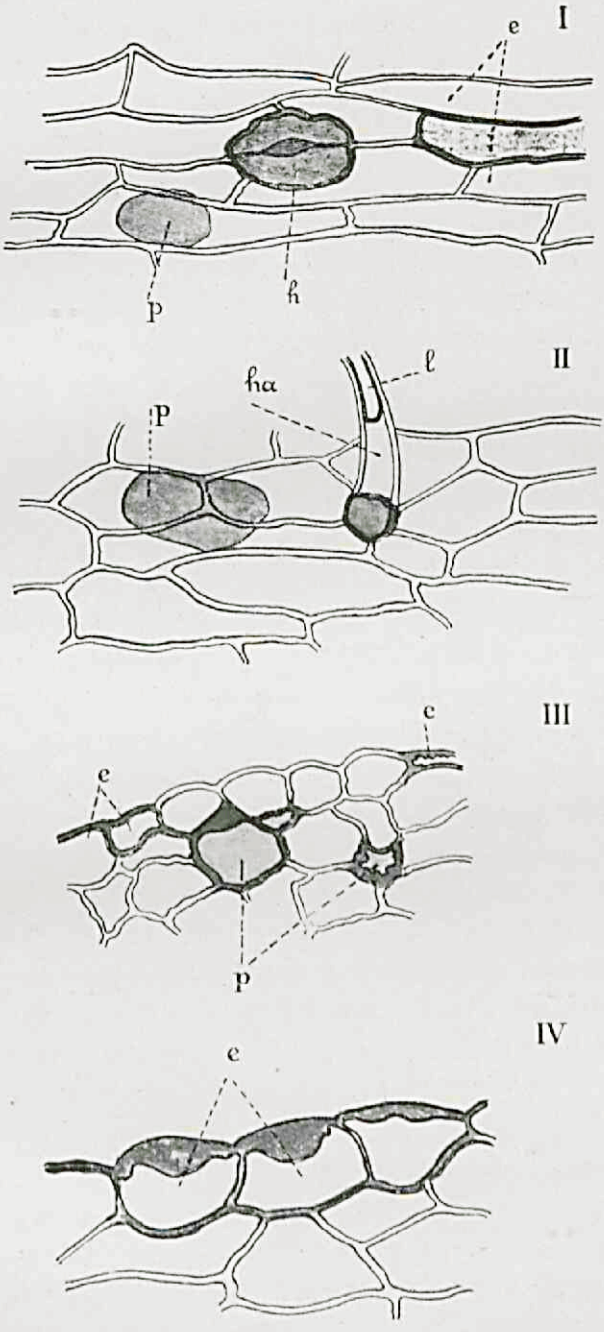
De zaden werden op 5 Augustus uitgezaaid en na 6 dagen werden de kiemplantjes op de verschillende oplossingen overgebracht. De oogst had plaats op 30 September. De uitkomsten vindt men in tabel XVI en XVII. Gedurende de eerste week is de groei vrijwel overal gelijk, behalve in de hoogste Mn-concentraties. Hier

zijn de wortels donkerbruin gekleurd en is de groei iets geringer dan in de overige oplossingen. Na ± 3 weken zijn op de bladen en stengels van de planten in de drie hoogste Mn-concentraties, zoowel bij erwt als bij boon, een aantal bruine stippels waar te nemen. Hoe hooger de Mn-concentratie, hoe meer stippels zich vormen. Van een chlorose als gevolg van een te hooge Mn-concentratie, zooals door vele onderzoekers gevonden is, kon ik niets constateeren; integendeel: de planten met veel Mn zijn veel donkerder groen dan de contrôleplanten. Brenchley (1910) en Leidreiter (1910) hebben een dergelijke werking van het mangaan bij hun planten waargenomen. Bij de erwt zijn de stippels willekeurig over het blad verdeeld, maar bij de boon vindt men ze alleen vlak langs de groote nerven. Uit de tabellen blijkt, dat bij een hooge concentratie het mangaan uiterst schadelijk heeft gewerkt. Vooral bij de boon is de gewichtsvermindering groot. Bij de erwt blijkt tevens duidelijk de stimuleerende werking van het mangaansulfaat in de geringste concentraties; een feit, dat geheel overeenstemt met de resultaten van Brenchley, Leidreiter, Aso en anderen. Toch lijkt mij de stimuleering niet zoo sterk, dat we daaruit alleen den gunstigen invloed bij Veenkoloniale haverziekte zouden kunnen verklaren. Hier is m.i. de werking meer te zoeken in de verhooging van de oxydatieprocessen in den bodem en in het blad, waardoor schadelijke processen teniet worden gedaan. Dat niet alleen de werking op den bodem een rol speelt, blijkt uit de proeven van Hiltner (1924), waarbij een besproeiïng van de plant met $MnSO_4$ ook gunstig werkt. Hier kan echter een gunstige invloed op de oxydasen in het blad, zooals door vele onderzoekers als Bertrand (1894) is aangetoond, de oorzaak zijn; maar zoolang er niet meer bekend is over de directe oorzaak van deze ziekte, zal ook de werking van het $MnSO_4$ wel niet uit te maken zijn.

Zoowel bij erwt als bij boon blijkt bij de hooge concentraties het wortelgestel sterker aangetast te zijn dan de bovengrondsche deelen. Dat dit zoo is, is ook te zien aan het feit, dat de zichtbare beschadiging bij de wortel veel eerder optreedt dan bij de spruit.

Reeds Leidreiter (1910) heeft in zijn publicatie mededeeling gedaan over het optreden van de bruine plekken op de bladen. Hij vindt bij microscopisch onderzoek, dat de vlekken onder de

PLAAT VIII



Microscopisch beeld van de beschadiging door $MnSO_4$ bij Phaseolus vulgaris
I en II Epidermis preparaten; III en IV dwarsdoorsneden door de bladsteel.
e. epidermiscel, ha haar, p. parenchymcel

epidermis gelegen zijn en meent, dat het waarschijnlijk afzettingen van bruinsteen zijn, al geeft hij hiervoor geen bewijzen.

Ik heb nu een aantal stengels onderzocht van Phaseolusplanten, die gekweekt waren in oplossingen met 150 m.gr. $MnSO_4$. Op plaat VIII fig. 1, 2, 3 en 4 zijn eenige microscopische beelden weergegeven. Fig. 1 en 2 zijn afgescheurde stukjes epidermis van boven gezien. Fig. 3 en 4 zijn dwarsdoorsneden door de bladsteel.

Hieruit blijkt direct, dat de vlekken zoowel in de epidermis als in de eronder gelegen laag optreden. Verder is duidelijk, dat niet de celinhoud, maar de celwand gekleurd is. Soms schijnt de inhoud gekleurd, maar dit is slechts de onderwand van de cel, waar men boven op kijkt. In de epidermispreparaten valt onmiddellijk op, dat slechts heel bepaalde cellen gekleurd zijn, n.l. de sluitcellen en de basale cellen van de haren. Waarschijnlijk wordt de bruine stof bij het verdampen hier neergeslagen. Hiervoor pleit tevens het feit, dat de bruingekleurde parenchymcellen steeds dicht bij de huidmondjes liggen. Soms treft men in een epidermiscel een bruine bol aan (fig. 2). Deze bol is echter slechts de rest van de erondergelegen parenchymcel, die er met het afscheuren aan is blijven hangen.

Om uit te maken of we hier werkelijk te doen hebben met een mangaanverbinding, heb ik op een aantal preparaten een microreactie op mangaan uitgevoerd en wel de reactie van Behrens (1899). De preparaten worden gebracht in een warme oplossing van natriumfosfaat in ammoniak, die met HCl aangezuurd is. Zoo laat men ze eenigen tijd staan in een vochtige kamer met NH_4 damp. Bij aanwezigheid van Mn vormen zich hemimorphe kristallen, die zich na een behandeling met $KMnO_4$ donkerbruin kleuren. Deze reactie is bij mijn preparaten steeds negatief gebleven maar het is heel goed mogelijk, dat ik de micro-chemische techniek niet genoeg meester was, aangezien Molisch (1913) vermeld, dat hij bij *Vallisneria* een groote ophooping van Mn gevonden heeft. Hij schrijft letterlijk: „Einige Wasserpflanzen, wie Vallisneria, speichern auffallenderweise bei Kultur in Manganlösungen bei Gegenwart von Licht, in ihrer Oberhaut Mangan, oft in solcher Menge, dasz die betreffenden Epidermiswände tiefbraun erscheinen".

