



De betekenis van borium voor de plant

<https://hdl.handle.net/1874/346438>

1
A. J. M. 192 1940

DE BETEKENIS VAN BORIUM
VOOR DE PLANT

J. J. LEHR

DE BETEKENIS VAN BORIUUM VOOR DE PLANT

Diss. Utrecht 1940

DE BETEKENIS VAN BORIUM VOOR DE PLANT

PROEFSCHRIFT

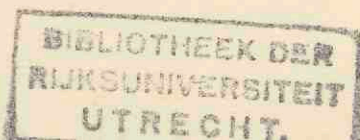
TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN
DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE
AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT,
OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS
Dr F. H. QUIX, HOOGLERAAR IN DE FACUL-
TEIT DER GENEESKUNDE, VOLGENS BE-
SLUIT VAN DE SENAAAT DER UNIVERSITEIT
IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP
MAANDAG 8 JULI 1940, DES NAMIDDAGS
TE 4 UUR

DOOR

JAN JACOBUS LEHR

GEBOREN TE ROTTERDAM

N.V. DRUKKERIJ V/H L. E. BOSCH & ZOON — UTRECHT



Aan de nagedachtenis van mijn Moeder
Aan mijn Vrouw

Bij het overzien van de verschillende perioden, die mijn studietijd vormden, doet zich een veelheid van mensen, gebeurtenissen en milieu's aan mij voor, welke niet toelaat van ieder afzonderlijk op hun betekenis voor mijn ontwikkeling in te gaan.

Eindhoven — brandpunt van techniek en toegepaste wetenschap,
Utrecht — aloude Universiteitsstad,

Wageningen — centrum van landbouwwetenschap,
in U allen vond ik veel vriendschap en in ieder van U mocht ik mijn kennis verrijken met de voor U typische gebieden van wetenschap, hetgeen ik steeds dankbaar zal gedenken. Wanneer ik hierbij niet in bijzonderheden treedt, betekent dit zeer zeker geen gebrek, maar eerder een te-veel aan waardering, om in deze enkele regels plaats te kunnen vinden.

Een uitzondering zou ik slechts willen maken voor hen, die in het bijzonder het tot stand komen van dit proefschrift hebben mogelijk gemaakt.

U, Hooggeleerde HUDIG, ben ik veel dank verschuldigd, dat Gij het initiatief tot dit onderzoek genomen hebt. Gij hebt daarbij alle hulpbronnen van het Landbouwscheikundig Laboratorium voor mij beschikbaar gesteld en het onderzoek, waar dit in Uw vermogen lag, gesteund. De tijd van mijn assistentschap bij U was voor mij zeer leerzaam en bracht mij met tal van nieuwe en interessante problemen in aanraking.

Hooggeleerde KONINGSBERGER, Hooggeachte Promotor, dat mijn werk mij, zij het eerst na mijn Utrechtse studietijd, met U in aanraking gebracht heeft, beschouw ik als een groot voorrecht. De wijze waarop U zich voor mijn onderzoek hebt willen interesseren en de steun die ik, als niet botanisch georiënteerd chemicus, van U heb mogen ontvangen, zal ik, evenals vele blijken van Uw persoonlijke belangstelling, in dankbare herinnering houden.

Gaarne betuig ik jou, VAN DREVEN, mijn dank voor je voortdurende medewerking. Je kleurgevoelig oog heeft zeker bijgedragen tot het welslagen van dit onderzoek.

Ook wil ik jullie, DOMINGO en LOOSJES, hartelijk dank zeggen voor de zo nauwgezette correctie der drukproeven.

Ten slotte ben ik het laboratorium-, in het bijzonder ook het tuinpersoneel, zeer erkentelijk voor de steeds verleende hulp.

I

DE OPNAME VAN BORNIUM EN DE VERDELING
ERVAN OVER DE VERSCHILLENDE ORGANEN
VAN SINAPIS ALBA L.

INHOUD

INLEIDING	Blz. 5
HOOFDSTUK I.	
LITERATUUR	8
<i>a.</i> over de opname van borium door de plant.	
<i>b.</i> over de boriumbehoefte van verschillende planten.	
<i>c.</i> over de verdeling van borium in de plant.	
<i>d.</i> over de rol van borium in de plant.	
HOOFDSTUK II.	
OVER DE NAUWKEURIGHEID VAN KWECKPROEVEN	21
HOOFDSTUK III.	
DE METHODIEK	30
HOOFDSTUK IV.	
OVER DE BORIUMBEHOEFTE VAN ENKELE GEWASSEN	45
HOOFDSTUK V.	
OVER DE OPNAME VAN BORIUM DOOR DE PLANT	
A. CONCENTRATIE AFHANKELIJKHEID	51
B. AFHANKELIJKHEID VAN ANDERE IONEN	60
HOOFDSTUK VI.	
OVER DE VERDELING VAN BORIUM IN DE PLANT	71
HOOFDSTUK VII.	
DE ROL VAN HET BORIUM IN DE PLANT	80
HOOFDSTUK VIII.	
SAMENVATTING EN CONCLUSIES	94
LITERATUUR	101