In hoeverre de in mijn proeven gevonden vlekken uit mangaan-

verbindingen bestaan, zal dus nog nader uitgemaakt moeten worden. Ik zal nu echter overgaan tot de beschrijving van de proeven over de werking van koper.

Koper

Uit het resultaat van andere onderzoekers is gebleken, dat koperzouten in watercultures meestal niet stimuleerend werken. Indien dit het geval is, zijn de concentraties zoo gering, dat de proeven volgens de door mij gebruikte methode niet nauwkeurig genoeg zijn. Daarom heb ik mij bepaald tot het zoeken naar een, voor deze stof kenmerkende, beschadiging, aangezien dit van belang kan zijn bij een overbemesting met $CuSO_4$ op ontginningszieke grond. Hiertoe heb ik een tweetal series watercultures aangezet met de voedingsoplossing van van den Crone, waaraan resp. 2 en 10 m.gr. $CuSO_4$ was toegevoegd. De potten waren weer inwendig geparaffineerd en voor de bereiding van de voedingsbodems werden alleen chemisch zuivere chemicaliën en gedestilleerd water gebruikt. Iedere serie bestond uit 4 potten met erwten en 4 met boonenplanten. Het uitzaaien geschiedde op 30 September. Op 6 October werden de kiemplantjes opgepot. De cultuur duurde ± 8 weken, zoodat de planten 22 November geoogst konden worden. De verschillende droog- en verschgewichten vindt men in tabel XVIII en XIX.

Hieruit blijkt weer, hoe uiterst gevoelig deze planten voor het koper-ion zijn. Ook het verloop der cultuur doet dit duidelijk uitkomen. Reeds drie dagen na het oppotten zijn de planten met 10 m.gr. $CuSO_4$ sterk beschadigd. De wortels verkleuren donkerbruin en vertoonen in het geheel geen diktegroei, zoodat ze op dunne zwartbruine draden gelijken . Toch is de turgor nog niet verdwenen, hetgeen blijkt bij het uit de vloeistof nemen. De zijwortels behouden hun stand t. o. z. van den hoofdwortel en hangen niet slap neer. Ook treedt geen verslijming op. De beschadiging is dus uiterlijk a. h. w. het tegenovergestelde van een nitrietbeschadiging, waar de wortels juist opzwellen, kort blijven en sterk verslijmen, terwijl de kleur lichtgeel wordt.

Bij de lage koperconcentratie is de beschadiging veel minder ernstig. Wel zijn de wortels bruin, maar de kleur is veel lichter en de diktegroei is evenmin gestoord.

De bovengrondsche deelen zijn minder ernstig aangetast dan het wortelgestel, hoewel ook hier de groei gering is. Gedurende de geheele cultuurperiode blijven zelfs de planten, die in de sterk geconcentreerde oplossingen stonden, in leven. De groei is uiterst gering, maar toch ontstaan nog enkele vruchten, die echter maar één of twee zaden bevatten.

TABEL XVIII. *Pisum sativum*

Hoeveelheid $CuSo_4$ per Liter	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
0 m. gram	31,00	17,82	2,96	1,01	365	0
2 m. gram	27,01	15,75	2,51	0,88	106	0
10 m. gram	11,85	5,35	1,08	0,35	12	1

Invloed van Kopersulfaat.

TABEL XIX. *Phaseolus vulgaris*

Hoeveelheid $CuSo_4$ per Liter	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
0 m. gram	45,20	14,26	6,19	1,44	0	11
2 m. gram	41,33	12,16	5,80	1,28	0	8
10 m. gram	25,25	5,50	3,68	0,58	0	9

Invloed van Kopersulfaat.

Van een verschijnsel, dat typisch is voor het $CuSO_4$, is geen sprake. Weliswaar komen de dunne zwartbruine wortels alleen hierbij voor, maar in de praktijk is een wortelkenmerk onbruik-

baar, omdat door de humusstoffen in den bodem de wortels bijna altijd bruingekleurd zijn. Tevens is het wortelgestel na het uitgraven nooit meer in zijn geheel waar te nemen.

Vergelijken we de getallen uit de tabel voor erwt met die uit het stuk van Brenchley, dan valt direct op, dat de beschadiging in mijn proeven lang niet zoo sterk is als bij haar. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk te zoeken in den voedingsbodem. Zij heeft n.l. een bodem gebruikt, waarin alle zouten in opgelosten toestand voorkomen, terwijl zich in de oplossing van van den Crone het onoplosbare ferrofosfaat en tricalciumfosfaat bevinden. Nu is door vele onderzoekers, zooals True en Oglevee (1915) en Breazeale (1906) aangetoond, dat de aanwezigheid van fijnverdeelde vaste stoffen in de oplossing, de werking van een gifstof op de plant sterk vermindert. Het ferrofosfaat en het calciumfosfaat uit de oplossing van van den Crone hebben waarschijnlijk dezelfde werking uitgeoefend als het zand en de koolpoeder in de proeven van True.

Uit het resultaat van deze proeven blijkt:

1e. dat de werking van het $CuSO_4$ bij ontginningsziekte in geen geval is toe te schrijven aan een stimuleering van de planten. Wat dan wel de werking is, valt moeilijk te zeggen. Het kan zoowel een chemische werking op den bodem uitoefenen, als een gunstigen invloed hebben op de microflora en daardoor schadelijke bacterieele omzettingen verhinderen.

2e. Blijkt, dat de $CuSO_4$ in den bodem sterk gebonden of geabsorbeerd moet worden, aangezien anders een hoeveelheid van 50 K.G. per H.A. (de hoeveelheid, aangegeven ter bestrijding van Ontginningsziekte) reeds schadelijk zou moeten werken. Deze hoeveelheid is, vooral in het droge jaargetijde, wel voldoende om in den bodem een $CuSO_4$ concentratie van 1 : 500.000 te doen ontstaan. Zoowel volgens mijn proeven, als volgens die van Brenchley (1904) en Kanda (1910) is een dergelijke concentratie reeds voldoende om de opbrengst te verminderen.

Tenslotte zal ik nu nog enkele proeven beschrijven over de werking van borium.

Borium

Uit de vorige proeven is reeds gebleken, dat er waarschijnlijk

een verschil bestaat tusschen Vicia faba eenerzijds en Phaseolus en Pisum anderzijds, wat betreft de werking van borium. Warington (1923) daarentegen meent voor allen dezelfde werking geconstateerd te hebben. In de volgende proeven heb ik getracht na te gaan, welke van deze twee opvattingen juist is. Voor dit doel heb ik erwten en boonen gekweekt in oplossingen, die boorzuur in verschillende concentraties bevatten en in oplossingen, die volkomen vrij waren van borium. Hiertoe werden wederom inwendig geparaffineerde potten gebruikt en de oplossingen werden samengesteld uit gedestilleerd water en chemisch zuivere chemicaliën. Het paraffineeren was hier bijzonder noodzakelijk, omdat het ruwe glas der cultuurpotten een aanzienlijke hoeveelheid borium bevat. De gereedgemaakte oplossingen werden bewaard in Erlemeierkolven van Jenaglas. Het verdampte water werd natuurlijk ook met gedestilleerd water aangevuld. De verschillende series bevatten 0,5, 15 en 50 m.gr. boorzuur per liter.

Op 21 Mei werden de zaden uitgelegd en na kieming van 2 Juni tot 18 Juli in de verschillende oplossingen verder gekweekt. De resultaten vindt men in tabel XX en XXI.

Na 14 dagen zijn bij de twee oplossingen met de hoogste boriumconcentraties reeds zeer duidelijke beschadigingen opgetreden. Deze beschadiging is volkomen dezelfde als die, welke ik in het eerste hoofdstuk heb vermeld. De bladen vertoonen n.l. aan den rand eerst kleine gele vlekjes, die zich snel uitbreiden en spoedig indrogen. Bij Phaseolus komen langs de bladranden een aantal bruine droge vlekken voor. Bij Pisum ontstaan ze in zoo'n groot aantal, dat ze samenvloeien en een doorloopenden drogen rand om het blad vormen. Tevens is bij de erwt de kleur lichter dan bij de boon. In de hevigste gevallen, d. w. z. bij de hoogste boriumconcentraties, ontstaan deze vlekken ook midden op de bladen. maar dan altijd tusschen de nerven in (zie plaat IX, fig. 1 en 2). Wat betreft de ontwikkeling van de plant, is het onderscheid tusschen de verschillende boriumconcentraties niet groot. Alleen de hoogste concentratie heeft den groei merkbaar beïnvloed. Later treden echter wel verschillen op en bij het oogsten is de toestand als volgt: de planten uit de contrôleoplossing zijn volkomen gezond en van een afwijking door het ontbreken van borium is hier geen sprake. Ze groeien alle normaal door en nergens ziet men

een uitdrogen van de eindknoppen, zooals Warington beschrijft. De planten, die slechts 5 m.gr. boorzuur per Liter ontvingen zijn,

TABEL XX. *Pisum sativum*

Hoeveelheid Boorzuur p. Liter	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
0 m. gram	31,61	16,63	3,58	1,085	281	0
5 m. gram	33,01	16,97	3,62	1,095	270	0
15 m. gram	22,13	14,81	2,41	0,925	192	0
50 m. gram	13,58	9,2	1,62	0,581	120	0

Invloed van Boorzuur.

TABEL XXI. *Phaseolus vulgaris*

Hoeveelheid Boorzuur p. Liter	spruit versch gram	wortel versch gram	spruit droog gram	wortel droog gram	aantal knollen	aantal vruchten
0 m. gram	42,51	13,23	7,03	0,93	0	16
5 m. gram	42,01	12,95	6,98	0,93	0	18
15 m. gram	38,27	12,50	6,37	0,89	0	16
50 m. gram	26,00	9,75	4,92	0,70	0	9

Invloed van Boorzuur.

wat grootte betreft, niet van de contrôleplanten te onderscheiden. Uit de tabellen blijkt echter, dat bij Pisum toch wel degelijk een



Fig. 1. *Pisum sativum*
Beschadiging door Boorzuur.

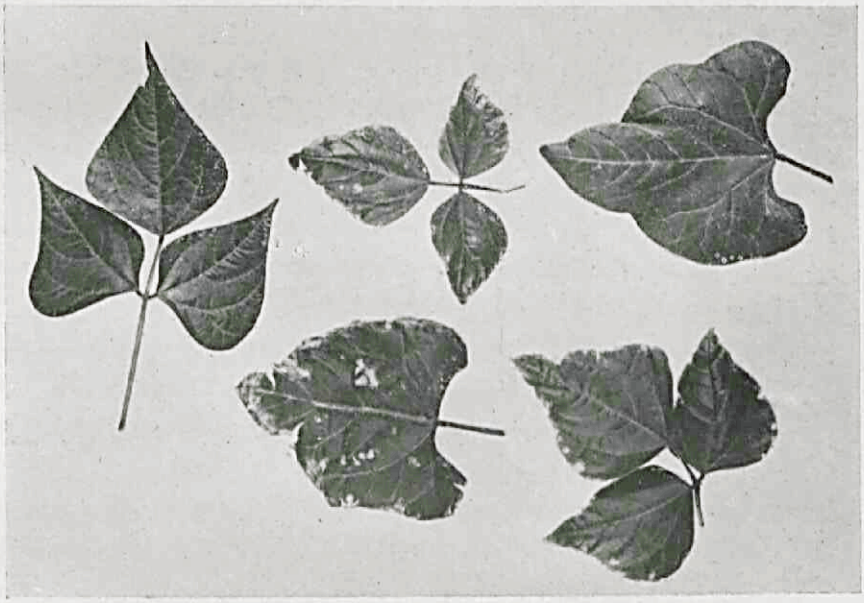


Fig. 2. *Phaseolus vulgaris*
Beschadiging door Boorzuur.

stimuleerende werking van het boorzuur is uitgegaan. Van een schadelijke afwijking is hier dan ook geen sprake; alle bladen zijn gaaf en donkergroen. Bij Phaseolus is de stimulatie niet tot uiting gekomen en tevens is er een begin van beschadiging. De bladen vertoonen hier en daar aan de randen kleine vlekjes, die veel lichter groen gekleurd zijn, maar tot een geelkleuren en uitdrogen komt het niet. Bij het wortelgestel komt nog een bijzondere werking van het borium tot uiting. De wortels zijn n.l. veel langer dan bij de contrôleplanten. Dat het gewicht niet zwaarder is dan bij de laatste, komt, omdat ze veel minder zijwortels vormen en daardoor weer aan gewicht verliezen.

Bij de planten met 15 m.gr. boorzuur is de groei zeer merkbaar gestoord, vooral wat betreft de stengels. Het wortelgestel is weer langer dan bij de contrôleplanten, maar toch korter dan bij die met 5 m.gr. boorzuur. De bladbeschadiging is zeer duidelijk, zoowel bij de erwt als bij de boon. Op verschillende bladen zijn tevens in het midden droge vlekken ontstaan.

Bij de hoogste boorzuurconcentratie zijn de planten zeer ernstig beschadigd. Het wortelgestel is bruin en veel minder krachtig dan bij alle andere series. De beschadiging van het blad is zoo hevig, dat van een aantal planten de onderste bladen geheel verdroogd zijn.

Het schijnt, dat hier vooral de wateropname is verminderd, want alle bladen zijn droger en harder. Uit deze proeven komt het onderscheid met de proeven van W a r i n g t o n duidelijk uit. De beide planten, die toch vrij nauw aan Vicia verwant zijn, gedragen zich tegenover het borium geheel verschillend. Niet alleen kan dit hier gemist worden, maar in een concentratie, die voor Vicia als zeer gunstig wordt opgegeven, werkt het zelfs schadelijk [1]).

De hier gevonden beschadiging komt in alle opzichten overeen met die, welke door de verschillende Amerikaansche onderzoekers in de praktijk gevonden werd bij andere planten. De schadelijke werking van het boorzuur schijnt zich dus bij de meeste planten op dezelfde wijze te uiten.

In een volgende proefserie heb ik gepoogd na te gaan in hoeverre de beschadiging, bij Vicia faba in de Ph-series gevonden,

[1]) Warington geeft n.l. als gunstige concentratie 1 : 75000 op en dit komt ongeveer overeen met 15 m.gr. per L.

toe te schrijven is aan een gemis aan borium en waarom dit dan niet in alle cultures van deze series merkbaar was. Hiertoe heb ik de volgende cultures aangezet:

1. De opl. van Sachs + 1 : 75000 boorzuur bij Ph 6,5.
2. De opl. van Sachs + 1 : 75000 boorzuur bij Ph 8.
3. De opl. van Sachs zonder boorzuur bij Ph 6,5.
4. De opl. van Sachs zonder boorzuur bij Ph 8.

Van iedere oplossing waren 5 contrôlepotten aanwezig. Ik maakte hier gebruik van de oplossing van Sachs, om onder volkomen gelijke omstandigheden te werken als Warington.