INLEIDING

Hoofdvoedings- en sporen-elementen. In de ontwikkeling van de voedingsleer der planten brak een nieuwe, belangrijke periode aan toen men tot het inzicht kwam, dat naast de elementen C, H, O, N, P, S en Ca, Mg, K, Na ook nog andere elementen een rol spelen bij de opbouw van de plant. Dat men dit eerst later ontdekte, is vooral te wijten aan de uiterst kleine hoeveelheden, waarin deze elementen blijken te worden opgenomen en welke als verontreiniging in voedingsoplossingen of in de grond bijna steeds aanwezig zijn. Ter onderscheiding van beide groepen voerde men de benamingen „hoofdvoedingselementen” en „sporenelementen” in.

Tot de laatste groep behoort eigenlijk ook het Fe, waarvan echter reeds lang de onmisbaarheid voor de plant bekend was. Naast Fe zijn het voornamelijk Mn, Cu, B en Zn die de aandacht van de plantenphysiologen getrokken hebben. Werd aanvankelijk verondersteld, dat de sporenelementen alleen maar een stimulerende werking op de plantengroei uitoefenden (katalytische elementen), later bleek dat zij niet alleen voor een normale ontwikkeling van vele planten, maar ook van vele microörganismen, onmisbaar zijn. Zijn zij niet in een voldoende mate beschikbaar, dan kunnen zich, al naar gelang van de plantensoort, het tijdstip waarop dit tekort voelbaar wordt en de uitwendige omstandigheden, ziekteverschijnselen voordoen die — volgens een ook voor de hoofdvoedingselementen gebruikelijke terminologie — gebrek- of hongerverschijnselen worden genoemd. Het onderzoek hiernaar dateert voornamelijk van de laatste twintig jaar.

Borium. In de geschiedenis van het boriumonderzoek kan men drie verschillende stadia onderscheiden. Het eerste is dat, waarin in de as van verschillende planten de aanwezigheid van B werd vastgesteld (WITTSTEIN en APOIGNER 1857, HOTTER 1890 e.a.). In het daaropvolgende stadium beschouwde men B alleen als een stimulator van de groei, zonder nog te beseffen, dat het borium voor de plantenvoeding van meer wezenlijke betekenis is. Dit komt tot uitdrukking in de omschrijving van borium als „engrais catalytique” (AGULHON 1910). Tegelijkertijd moet gewezen worden op onderzoekingen over de schadelijke werking van een teveel aan B waarvan de eerste afkomstig zijn van PELIGOT (1876). Gedurende de oorlogsjaren 1914—1918 werden in Amerika zelfs zeer ernstige gevallen van beschadiging vastgesteld, als gevolg van het gebruik van boraxhoudende

K-meststoffen. Tijdelijk werd hierdoor de aandacht afgeleid van de gunstige werking van B op de plantengroei, tot in 1923 WARINGTON ontdekte, dat in watercultures de tuinboon zich bij afwezigheid van borium niet normaal ontwikkelen kon. Daarna volgden in 1926 de onderzoeken van SOMMER en LIPMAN, die voor katoen, zonnebloem, gerst, boekweit, *Ricinus*, vlas en mosterd aantoonde, dat een tekort aan borium aanleiding gaf tot ziekteverschijnselen.

Terwijl nu BRENCHELY en WARINGTON in 1927 nog meenden, ten aanzien van borium een indeling te moeten maken in:

- a. planten die B voor een normale ontwikkeling nodig hebben,
- b. planten waarbij B alleen de groei stimuleert,
- c. planten die indifferent zijn voor B.

kon LÖHNIS in 1937 voor alle twijfelachtige gevallen uit de groepen b. en c. aantonen, dat bij een verbeterde proeftechniek ook hier een volkomen normale ontwikkeling bij weglating van B niet mogelijk was. Een indeling, zoals door BRENCHELY en WARINGTON gegeven, verliest hierdoor zijn betekenis en kan beter vervangen worden door een indeling, die de grotere of kleinere B-behoefte van verschillende plantensoorten betreft.

De botanische en landbouwkundige literatuur, die in de laatste tien jaar over borium is verschenen, heeft reeds een dergelijke omvang aangenomen, dat het onmogelijk is in kort bestek een enigszins volledig overzicht te geven. Verschillende samenvattende artikelen hierover geven tezamen een zeer goede indruk van wat op dit gebied is tot stand gekomen, zodat voor een algemeen overzicht hiernaar kan worden verwezen (zie literatuurregister).

Het grootste deel van dit uitgebreide literatuurmateriaal wordt in beslag genomen door physiologische onderzoeken over de onontbeerlijkheid van borium voor talrijke gewassen en de omschrijving van de ziekteverschijnselen, die zich bij een tekort aan dit element voordoen. Physiologische en biochemische onderzoeken geven verder een indruk over de boriumbehoefte van cultuurgewassen, welke voor praktische doeleinden wel voldoende geacht kan worden.