De potten waren weer geparaffineerd en de oplossing op dezelfde wijze samengesteld als bij de vorige proeven met boorzuur. De cultuur had gelijktijdig met de vorige proeven plaats. Het constant houden der Ph geschiedde met $^1/_{10}$ N. HCl en $^1/_{10}$ N. NaOH. Na 3 weken treden in de cultures groote verschillen op. Alle planten, die boorzuur ontvingen, zijn normaal doorgegroeid en beginnen te bloeien. Die bij Ph 6,5 zijn veel sterker dan die bij Ph 8, wat weer een bewijs is, dat mijn opvatting omtrent het optimum voor den zuurgraad van den bodem van deze plant juist is. De planten, die geen borium ontvingen, gedragen zich verschillend. Bij Ph 6,5 vertoonen alle dezelfde afwijking, die ik reeds in het hoofdstuk over de zuurgraad beschreef. De eindknop sterft af en de onderste okselknoppen loopen opnieuw uit. Vlak onder den afgestorven top vertoont de stengel enkele zwarte strepen. Deze beschadiging komt geheel overeen met de door Warington beschrevene en de planten hebben ook hetzelfde uiterlijk als die van de afbeeldingen uit haar publicatie. Op plaat X is een dergelijke top van een Viciaplant nog nader afgebeeld. De sterke vertraging van den lengtegroei van den stengel vóór het afsterven, is hier goed te zien. Bij Ph 8 daarentegen, is de beschadiging veel geringer. Slechts drie planten vertoonen de vertraging van den lengtegroei; de overige twee zijn uiterlijk geheel normaal. Dit zijn juist de twee kleinste planten. Bij de beschadigden groeit de stengel eerst nog eenigen tijd door, terwijl er steeds kleinere en misvormde bladen ontstaan. Tenslotte sterft de eindknop af en daarna groeit de okselknop uit. Terwijl bij Ph 6,5 het verschijnsel zich weer voordoet bij nieuwe spruiten, groeien deze bij Ph 8 normaal door. Het eindresultaat van deze proeven

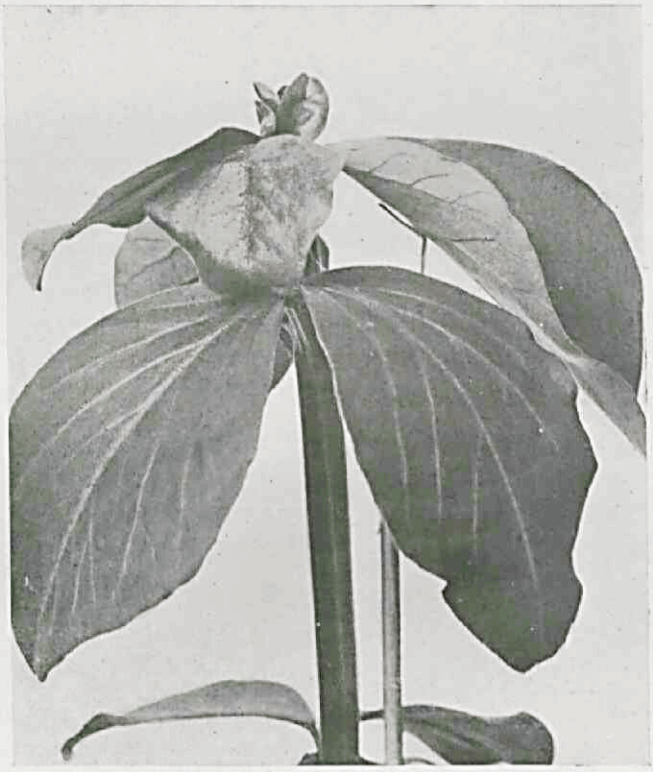


Fig. 1. *Vicia faba*
Beschadiging door gebrek aan Borium.

is weergegeven in tabel XXII. + + Beteekent sterk beschadigd; + zwak beschadigd en 0 normaal.

De verklaring van deze proeven is m.i. als volgt: Vicia faba heeft voor een normale ontwikkeling wel degelijk een hoeveelheid boorzuur noodig. Een gedeelte hiervan is in de zaden aanwezig, maar dit is voor een flink ontwikkelde plant niet voldoende, zoodat, indien het niet van buiten af wordt aangevoerd, de bekende verschijnselen optreden. Zijn echter de planten slecht ontwikkeld en is de groei gering, zooals bij Ph 4 en 9, dan is de hoeveelheid borium in de zaden voldoende en merkt men niets van een boriumgebrek. Hiermee in overeenstemming is, het niet tot uiting komen

TABEL XXII. *Vicia faba*

Samenstelling van den Voedingsbodem	Plant 1	Plant 2	Plant 3	Plant 4	Plant 5
Sachs + Bo Ph 6,5	0	0	0	0	0
Sachs — Bo Ph 6,5	++	++	++	++	++
Sachs + Bo Ph 8	0	0	0	0	0
Sachs — Bo Ph 8	++	0	+	+	0

Invloed van Boorzuur.

van het boriumgebrek in de eerste proeven uit Hoofdstuk I, die in een ongunstig jaargetijde plaats hadden, waardoor de planten slechts zeer langzaam groeiden. Dat bij de Ph-reeks bij Ph 8 geen gebrek optrad en later wel, zal een gevolg geweest zijn van het uittreden van borium uit het glas. Dit werd in de laatste proeven door het paraffineeren verhinderd.

Wat betreft Vicia faba, kan ik dus de opvatting van Warington volkomen bevestigen.

SAMENVATTING DER VERKREGEN RESULTATEN

1e. Er worden watercultures met *Pisum sativum, Phaseolus vulgaris* en *Vicia faba* beschreven, met verschillende bekende voedingsoplossingen. Voor alle drie was die van v. d. Crone (1904) de beste. Pisum sativum vertoont in de opl. van Shive (1915) nog een bijzondere beschadiging.

2e. Noch een kali-overmaat, noch een fosfor-overmaat, noch een stikstof-overmaat geeft een typische beschadiging bij boon of erwt.

3e. Kaligebrek veroorzaakt bij boon een vorming van grijsbruine drooge vlekken aan de bladranden. Bij erwt uit zich een kaligebrek in een verwelking van den stengel aan de basis, waardoor de planten omvallen. Bij beide planten is de vruchtzetting verminderd.

4e. Fosforgebrek uit zich bij boon in bruine tot purperkleurige vlekken op de bladen. De gewichtsvermindering t. o. z. van de contrôleplanten is zeer groot. Ook bij erwten is dit het geval, maar een typisch ziektebeeld wordt niet gevormd. Zoowel bij kali als fosforgebrek sterven de bladen met een bruine in plaats van gele kleur af.

5e. Kalkgebrek veroorzaakt bij beide planten ernstige storingen. De bladen kleuren zich plaatselijk geel, waardoor het blad een gevlamd uiterlijk heeft. Van een bepaalde chlorose, zooals door andere onderzoekers beschreven is, is niets waar te nemen.

6e. Een overmaat van kalk doet bij boon een begin van chlorose ontstaan. Toch zijn de planten even zwaar als de contrôles, waaruit de bijzondere voedingswaarde van het calcium blijkt. Bij erwten treedt de chlorose niet op, waardoor de gunstige werking van dit ion nog duidelijker uitkomt. Veel verschil in werking tusschen volkomen oplosbare calciumzouten en $CaCO_3$ is niet waar te nemen. Alleen is bij $CaCO_3$ de chlorose minder ernstig.

7e. Het verschil tusschen erwt en boon, wat betreft het optreden van chlorose wordt toegeschreven aan een verschil in ijzerbehoefte en niet aan een verschil in ijzeropname.

8e. Een gebrek aan stikstof uit zich in de vorming van dwergplanten, die nog bloeien en vrucht dragen. Dit is een verschil met kaligebrek, waar vaak planten vroegtijdig afsterven. Alle planten met N-gebrek zijn geelgroen. De proeven over N-gebrek konden alleen worden uitgevoerd met Phaseolus, omdat bij Pisum dit gebrek teniet werd gedaan door een ontijdige infectie met *Bacterium radicicola*.

9e. Een overmaat van stikstof als nitraat verhindert ten eenenmale de vorming van bacterieknolletjes.

10e. Het optimum van de zuurgraad van den voedingsbodem ligt, zoowel voor Pisum als voor Phaseolus bij Ph 6. Voor Vicia faba ligt het waarschijnlijk bij Ph 6 of 7, maar de uitkomsten werden hier onduidelijk door een beschadiging, die duidde op een gebrek aan borium. Het verschil in gevoeligheid voor de zuurgraad bij erwt en boon is gelegen in het verschil in opbrengsten aan weerszijden van het optimum. In alcalisch milieu is een boon veel heviger beschadigd dan een erwt, terwijl in zuur milieu dit juist omgekeerd is. De beschadiging in alcalisch milieu is bij de boon in hoofdzaak een gevolg van de chlorose, die bij erwt pas in nog sterker alcalischen bodem optreedt. Dit is ook weer een gevolg van het verschil in ijzerbehoefte.

11e. De ziekteverschijnselen, die optreden in zure of alcalische bodem, zijn niet die, welke voor Hooghalensche ziekte of Veenkoloniale haverziekte typisch zijn [Krüger en Wimmer (1914)].

12e. Een bemesting met zwavelzure ammoniak werkt minder gunstig dan een met nitraat. Een concentratie van ammoniumsulfaat van 0,1 % doet de planten na 4 à 5 weken afsterven. Hierbij ontstaan op de bladen donkerbruine droge vlekken.

13e. Deze zijn niet het gevolg van de vorm, waarin het ijzer gegeven werd, zooals bij Jones en Shive (1923), maar een directe werking van een te hooge zwavelzure ammoniak-concentratie.

14e. Aangetoond wordt dat Phaseolus en Pisum zeer ge-

voelig zijn voor nitrieten. 0,15 % $NaNO_2$ is nog duidelijk merkbaar. Beide planten zijn veel gevoeliger dan *Avena*. Het is dus onwaarschijnlijk, dat nitriet als de oorzaak van de Veenkoloniale haverziekte moet worden aangezien.

15e. Het verschil in gevoeligheid voor de bodemziekten tusschen haver en de Leguminosen kan verklaard worden uit verschil in werking van de bemesting. In zuur milieu is een erwt heviger aangetast dan haver. Zwavelzure ammoniak werkt op erwt schadelijker dan op haver en wordt door erwt tevens veel physiologisch zuurder verwerkt, waardoor de reactie sneller verandert. Door al deze omstandigheden wordt een erwt zooveel sterker aangetast dan een haverplant, dat ze voor de schadelijke bestanddeelen van Hooghalensche zieke grond veel gevoeliger wordt. Bij de Veenkoloniale haverziekte is alles juist omgekeerd.

16e. Mangaansulfaat werkt, in de hier gebruikte concentraties, bij Pisum stimuleerend. Bij concentraties van 25 m.gr. per L. en hooger treedt een zeer typische beschadiging op, n.l. een vorming van donkerbruine stippen op de stengels en de bladen. Bij microscopisch onderzoek blijken de celwanden van de sluitcellen der huidmondjes, de basiscellen van de haren en vele parenchymcellen bruin verkleurd te zijn. Een reactie op mangaan, hierop uitgevoerd, gaf een negatief resultaat.

17e. Kopersulfaat werkt in alle gebruikte concentraties zeer schadelijk. Vooral het wortelgestel wordt aangetast. Er zijn geen kenmerkende symptomen voor een kopervergiftiging.

18e. Borium blijkt voor de cultuur van Pisum en Phaseolus niet noodzakelijk te zijn. Bij Vicia faba kan echter de opvatting van Warington (1923) bevestigd worden. De typische symptomen voor gebrek aan borium komen echter alleen tot uiting bij krachtig groeiende planten.

19e. Borium werkt bij erwt zeer zwak stimuleerend. Bij boon echter niet. Is de concentratie van borium hooger dan 10 m.gr. per L., dan treedt een schadelijke werking op. Aan de bladranden vormen zich kleine lichtbruine droge vlekken, die bij de erwt samensmelten tot een verdroogde rand om iedere bladtop.

LITERATUURLIJST

ABERSON, J. Bijdrage tot de kennis der z.g. physiologisch zure Zouten en hun Beteekenis voor de Verklaring van de Bodemziekten.
1917, Meded. Rijks Hoog. Landb. School Deel XI.

———— De Oorzaak van de Veenkoloniale Haverziekte.
1918, Cultura, Januari.

AGULHON, H. Recherches sur la Présence et le Rôle du Bore chez les Végétaux.
1910, Thèse Paris.

ARRHENIUS, O. Absorption of Nutrients and Plantgrowth in Relation to the Hydrogenion Concentration.
1922, Journ. Gen. Physiol.

———— Försök till Bekampande av Havrens Graflacksjuka.
1924, Medd. 256 Centr. Anst. Stokholm Avd. Landbr. Bot. No. 29.

———— Markreaction och Skordentbyte.
1925, Medd. 278 Centr. Anst. Stokholm Avd. Landbr. Bot. No. 36.

———— Kalkfrage, Bodenreaction und Pflanzenwachstum.
1926, Akad. Verlagsges. Leipzig.

ASO, K. On the physiological Influence of Manganese on Plants.
1903, Bull. Coll. Agr. Tokyo Vol. 5 No. 2.

BEHRENS, H. Anleitung zur mikrochemische Analyse. 2e Auflage.
1899.

BEHRENS, J. Weitere Beiträge zur Kenntnis der Tabakpflanze.
1899, Landw. Vers. Stat. Bnd. LII.

BERNARDINI, L. Funzione del Manganese nella concimazione.
1910, Staz. Sper. Agr. Ital. Vol. 43 No. 3.

BERTRAND, G. Sur Intervention du Manganese dans les Oxydations provoquées par la Lactase.
1897, Compts. Rend. Paris T. CXXIV.

BEWLEY and HUTCHINSON, Journ. Agr. Science. Vol. X.
1920, Gecit. uit Bryan 1922.

BIRNER, H. und LUCANUS, B. Wasserkultur Versuche mit Haver.
1866, Landw. Vers. Stat. Bnd. VIII.

BLAIR, A. and BROWN, B. The Influence of Fertilizers Containing Borax on Potatoes.
1921, Soil Science Vol. XI.

BREAZEALE, J. F. Effect of certain Solids upon the Growth of Seedlings in Waterculture.
Bot. Gaz. Vol. 41.

BRENCHLEY, W. The Influence of Coppersulfate and Manganese sulfate upon the Growth of Barley.
1910, Ann. o. Bot. Vol. 24.

———— On the Action of certain Compounds of Zinc-Arsenic and Boron on the Growth of Plants.
1914, Ann. o. Bot. Vol. 28.

BRENCHLEY, W. and THORNTON, The Relation between the Development and Structure of Nodules of Vicia faba as influenced bij Boron.
1925, Proc. Royal. Societ. B. Vol. 98.
BRUBH, P. Zur physiologischen Bedeutung des Calciums in der Pflanze.
1901, Landw. Jahrb. Suppl. III.
BRYAN, O. C. The Effect of different Reactions on the Growth and Noduleformation of Soybeans.
1922, Soil Science Vol. XIII.
———— The Effect of different Reactions on the Growth and Calciumcontent of Oats and Wheat.
1923, Soil Science Vol. XV.
———— The Effect of acid Soils on Noduleforming Bacteria.
1923, Soil Science Vol. XV.
———— The Effect of Reaction on Growth, Noduleformation and Calciumcontent of Alfalfa, Alsike Clover and Red Clover.
1923, Soil Science Vol. XV.
CASTLE, R. L. Chlorosis in Fruit trees.
1899, Gard. Chron. s. 3. Vol. 25 en 26.
CLARK, W. M. and LUBS, H. The Determination of Hydrogen-ion Concentrations.
1917, Journ. o. Bacteriol. Vol. 2.
CLINTON, G. P. Prematuring and Wilting of Potatoes.
1919, Potato Mag. Vol. 1.
Gecit. Heald Plant Diseases 1926.
COOK, F. C. and WILSON, J. Boron: its Absorption and Distribution in Plants etc.
1916, Journ. Agr. Res. Vol. 5.
———— Effect of three annual Applications of Boron on Wheat.
1917, Journ. Agr. Res. Vol. 10.
———— Boron: its Effect on Crops and its Distribution in Soils in different Parts of the U. S. A.
1918, Journ. Agr. Res. Vol. 13.
COPELAND, E. and KAHLENBERG, L. The Influence of the Presence of pure Metals upon Plants.
1900, Trans. Acad. Sci. Wisconsin. Vol. XII. P. 2.
Gecit. uit Brenchley 1910.
COUPIN, H. Sur la toxicité des Sels de Cuivre à l'Egard des Végétaux superieurs.
1898, Compts Rend. Paris LXXVII.
CREYDT, BODO, Untersuchungen über die Kalkempflindlichkeit der Lupine.
1915, Journ. f. Landw. Bnd. 63, Heft 2.
CRIST, JOHN, Growth of Lettuce as influenced by the Reaction of the Culture Medium.
1925, Techn. Bull. 71. Agr. Exp. Michig. State-Coll. o. Agr.
CRONE, G. v. d., Ergebnisse von Untersuchungen über die Wirkung der Phosphorsäure und eine neue Nährlösung.
1904, Diss. Landw. Akad. Bonn.
DAUTHENAY, H. Sur la Chlorose des Arbres Fruitiers en Terrain calcaire.
1901, Rev. Hort. (Paris) Ann. 73 No. 2.
DEATRICK, E. P. The Effects of Manganese Compounds on Soils and Plants.
1919, Cornell. Agr. Exp. Stat. Mem. 19.