Ten aanzien van de wetmatigheden, die de boraatopname door de plant beheersen, bestaan echter nog geen exacte gegevens, terwijl ook de concentratiegrenzen, die beschadiging door een tekort of teveel aan borium bepalen, slechts in enkele gevallen nauwkeuriger werden onderzocht. Weinig bevredigend is verder ook onze kennis over het kwantitatieve voorkomen van borium in planten en de verdeling ervan over de verschillende organen, hetgeen zowel samenhangt met de moeilijkheden bij de bepaling van kleine hoeveelheden borium, als met de weinig gedefiniëerde omstandigheden, waarbij veel materiaal verzameld werd. Tenslotte zijn over de rol van het borium vele gissingen gemaakt, welke over het algemeen vaag en van uiteenlopende aard zijn, zodat men moeilijk van een biochemisch goed omschreven nzicht spreken kan.

Doel van het onderzoek. Het uitgangspunt voor het onderzoek van deze dissertatie moet dan ook gezocht worden in de wens, om iets meer te weten over de opname, de verdeling en de functie van het borium, waartoe het nemen van kweekproeven onder zo goed mogelijk gedefiniëerde omstandigheden en kwantitatief onderzoek van het hierbij verkregen materiaal wenselijk was. Voor de eerste doelstelling was het werken met watercultures de aangewezen weg, terwijl een micro-boriumbepaling als kwantitatieve methode vereist werd.

Als proefobject moest verder een gewas genomen worden, dat in het gebied, waar we de dosering van borium nog in de hand hebben, goed analyseerbare hoeveelheden van dit element opneemt. Aan deze voorwaarden bleek witte mosterd (*Sinapis alba*) goed te voldoen. Met dit gewas hebben we getracht ons een inzicht te verschaffen over:

- a. de boriumbehoefte van de plant,
- b. de opname van borium en de beïnvloeding hiervan door andere elementen (ionen),
- c. de verdeling van borium over de verschillende organen.

Alvorens de experimenten te bespreken willen we uit de beschikbare literatuur eerst die gegevens verzamelen, die ons over bovenstaande punten, de rol van het borium en de te gebruiken methodes kunnen inlichten.

HOOFDSTUK I

LITERATUUR

a. OVER DE OPNAME VAN BORIUM DOOR DE PLANT.

Vrijwel vast staat, dat borium door de plant als boraat opgenomen wordt (aangezien een positief B-ion in waterige oplossing niet bestaanbaar is). BRENCLEY en WARINGTON (1927) toonden in dit verband aan, dat de plant niet alleen uit oplossingen van boorzuur en de alkali-boraten, maar ook uit suspensies van minder goed oplosbare tot zgn. onoplosbare boraten (Ca, Co, Cu, Pb, Mg, Mn, Ni, Sr, Zn) voldoende B op kan nemen, mits de laatstgenoemde voldoende fijn verdeeld zijn. Ook de complexe verbindingen van boorzuur met glycerine en citroenzuur leverden voor de B-opname geen moeilijkheden op. HOAGLAND en SNIJDER (1933) bevestigden het bovenstaande met boraten van K, Na, Ca, Mn, Cu en Zn terwijl zelfs fijn gepoederd pyrexglas (een borosilicaat) in staat was de boriumvoorziening normaal te doen plaats hebben. Daarentegen constateert SOMMER (1927) dat Pyrex glazen potten niet voldoende B afgeven om B-gebrekverschijnselen te voorkomen. In dit opzicht kunnen dus de gewone glassoorten zonder bezwaar voor watercultuurproeven gebruikt worden. Verder vermeldt LÖHNIS (1937) een proef, waarbij toermalijn — wel het minst oplosbare borosilicaat — als leverancier van B fungeerde zonder dat een tekort optrad.

Beschouwt men de boraatopname als een fysisch-chemisch probleem, dan doet zich de vraag voor hoe de opname van B als functie van de boraatconcentratie en in afhankelijkheid van de aanwezigheid van andere ionen verloopt.

1. *Concentratie afhankelijkheid.*

Over de afhankelijkheid van boraatconcentratie en B-opname bezitten we, op een enkele uitzondering na, alleen kwalitatieve gegevens. De verschillende watercultuurproeven hebben aangetoond, dat de plant een tekort, maar ook een teveel aan borium kan hebben, al naar gelang de concentratie van de voedingsoplossing. Dit staat rechtstreeks in verband met de B-behoefte van de plant, waarvan onder *b.* een nadere bespreking wordt gegeven.