DOBNER—NOBBE, Botanik fur Forstmänner, 1e Auflage.
1882.
EHRENBERG, P. Einige Beobachtungen über Pflanzenbeschädigungen durch Spüljauchenberieselung.
1906, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1906.
———— Die Bewegung des Ammoniakstickstoffs in der Natur.
1907, Mitt. landw. Inst. Breslau Bnd. 4.
ESPINO, R. Some Aspects of the Saltrequirements of young Rice plants.
1920, Philippine Journ. o. Sc. Vol. 16.
FEGER, D. und VAGI, F. Untersuchungen über Einwirkung von Nitriten auf Pflanzen.
1924, Biochem. Zeitschr. Bnd. 153.
FEILITZEN, JONKOPING VON, Wie zeigt sich der Kalimangel bei Klee und Timotheegras?
1904, Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkult. No. 4.
FLICHE, P. et GRANDEAU, L. De l'Influence de la Composition chimique du Sol sur la Végétation du Châtaignier.
1874, Ann. Chim. et Phys. S. 5, t. 2.
FLOYD, B. F. Some Cases of Injury to Citrus-trees apparently induced by Groundlimestone.
1917, Fla. Agr. Exp. Stat. Bul. 137.
FRANK, A. B. Ueber Ursprung und Schicksal der Salpetersäure in der Pflanze.
1887, Ber. D. Bot. Ges. Bnd. 5.
FRED, E. B. and DAVENPORT, A., Influence of Reaction on Nitrogen assimilating Bacteria.
1918, Journ. o. Agr. Res. Vol. 14.
GERLACH, M. und VOGEL, J. Ammoniakstickstoff als Pflanzennährstoff.
1905, Centrbl. f. Bact. Abt. II Bnd. XIV.
GILE, P. L. The Relation of Calcareous Soils to Pineapple Chlorosis.
1911, Porto-Rico. Agr. Exp. Stat. Bul. 11.
———— and CARRERO, J. O. Immobility of Iron in the Plant.
1916, Journ. Agr. Res. Vol. 7 No. 2.
———— and ———— Assimilation of Iron by Rice from certain Nutrient Solutions.
1916, Journ. Agr. Res. Vol. 7 No. 12.
———— and ———— Chlorosis of Sugarcane.
1917, Porto-Rico Agr. Exp. Stat. Rpt.
———— and ———— Cause of Lime-induced Chlorosis and availability of Iron in the Soil.
1920, Journ. Agr. Res. Vol. 20 No. 1.
GRUZIT, O. M. The Effect of some Acids on Soil-Bacteria in the Soilsolution.
1917, Soil Science Vol. III.
GUILLON, J. et BRUNAUD, O. La Resistance à la Chlorose.
1903, Rev. Vit. t. 20, no. 513. Gec. Gile—Carrero 1916.
HARTWELL, L. and PEMBER, F. The Presence of Aluminium as a Reason for the Difference in the Effect of so called acid Soil on Barley.
1918, Soil Science Vol. VI.
HASELHOFF, E. und GOSSEL, Versuche über die Schädlichkeit des Rhodan-ammoniums.
1913, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. Bnd. XXIII.
HASELHOFF, E. Ueber die Einwirkung von Borverbindungen auf das Pflanzenwachstum.

1913, Landw. Vers. Stat. Bnd. CXXIX.
HEADDEN, W. P. The Fixation of Nitrogen in some Colorado Soils.
1910, Colo. Agr. Exp. Stat. Bul. 155.
HEALD, F. D. Manual of Plant Diseases.
1926, Mc. Graw-Hill Book-Comp. 1e ed.
HELLRIEGEL u. WILFARTH, Gecit. uit Sorauer Handb. d. Pflanzen-
1923, krankheiten. Bnd. I, 5te Aufl.
HILLS, T. L. Influence of nitrates on Nitrogen-assimilating Bacteria.
1918, Journ. Agr. Res. Vol. 12 No. 4.
HILTNER, L. Bericht über die im Frühjahr 1904 durchgeführten Hede-
rich. Bekämpfungsversuche.
1905, Prakt. Bl. Pflanzenbau u. Schutz. Jahrg. 3.
———— Ueber die Beeinflussung des Wachstums der Pflanzen durch deren Bespritzung mit giftigen oder düngenden Stoffen.
1909, Prakt. Bl. Pflanzenbau u. Schutz. Jahrg. 7, Heft 2, 3 en 5.
———— Ueber die Kalkempfindlichkeit verschiedener Lupinen- und anderer Pflanzenarten.
1915, Prakt. Bl. Pflanzenbau u. Schutz. Jahrg. 13, Heft 5.
HILTNER, L. und KORFF, G. Ueber die Wirkung verschiedener Bodenbehandlungsmittel besonders des Mn Sulfates auf das Wachstum des Hafers.
1917, Prakt. Bl. Pflanzenbau u. Schutz. Jahrg. 15, Heft 5.
HILTNER, E. Die Dörrfleckenkrankheit des Hafers und ihre Heilung durch Mangan.
1924, Landw. Jahrb. Bnd. LX, Heft 6.
HOAGLAND, D. R. The Effect of Hydrogen and Hydroxylion Concentration on the Growth of Barley.
1917, Soil. Science Vol. III.
———— Relation of the Concentration and Reaction of the nutrient Solution to the Growth and Absorption of the Plant.
1919, Journ. o. Agr. Res. Vol. 18 No. 2.
HOLLRUNG, Vortrag im Anhalt. Ver. für Zuckerrübenbau.
1905, Blätter f. Zuckerrübenbau.
HOPKINS, E. and WANN, F. Relation of Hydrogenion Concentration to the Growth of Chlorella.
1926, Bot. Gaz. Vol. 81.
HOTTER, E. Ueber das Vorkommen des Bors im Pflanzenreich und dessen physiologische Bedeutung.
1890, Landw. Vers. Stat. Bnd. XXXVII.
HUDIG, J. en SJOLLEMA, B. Onderzoek naar de Oorzaken van de Vruchtbaarheidsafname van enkele gronden in de Veenkolonien.
1909, Versl. Landb. Proefst. No. V.
———— Het Ontstaan van Schadelijke Afwijkingen in humusrijke Gronden als gevolg van Bemesting met minerale Stoffen.
1912, Versl. Landb. Proefst. No. XII.
———— Over het Optreden van de z.g. Veenkoloniale Haverziekte op Zand- en Kleigronden.
1914, Versl. Landb. Proefst. No. XV.
———— en MEYER, C. Over de oogstvermeerderende Werking van Mangaanzouten.
1915, Versl. Landb. Proefst. No. XVI.
———— en ———— De Hooghalensche Ziekte.
1918, Brochure v. h. Dep. v. Landb.
———— en ———— De Veenkoloniale Haverziekte III.
1919, Versl. Landb. Proefst. No. XXIII.
———— en ———— De Veenkoloniale Haverziekte IV.
1919, Versl. Landb. Proefst. No. XXIII.