Een bijzondere plaats verdient de bespreking der proeven met lage concentraties, in het bijzonder met „nuloplossingen”. Dit zijn dus de oplossingen, waarvan de concentratie aan boraat bepaald wordt door

de verontreinigingen in het gebruikte water en de opgeloste chemicaliën ¹⁾). De meeste auteurs hebben hierbij geen bijzondere voorzorgsmaatregelen getroffen en de gewone pro analyse preparaten gebruikt. Slechts enkelen onderwierpen deze nog aan een verdere reiniging door één of twee maal om te kristalliseren, waarbij het ondertussen de vraag is, in welke fractie zich het B ophoopt (MAZÉ 1919, SOMMER en LIPMAN 1926). Contrôle op zuiverheid werd eveneens door slechts enkelen uitgevoerd, nl. door WARINGTON (1923), BRENCHLEY en WARINGTON (1927) en door Mc. HARGUE en CALFEE (1933), waarbij gebruik werd gemaakt van spectrografische methodes. De hiervoor opgegeven nauwkeurigheidsgrens (in de orde van gamma's) is niet van dien aard dat chemicaliën, analytisch vrij van B, ook ten opzichte van de plant als B-vrij moeten worden beschouwd, m.a.w. de plant kan een gevoeliger reagens zijn op B dan de ons bekende analytische methoden. Dit verklaart dan ook de uiteenlopende resultaten van verschillende onderzoekers met zgn. nuloplossingen. Zo slaagde WARINGTON (1923) er niet in, bij gerst verschijnselen van B-tekort teweeg te brengen, hetzij als opbrengstvermindering, hetzij als deficientieververschijnselen. SOMMER en LIPMAN vermelden in 1926 duidelijke beschadiging bij gerst in B-vrije voedingsoplossing te hebben verkregen.

Een andere kwestie, die hiermee samenhangt, is de volgende. BRENCHLEY en WARINGTON vonden in hun onderzoek van 1927, dat bij het herhaaldelijk verversen van voedingsoplossingen de planten bij lage B-concentraties aanmerkelijk beter groeiden, dan bij het gebruikelijke aantal verversingen, terwijl ook de deficientieververschijnselen later en in minder hevige mate optraden. Zij maken de veronderstelling, dat de plant (hier *Vicia Faba*) zelfs de kleinste sporen B in oplossing volledig kan opnemen; verder, dat de concentratie weinig ter zake doet, wanneer aan de plant in een bepaald tijdsverloop slechts een minimum hoeveelheid wordt toegediend. Zij begrijpen echter niet, waarom óók herhaaldelijk verversen bij de nuloplossingen een zoveel betere groei tengevolge heeft en achten blijkbaar verontreinigingen hierbij uitgesloten.

Zoals reeds in de inleiding is opgemerkt, berust hun indeling in B-behoefte, B-gevoelige en indifferente planten op de meer of minder vergevorderde proeftechniek i.q. de mogelijkheid om de boraatconcentratie zo laag mogelijk te houden. Dat bv. bij de Gramineëen gebrekverschijnselen eerst in het reproductiestadium zijn waargenomen wil nog niet zeggen, dat ze in het groeistadium geen B nodig hebben, of dat ze bij een eventueel bereikbare lagere boraatconcentratie geen deficientieververschijnselen zouden kunnen geven (zie in dit verband de beschrijving der deficientieververschijnselen onder *b*).

¹⁾ De afgifte van B door het glas kunnen we wel buiten beschouwing laten, omdat zelfs de B-houdende glassoorten (resistent glas) slechts langzaam B afgeven.

Wat betreft het al of niet bestaan van een concentratieafhankelijkheid voeren JOHNSTON en DORE (1929) aan, dat tomaten wel degelijk op de concentratie reageren en bv. bij 11 γ B per l niet voldoende boraat meer kunnen opnemen.

Dat de plant op latere leeftijd een hogere optimale concentratie eist en ook een hogere grensconcentratie kan verdragen, werd o.a. door VAN OVERBEEK (1934) bij mais en door MES (1930) bij tabak gevonden.

2. *Beïnvloeding door andere ionen.*

Tabel 1 geeft een overzicht van de watercultures, genomen in verband met de boraatbehoefte. Hieruit blijkt, dat verreweg de meeste dezer proeven zijn uitgevoerd met oplossingen van vrij lage pH, welke hoofdzakelijk op rekening komt van het gebezigde KH_2PO_4 . Rothamsted-oplossing heeft zelfs een pH 3.8.

Om na te gaan, in hoeverre de pH en de concentratie van andere ionen van invloed is op het optreden van B-gebrekverschijnselen, lieten BRENCHLEY en WARINGTON (1927) tuinbonen groeien in 1°: Rothamsted-oplossing met pH waarden 3.8, 5.0, 6.2; 2°: oplossingen van zeer verschillende samenstelling, concentratie en pH volgens recepten uit de literatuur. Hoewel zij concludeerden, dat de karakteristieke B-gebrekverschijnselen naar hun aard in alle oplossingen dezelfde waren, groeiden de planten in de oplossing van pH 6.2 aanzienlijk beter dan bij pH 3.8 of 5.0. Dit hoeft echter niet met een pH-afhankelijkheid van de boraatopname samen te hangen, aangezien ook de planten *met* B zich bij hogere pH beter ontwikkelden. Ook voor de andere oplossingen is moeilijk te beoordelen in hoeverre de al of niet betere groei rechtstreeks samenhangt met de gewijzigde samenstelling van de oplossing, dan wel indirect met een beïnvloeding van de boraatopname. Wel menen zij aanwijzingen te hebben, dat Ca de boraatopname door de plant gunstig zou beïnvloeden. In 1934 kwam WARINGTON tot de conclusie, dat omgekeerd de calciumopname duidelijk zou worden beïnvloed door het boraat-ion. Tuinbonen in oplossingen zonder B gekweekt, bevatten procentsgewijze op droge stof minder Ca (maar ook minder K).