———— en ———— De Invloed van zure en alc. Bemesting op de Groei der Gewassen.
1922, Versl. Landb. Proefst. No. XXVI.
———— en ———— Bodemziekten III (Ontginningsziekte).
1922, Brochure. Uitg. Wolters, Groningen.
———— en ———— De Bestrijding der Veenkoloniale Haverziekte met Mangaansulfaat.
1923, Meded. Rijks Landb. Proefst. No. 9.
———— en ————Ueber die sogenannte Urbarmachungskrankheit als dritte Bodenkrankheit.
1926, Zeitschr. f. Pfl. Ernähr. u. Düng. Teil A Bnd. VIII.
HUTCHINSON, H. and MILLER, N. J. The direct Assimilation of inorganic and organic Forms of Nitrogen by Plants.
1911, Centr. bl. f. Bact. Abt. II Bnd. XXX.
JANSON, A. Kalidüngung gegen die Spitzendürre.
1905, Prakt. Ratg. f. Obst- u. Gartenbau No. 38.
JENSEN, G. H. Toxic Limits and Stimulation Effects of some Salts and Poisons on Wheat.
1907, Bot. Gaz. Vol. 43.
JOFFE, J. S. The Influence of Soil-reaction on the Growth of Alfalfa.
1920, Soil Science Vol. X.
JOHNES, L. and SHIVE, J. The Effect of Iron in the Form of Ferricphosphate and Ferroussulfate etc.
1921, Soil Science Vol. XI.
———— and ———— Effect of Ammoniumsulfate upon Plants in nutrient solutions supplied with Ferricphosphate and Ferroussulfate as Sources of Iron.
1921, Journ. o. Agr. Res. Vol. 21.
———— and ———— Influence of Ammoniumsulfate on Plant Growth and Iron-Availability.
1923, Ann. o. Bot. Vol. 37.
JOHNSON, M. O. The Spraying of yellow Pineappleplants with Ironsulfate Solutions.
1916, Hawai Agr. Exp .Stat. Bul. 51.
———— Manganese Chlorosis of Pineapples; its Cause and Control.
1924, Hawai. Agr. Exp. Stat. Bul. 52.
JOHNSON, JAMES, Tobacco Diseases and their Control.
1924, U. S. Dept. Agr. Bul. 1256.
JURITZ, Ch. Chlorosis in Orchards near Bloemfontein.
1912—13, Agr. Journ. Union. So-Afr. Vol. 4 en 5.
KAHLENBERG, L. and TRUE, R. On the toxid Action of dissolved Salts.
1896, Bot. Gaz. Vol. 22.
KANDA, M. Studien über die Reizwirkung einiger Metallsalze auf das Wachstum hoheren Pflanzen.
1904, Journ. o. Coll. Sc. Tokyo Vol. XIX.
KATAYAMA, T. On the Degree of Stimulation of Manganese and Iron salts on Barley.
1906, Bull, Coll. Agr. Tokyo Vol. 7 No. 1.
KELLEY, W. The Influence of Manganese on the Growth of Pineapples.
1909, Hawai, Agr. Exp. Stat. Press. Bull. 23.
———— Report of the Chemist.
1910, Hawai, Agr. Exp. Stat. Rpt.
KELLNER, O. Vergleichende Untersuchungen über die Düngewirkung von Nitrit und Nitrat.

1910, Landw. Vers. Stat. Bnd. LXXII.
KINOSHYTA, Y. On the Assimilation of Nitrogen from Nitrates and Ammoniumsalts by Phanerogams.
1894—97, Bull. Coll. Agr. Tokyo Vol. 2.
KOLTHOF, I. M. Der Gebrauch von Farbenindicatoren.
1923, Julius Springer, 2e Aufl.
KRUGER, W. Ueber die Bedeutung der Nitrification für die Kulturpflanzen.
1905, Landw. Jahrb. Bnd. 34.
KRUGER, W., ROEMER, RINGLEBEN, Versuche über die Wirkung verschiedener Stickstoffdünger.
1914, Mitt. Herz. Anh. Vers. Stat. Bernburg No. 49.
KRUGER, W. u. WIMMER, G. Ueber Ursache und Abwendung der Dörrfleckenkrankheit.
1914, Mitt. Herz. Anh. Vers. Stat. Bernburg No. 52.
LEACH, J. G. Colorado plant diseases. Niter Injury.
1921, Colo. Agr. Exp. Sta. Bul. 259.
LEIDREITER, P. Studien über das Verhalten des Mangans im Boden zu einigen Kulturpflanzen.
1910, Diss. Rostock.
LOEW, O. Ueber die physiologische Functionen der Calcium und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus.
1892, Flora o. Alg. Bot. Zeit. Bnd. 75.
———— Die Bedeutung der Kalk und Magnesiasalze in der Landwirtschaft.
1892, Landw. Vers. Stat. Bnd. XII.
LOEW, O. and SAWA, S. On the Action of Manganese Compounds on Plants.
1903, Bull. Coll. Agr. Tokyo Vol. 5.
LUEDECKE, Ueber das Gelbwerden der Weinstöcke
1892—93, Zeitschr. Landw. Ver. i. Hessen Bnd. 62 No. 41 en Bnd. 63 No. 2.
Gecit. uit Gile and Carrero. 1916.
MARCHAL, E. Influence des Sels mineraux nutritifs sur la Production des Nodosités chez le Pois.
1901, Cmpts Rnd. Paris. T. CXXXIII.
MASCHHAUPT, J. Onderzoek naar de Veranderingen welke door Plantengroei en Bemesting teweeggebracht worden.
1912, Versl. Landb. Proefst. No. XII.
MAZE, P. Recherches sur l'Influence de l'Azote nitrique et de l'Azote ammoniacal sur le Developpement du Mais.
1900, Ann. Inst. Pasteur. T. 14.
Mc COOL, M .M. The Action of certain nutrient and nonnutrient Bases on Plantgrowth.
1913, Cornell. Agr. Exp. Stat. Mem. 2.
Mc TAGGART, A. The Influence of Fertilizers on Growth and Nitrogencontent of some Legumes.
1921, Soil Science Vol. XI.
MOLISCH, H. Ueber einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalzen und der Pflanze.
1887, Sitz. Ber. K. Akad. Wiss. Wien.
———— Ueber die Herkunft des Salpeters in der Pflanze.
1888, Bot. Centr.bl. Bnd. 34.
———— Mikrochemie der Pflanze.
1913, G. Fischer, Jena.
MOLLER, A. Karenzerscheinungen bei der Kiefer.
1904, Zeitschr. f. Forst. u. Jagdwesen.

Gecit. uit Sorauer. Handbuch.
MOLLIARD, M. Les Amines constituent-elles des Aliments pour les Végétaux supérieurs.
1909, Cmpts Rend. Paris. T. CIL.
MOLZ, E. Untersuchungen über die Chlorose der Reben.
1907, Centr.bl. f. Bact. Abt. II Bnd. 20 Heft 1—3 en 4—5.
MORSE, W. J. Some Observations upon the Effect of Borax in Fertilizers.
1920, Agr. Exp. Stat. Maine. Bul. 288.
MORTENSEN, M. L. Dansk Landbrug.
1911, Lyngby No. 21 ? ?
Gecit. uit Sorauer's Handbuch.
MULLER, THURGAU, Dritter Jahresber. d. Pfl. physiol. Lab. d. Vers.
1894, Stat. Wädensweil, Zürich.
MUNTZ, A. Sur le Rôle de l'ammoniaque dans la Nutrition des Vegetaux.
1889, Cmpts. Rend. Paris. T. CIX.
MUTH, Fr. Bericht des Lab. der Groszh. Wein u. Obstbauschule in
1916, Oppenheim. 1913—16.
NAKAMURA, M. Can Boric Acid in high Dilution exert a stimulant Action on Plants?
1903, Bull. Coll. Agr. Tokyo. Vol. 4.
NELLER, J. R. and MORSE, W. Effects upon Growth of Potatoes, Corn and Beans resulting from the Addition of Borax to the Fertilizer.
1921, Soil Science Vol. XII.
NOBBE, Zie Döbner—Nobbe.
1882.
OLSEN, C. Studies on the Hydrogen-ion Concentration of the Soil and its Significance to the Vegetation.
1923, Comptes Rend. Lab. Carlsberg. Vol. 15 No. 1.
———— Studies on the Growth of some danish Agricultural Plants in Soils with different Concentration of Hydrogen-ions.
1925, Comptes. Rend. Lab. Carlsberg Vol. 16 No. 2.
OTTO, R. Untersuchungen über das Verhalten der Pflanzenwurzeln gegen Kupfersalzlösungen.
1893, Zeitschr. Pflanzenkrankh. Bnd. III.
PANATELLI, E. and SEVERINNI, G. Some Experiments on the Utilisation of Ammonium Salts by green Plants I—II.
1910—11, Staz. Sper. Agr. Ital. Vol. 43—44.
PANATELLI, E. Ueber Ionen-aufname.
1915, Jahrb. f. Wiss. Bot. Bnd. LVI.
PERCIABOSCO, F. et ROSSO, V. L'Absorbimento diretto dei Nitrite nelle Piante.
1909, Staz. Sper. Agr. Ital. Vol. 42.
PFEIFFER, Th. u. BLANCK, E. Die Kalkempfindlichkeit der Lupine u. s. w.
1911, Mitt. Landw. Inst. Breslau. Bnd. 6.
———— Beitrag zur Frage über die Wirkung des Mangans auf das Pflanzenleben.
1912, Landw. Vers. Stat. Bnd. LXXVII.
PITSCH, O. Versuche zur Entscheidung der Frage ob salpetersaure Salze für die Entwicklung unserer Kulturgewachse unentbehrlich sind.
1887-93-96, Landw. Vers. Stat. Bnd. XXXIV, XLII, XLVI.
PLUMMER, J. and WOLF, F. Injury to Crops by Borax.
1920, N.C. Dept. Agr. Bul. 41.

PRIANISCHNIKOFF, D. and SCHULOFF, J. Ueber die synthetische Asparagin Bildung in den Pflanzen.
1910, Ber. D. Bot. Ges. Bnd. 27.
———————— The Role of Ammonia in the Transformation of nitrogenous Materials in Plants.
1914, Ann. Inst. Agron. Moscow Vol. 10, sup 3.
Gecit. uit Wolkoff. 1918.
———————— Sur l'Assimilation de l'Ammoniaque par les Plantes superieures.
1923, Cmpts. Rend. Paris. T. CLXXVII.
PROBST, O. Einflusz des Stickstoffes auf die Pflanzenentwicklung.
1901, Diss. Bonn.
PRUCHA, M. J. Physiological Studies of Bacillus Radicicola of Canada-field-pea.
1915, Cornell. Agr. Exp. Stat. Mem. 5.
RIVIERE, GUST. De la Chlorose des Arbres Fruitiers.
1910, Prog. Agr. et Vit. t. 53 no. 15. Gecit. Gile 1916.
ROEMER, H. und WIMMER, G. Die Bedeutung der an der Rübenpflanze durch verschiedene Düngung hervorgerufene aussere Erscheinungen u. s. w.
1907, Zeitschr. d. Ver. d. D. Zuck. Ind.
SACHS, J. Vegetationsversuche mit Ausschlusz des Bodems u.s.w. I. II.
1860—61, Landw. Vers. Stat. Bnd. II en III.
———— Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen.
1865, Leipzig.
———— Erfahrungen über die Behandlung chlorotischer Gartenpflanzen.
1888, Arb. Bot. Inst. Würzburg Bnd. 3.
SALOMONE, G. Il Manganese e lo sviluppo delle Piante.
1907, Staz-Sper. Agr. Ital. Vol. 40 No. 2.
SALTER, E. C. The Behavior of Legume Bacteria in acid and alcaline Media.
1916, Proc. Iowa Ac. Sc. Vol. 23.
Gecit. uit Arrhenius 1926.
SALTER, R. and Mc ILVAINE, Effect of the Reaction of the Solution on Germination of Seeds and on the Growth of Seedlings.
1920, Journ. o. Agr. Res. Vol. 19 No. 2.
SCHNEIDEWIND, W. u. RINGLEBEN, O. Die Wirkung der Kalirohstoffe und der reinen Kalisalze.
1904, Landw. Jahrb. Bnd. XXXIII.
SCHREINER, O. Potashhunger of Potatoes.
1917, Proc. Potato. Assoc. Am. Vol. 4.
Gecit. uit Heald. Plant Diseases 1926.
SCHULTZ, M. Ueber den Einflusz von Nitriten auf die Keimung und auf das Wachstum von Pflanzen.
1903, Diss. Königsberg i. Pr.
SCHULZE, E. Ueber die Gelbsucht des Weinstockes.
1872, Zeitschr. f. d. Centr. Ver. f. d. Groszh. Hessen.
Ref. Centr.bl. f. Agr. Chem. 1872.
VON SEELHORST, Die durch Kalimangel bei Vietsbohnen hervorgerufene Erscheinungen.
1906, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. Bnd. XVI.
SHIVE, JOHN W. A Three Salt Solution for Plants.
1915, Am. Journ. o. Bot. Vol. II No. 4.
SKINNER, J. J. and SULLIVAN, M. The Action of Manganese in Soils.
1914, U. S. Dept. Agr. Bull. 42.

SKINNER, J. J. The Action of Manganese under acid and neutral Soil Conditions.
1916, U. S. Dept. Agr. Bull. 441.
SKINNER, J. J. and ALLISON, F. E. Influence of Fertilizers containing Borax etc.
1923, Journ. Agr. Res. Vol. 23.
SORAUER, P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten.
1923, Bnd. I (Graebner) 5e Auflage.
STEWART, THOMAS and HORNER, The comparative Growth of Pineappleplants with ammonia and nitrate-Nitrogen.
1925, Soil Science Vol. X No. 3.
STROWD, W. H. The Relation of Nitrates to Nodule Production.
1920, Soil Science Vol. X.
SUZUKI, U. On the Formation of Asparagine in Plants under different Conditions.
1894—97, Bull. Coll. Agr. Tokyo. Vol. 2.
TAKEUCHI, J. Können Phosphate Chlorose erzeugen?
1907, Bull. Col. Agr. Tokyo. Vol. 7.
TRUE, R. H. and OGLEVEE, C. S. The Effects of the Presence of insoluble Substances on the toxic Action of Poisons.
1905, Bot. Gaz. 39.
TRUESDELL, H. W. Effect of Phosphorus on Alfalfa and Alfalfa Bacteria.
1917, Soil Science Vol. III.
TRUOG, E. Soil Acidity: I Its Relation to the Growth of Plants.
1918, Soil Science Vol. V No. 3.
WARINGTON, KATH. The Effect of Boric Acid and Borax on the Broad-Bean.
1923, Ann. o. Bot. Vol. 37.
WILFARTH, H. u. WIMMER, G. Die Kennzeichen des Kalimangels an den Blättern der Pflanzen.
1903, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. Bnd. XIII.
WILSON, J. Physiological Studies of Bacillus radicicola of Soybean.
1917, Cornell. Agr. Exp. Stat. Bul. 386.
WOLKOFF, M. I. Effect of Ammoniumsulfate in Nutrient Solutions on the Growth of Soybeans.
1918, Soil Science Vol. V No. 2.
WRIGHT, W. The Nodulebacteria of Soybeans I.
1925, Soil Science Vol. XX No. 2.

STELLINGEN

I.

Ten onrechte meent Hiltner, dat hij de Veenkoloniale Haverziekte kan verklaren met zijn „Kohlensäure-Minerallstoff-Gesetz.
(Zie Hiltner: Landw. Jahrb. Bnd 60 1924).

II.

Het is in de meeste gevallen beter een bestrijdingsmiddel tegen een plantenziekte te zoeken, dan een resistent ras te kweeken.

III.

Het is wenschelijk, met het oog op de Mozaïkziekten, de luizen, die deze ziekten overbrengen, nauwkeurig anatomisch te onderzoeken.

IV.

Bij chemotaxis bestaat geen topotactische reactie.

V.

De in vele plantendeelen gevonden kristallen van calcium oxalaat zijn op te vatten als excretie producten.

VI.

De ligging van de polaire boomgrens wordt in hoofdzaak bepaald door de klimatologische verschillen tusschen zomer en winter en tusschen dag en nacht.

VII.

De Podostemonaceae moeten opgevat worden als een aparte orde voor de Rosales.

VIII.

Ten onrechte beweert Gellhorn dat melkzuur bij de contractie van de gladde spieren geen rol speelt.

IX.

Door de tegenwoordige wijze van beheer van de terreinen van de Vereeniging tot Behoud van Natuurmonumenten, bestaat er een groote kans dat ze een gevaar voor de omgeving worden.