MES (1930) onderzocht de invloed van de pH op tabak tussen 3.6 en 8.6 (in oplossingen die met KOH en HCl werden bijgeregeld). Ook bij deze proeven is het moeilijk tot een positieve conclusie over de pH-invloed te komen. MES vermeldt, dat de verschillen tussen de planten met en zonder B bij de hogere pH's geringer worden. Zij vermoedt echter, dat dit verband houdt met een verminderde fosfaatopname, aangezien de fosfaatconcentratie wel van invloed bleek op de verschijnselen van B-gebrek. Bij afwezigheid van fosfaat of bij kleine concentratie vond zij slechts zwakke symptomen van B-tekort, bij grotere PO_4 -concentratie waren de ziekteverschijnselen veel erger en vooral de habitus en vorm der bladeren abnormaal. Zij scheidt

echter de werking van fosfaat-ionen en H-ionen niet duidelijk (waarschijnlijk omdat een zuur fosfaat werd gebruikt om de PO_4 -concentratie te regelen), terwijl zij meent, dat de fosfaatinvloed ook zijn oorzaak kan hebben in een kleiner worteloppervlak bij grotere PO_4 -concentratie. Invloed van Ca op het B-gebrek kon niet worden vastgesteld.

Evenmin kon LÖHNIS (1937) een effect in deze richting vaststellen. Daarentegen kregen HUDIG en LEHR (1938) bij mosterd in zandcultures en VAN SCHREVEN (1939) bij aardappel in zandcultures een duidelijk gunstige werking bij toevoeging van Ca-zouten. Hierop zal nader worden ingegaan in hoofdstuk VB.

Tenslotte kunnen nog proeven van S' JACOB (1927) aangehaald worden, die vond, dat de invloed van een tekort aan borium geringer was bij pH 6.5 dan bij pH 8.

b. LITERATUUR OVER DE B-BEHOEFTEN VAN VERSCHILLENDE PLANTEN.

In principe zou men de uiteenlopende B-behoeften van verschillende plantensoorten op twee manieren kunnen nagaan.

In de eerste plaats kan worden bepaald in welk traject van boraatconcentraties de plant onder overigens normale omstandigheden een normale groei geeft. Dit traject wordt naar onderen begrensd door een minimum concentratie, waarbeneden zich gebrekverschijnselen zullen voordoen en naar boven door een maximum concentratie waarboven beschadiging door teveel optreedt. Practisch is de eerste grens van meer belang dan de tweede, zodat men de B-behoeften van een plant zou kunnen karakteriseren met de minimum concentratie, waarbij de plant zich geheel normaal ontwikkelt. Geheel scherp kan deze grens niet aangegeven worden, zoals zal blijken bij de bespreking van de opname van B (onder c). Deze grens toch zal mede afhankelijk zijn van de samenstelling van de voedingsoplossing, zodat men volgens deze methode dus alleen een betrouwbare vergelijking zou kunnen maken tussen planten, die in dezelfde voedingsoplossing en onder dezelfde omstandigheden zijn gegroeid.

In tabel 1 zijn onderzoeken met watercultures samengebracht, waarbij opklimmende hoeveelheden B aan de voedingsoplossing werden toegevoegd en waarbij de grenzen van gebrek en beschadiging zijn opgegeven.

Men ziet hieruit, dat de meeste onderzoekers hun concentraties met grote intervallen kozen en dat aan het gebied beneden de onderste grens slechts door enkele onderzoekers meer aandacht is besteed. Meestal werd de boraatconcentratie van gedestilleerd water met pro analyse zouten als nulwaarde aangenomen en men bepaalde dan welke planten bij deze concentratie al of niet tot ontwikkeling kwamen. Alleen WARINGTON (1923), BRENCHLEY en WARINGTON (1927) en MC HARGUE en CALFEE (1933) besteedden meer aandacht aan de lage concentraties.

TABEL I. *Vergelijking van watercultuurproeven met opklimmende boraatconcentraties.*

Jaar	Onderzoeker(s)	Gewas	Omschrijving voedingsoflossing	Boraatconcentraties, omgerekend in gamma's B per l.	Ziekteverschijnselen		Speciale opmerkingen
					door tekort aan B	door teveel aan B	
1910	AGULHON	Tarwe	met KH_2PO_4	0, 100, 500, 1000 50000, 100000, 200000, 500000	vermeldt alleen lagere opbrengsten	boven 20000 γ	min. opbr. bij 100 γ maximum opbr. bij 10000 γ /l
1923	WARINGTON ¹⁾	Tuinboon (Gerst)	Rothamsted opl. pH vermoedelijk 3.8	0, 2, 14, 70, 350 1750, 3500, 7000, 35000	bij 0 en 2 γ	bij hoogste conc. vergeelde bladeren	kiempl. met zaadlobben, \pm const. opbr. tusschen 70 en 7000 γ /l
1927	BRENCHLEY & WARINGTON	Tuinboon	Rothamsted opl. pH vermoedelijk 3.8	0, 2, 4, 9, 18, 70	beneden \pm 18 γ , wanneer ververst wordt	—	—
1927	's JACOB	Tuinboon Erwt	opl. van Sachs pH 6.5 en 8.0	0, 875, 2625 en 8750	geen	bij 2625 en 8750 γ	—
1927	SWANBECK	Tabak	opl. van Shive met KH_2PO_4	0, 88, 175, 350, 700, 8750 tot 70000	tusschen 0 en 88 γ weinig verschil	zelfs bij 70000 γ nog gering	optimum conc. 350 γ /l
1929	JOHNSTON & DORE	Tomaat	opl. met KH_2PO_4	0, 11, 55, 550, 5500	bij 0 en 11 γ	bij 5500 γ	—
1930	MES	Tabak	opl. Sommer & Sorokin pH 6.4	0, 88, 263, 350, 1050	bij 0 γ	—	—
1931	BRANDENBURG	Voederbiet	opl. van v. d. Crone	0, 18, 35, 70, 122, 175	bij 0, 18 en 35 γ	—	optimum conc. \pm 100 γ /l
1932	EATON	Katoen	Zandwatercultures met KH_2PO_4	0, 1000, 5000, 10000, 15000, 25000	bij 0 γ	vanaf 10000 γ	Maximum opbr. bij 10000 γ /l
1932	V. D. HONERT	Suikerriet	opl. van v. d. CRONE	0, 10, 100	bij 10 γ nog zwakke gebrekversch.	—	—
1933	Mc HARGUE & CALFEE	Sla	opl. van PEPPER	0, 100, 200, 300 1400, 1500, 1800, 2100, 2400, 2700, 3000	beneden 400 γ	boven 900 γ	optimum conc. 700 γ /l
1934	VAN OVERBEEK	Mais	opl. van v. d. CRONE pH 7—7.5	0, 18, 175, 875, 1750, 8750	bij 0 en 18 γ	bij 8750 γ in 't begin	optimum conc. 175 γ /l
1936	VAN GENNEP	Lupine	opl. van v. d. CRONE pH 6.3—6.8	0, 44, 88, 132, 175 3500, 7000, 8750, 13125	bij 0 γ	vanaf 70000 γ	—
1936	's JACOB	Koffie	opl. van Shive met KH_2PO_4	0, 18, 88 en 175	bij 0 en 18 γ	—	—
1939	V. SCHREVEN	Aardappel	opl. v. ZINZADSE pH = 5	0, 18, 35, 53, 70, 105, 123, 140, 158, 175, 1750, 17500	beneden 53 γ	boven 175 γ	optimum conc. 140 γ /l
1939	MINARIK & SHIVE	Sojaboon	opl. van SHIVE met KH_2PO_4	0, 1, 2 1/2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 10000	beneden 25 γ	vanaf 250 γ	optimum conc. 25—100 γ /l

¹⁾ De hier volgende opgaven gelden alleen voor de tuinboon.

Een tweede methode berust op de vergelijking van het gemiddelde B-gehalte (op droge stof of as) van normale, gezonde planten. Een bezwaar is hierbij, dat dit gehalte tijdens de ontwikkeling van de plant niet constant hoeft te zijn en binnen betrekkelijk wijde grenzen kan variëren, afhankelijk van het groeimedium (grond of voedingsoplossing). Goed beschouwd, zouden dus ook weer alleen planten, die in de zelfde oplossing of in dezelfde grond gegroeid zijn, vergeleken kunnen worden.

Beide methodes hebben bijgedragen tot het inzicht, dat in het algemeen Monocotylen een geringe, Dicotylen een naar verhouding grotere B-behoefte hebben, enkele grensgevallen en uitzonderingen daargelaten. Reeds JAY kwam in 1895 op grond van talrijke plantenanalyses tot de slotsom, dat de Gramineëen (tarwe, gerst, rijst, rogge) met zeer weinig B kunnen volstaan, hetgeen door latere analyses bevestigd werd (AGULHON 1910, LÖHNIS 1936). Een belangrijke stap verder betekende het onderzoek van BERTRAND en DE WAAL (1936), die planten, welke op dezelfde grond waren gegroeid, aan een onderzoek onderwierpen. Zij analyseerden niet minder dan 28 gewassen, waarvan gerst, rogge, look, tarwe en mais weer tot de voor B minst gevoelige bleken te behoren.

B-gehalte van gerst	0.0002 %	op droge stof.
„ „ rogge	0.0003 %	„ „ „
„ „ prei	0.0003 %	„ „ „
„ „ tarwe	0.0003 %	„ „ „
„ „ mais	0.0005 %	„ „ „

Deze analyses werden later aangevuld door BERTRAND en SILBERSTEIN (1937) met 14 gewasanalyses, waarbij ook weer de Monocotylen gras en ui goed aansloten bij de groep met laag B-gehalte.

Of voor de verschillende plantenfamilies der Dicotylen een indeling is te geven op grond van het B-gehalte, laat zich met de betrekkelijk schaarse gegevens nog niet vaststellen. De analyses van BERTRAND, DE WAAL en SILBERSTEIN geven voor de onderzochte Dicotylen gehalten aan van 0.001 tot 0.01 % B. Hierbij bleken de gevonden waarden voor bepaalde plantenfamilies vrij dicht opeen te liggen, bv. bij de *Solanaceëen* (vijf soorten tussen 0.0011 en 0.0025 % B), bij de *Papilionaceëen* (negen soorten tussen 0.0016 en 0.0043 % B, een tiende bij 0.0070 %) en bij *Cruciferen* (vier soorten tussen 0.0022 en 0.0053 % B). Daarentegen lagen bij andere families de waarden ver uit elkaar, bv. *Chenopodiaceëen* (bij spinazie 0.0010 %, bij bieten 0.0076 % B).

Waarschijnlijk mede als gevolg van deze uiteenlopende boriumbehoefte treffen we bij de laagst bereikbare boraatconcentraties voor Monocotylen en Dicotylen zeer verschillende gebrekverschijnselen aan.

Monocotylen: in de regel ontwikkelen de planten zich aanvankelijk normaal en treden pas in het reproductiestadium tekenen

van B-tekort op. Beschadigingen tijdens het groeistadium werden geconstateerd bij

suikerriet (VAN DEN HONERT 1933, MARTIN 1934),

mais (VAN OVERBEEK 1934, HUDIG en LEHR 1938, SCHROPP & ARENZ 1938),

Sorghum (GROSSENBACKER en LIVINGSTONE 1936),

waarbij in het blad witte vlekken of strepen optraden, als gevolg van het gevallen van het mesophyl.

Terwijl WARINGTON er in het bekende onderzoek van 1923 nog niet in slaagde bij gerst deficientieverschijnselen tevoorschijn te roepen, kregen SOMMER en LIPMAN in 1926 zeer grote verschillen met en zonder borium. LÖHNIS (1937) vond dat gerst geen aren vormde, terwijl bij rogge de aren aan de top verdorden en niet bloeiden. Tarwe gaf een normale maar niet bloeiende aar. Haver kwam evenmin tot volledige ontwikkeling. MORRIS (1931) vond voor tarwe soortgelijke resultaten, terwijl bij DENNIS en O'BRIEN (1936) haver zelfs nog vóór het reproductiestadium afstierf. Ook mais bleek in proeven van HUDIG en LEHR (1938) zonder toevoeging van B geen aar te vormen.

Hoe klein de benodigde hoeveelheid B voor Monocotylen is, bleek uit het onderzoek van LÖHNIS (1937), die gerst, rogge, tarwe en haver in leidingwater tot normale planten kon laten opgroeien.

Dicotylen: karakteristieke verschijnselen als gevolg van een boriumtekort zijn:

stagneren van de wortelgroei, de wortels zijn weinig vertakt en vertonen knikken, aanzwellingen en stompe, abnormale toppen,

afsterven van het vegetatiepunt, verwelken van de jongste bladeren, hetgeen zich later kan uitbreiden tot de oudere bladeren.

Treedt het tekort op latere leeftijd op, dan schijnen zich stoornissen in het transport van plastische stoffen voor te doen, bladeren gevuld met assimilaat worden droog en hard, vergelen van de randen af en krullen om. Dikwijls vertoont de stengel verdikkingen onder het vegetatiepunt.

In het bloeistadium kunnen de bloemen vrij plotseling indrogen, of kan de vruchtzetting gestoord worden. Het maakt dan ook voor het ziektebeeld verschil in welk ontwikkelingsstadium het tekort zich voordoet, alsook of het geleidelijk dan wel plotseling optreedt (zoals ook door VAN SCHREVEN (1939) werd vastgesteld).

Kenmerkend voor Dicotylen is bovendien het uitlopen van zijknoppen, indien na een periode van B-tekort weer borium voor de plant beschikbaar komt. Dit kan aanleiding geven tot een overvloedige bladontwikkeling bij zeer gedrongen habitus. We vinden dit onder meer vermeld bij

WARINGTON	(tuinboon, 1923)	} ontwikkeling van zijknoppen.
JOHNSTON & DORE	(tomaat, 1929)	
VAN SCHREVEN	(aardappel, 1939)	

Voor de praktijk heeft de uiteenlopende B-behoefte der cultuurplanten grote betekenis. Terwijl Gramineëen practisch nooit B-gebrekverschijnselen vertonen, zijn er gewassen bekend, waarbij hardnekkig ieder jaar dezelfde ziekteverschijnselen terugkeren. In Nederland komt B-gebrek voor bij de biet (hartrot) en bij de koolraap (bruin). Bekend is ook het ziektebeeld van B-gebrek bij appels („internal cork”).

Onder de Dicotylen zijn het speciaal de knolgewassen, die behalve door hun grote B-behoefte ook door hun grote droge stofproductie (gerekend per oppervlakte-eenheid) het beschikbaar borium in de grond snel kunnen uitputten.

c. OVER DE VERDELING VAN BORIUM IN DE PLANT.

De wens om iets meer over de functie van het borium in de plant te weten te komen was voor verschillende onderzoekers aanleiding meer gedetailleerde analyses van planten te maken, om na te gaan of dit element verspreid, dan wel meer gelocaliseerd voorkomt. Zo vermeldt EATON in 1932 dat de bladeren van katoen, gekweekt in zand-watercultures bij verschillende concentraties, steeds meer B bevatten dan de wortels en stengels. Ook in 1935 vermeldt hij verschillende gewasanalyses, waarvoor dit eveneens blijkt op te gaan. Mc LEAN en HUGHES (1936) deden proeven over de verdeling van B in *Vicia Faba*, die in zand-watercultures waren gegroeid met 1 : 5000 B₂O₃ en 1 : 50000 B₂O₃.

Hierbij was de volgorde van toenemend B-gehalte steeds: wortels < stengels (onder) < stengels (boven) < jongste blad < ouder blad. Het gehalte van het zaad lag tussen dat van wortels en stengel in. Bij *Gossypium herbaceum* vonden zij: wortels < stengels < zaad < blad.

BRANDENBURG (1939) vond dat het blad van gezonde bieten aanmerkelijk meer B bevatte dan de wortels (biet); bij zieke bieten daarentegen was het B-gehalte van het blad van dezelfde orde of weinig hoger.

Nadat SCHMUCKER (1933) aangetoond had, dat de as van de stamper van enige *Nymphaea*-soorten een hoog B-gehalte heeft en dat B de kieming van de pollenkorrels bevordert (1935), volgden meer in detail gaande onderzoeken van BOBKO, MATVEEVA en SYVOROTKIN (1935), BOBKO en ZERLING (1938) en van BERTRAND en SILBERSTEIN (1939), waarbij speciaal aandacht werd besteed aan de reproductieve delen van de plant.

Eerstgenoemden vergeleken het B-gehalte van appelbloesems met bladeren van de appelboom, waarbij de laatste een lager gehalte bleken te hebben. Hoger nog dan het gehalte van bloembodem, vruchtbeginsel en meeldraden was dat van de bloembladen en de stampers.

BOBKO en ZERLING vonden bij klaver en lupine, dat de bloemen gemiddeld meer B bevatten dan de bladeren en deze weer meer dan de stengels. Bovendien bleek bij tabak, herfsttijloos en pompoen het hoogste gehalte voor te komen in stampers en stijlen, bij mais in het pollen. BERTRAND en SILBERSTEIN kozen *Lilium candidum* L. als

analyse-object vanwege zijn grote bloemen en ook hierbij bleken helmknoppen, vruchtbeginsel en stempel relatief rijk te zijn aan borium. Verder vermeldt LÖHNIS (1937) detail-analyses, waaruit bleek dat het pollen van tarwe een hoog gehalte had.

De meeste der bovengenoemde bepalingen werden uitgevoerd volgens de methode van BERTRAND en AGULHON (1910 a en b) (curcuma) en dikwijls met betrekkelijk weinig materiaal. Al moeten de verkregen cijfers daarom met enige reserve bekeken worden, de overeenstemming ten aanzien van de verdeling van B is goed te noemen. Wortels blijken bijna steeds minder B te bevatten dan stengels, deze op hun beurt minder dan de bladeren, terwijl bloemen, in het bijzonder stempel en pollen, het hoogste gehalte vertonen.

d. OVER DE ROL VAN BORIUM IN DE PLANT.

Alle tot nu toe opgedane ervaringen wijzen er op, dat B in de plant een specifieke functie heeft, die niet door andere elementen kan worden overgenomen, terwijl B zelf geen functies van andere elementen zou kunnen overnemen. Zo onderzochten BRENCHELY en WARINGTON (1927) 52 elementen („in aequivalente hoeveelheid”) op de mogelijkheid B te vervangen, waarbij steeds de karakteristieke verschijnselen van B-gebrek optraden. Inderdaad is, te oordelen naar deze uiterlijke kenmerken, een vervangbaarheid van B niet te verwachten. Alleen een tekort aan Ca geeft deficientieverschijnselen die zeer sterk aan die van B-tekort doen denken, nl. een soortgelijke storing van de wortelontwikkeling en een beschadiging, eventueel een afsterven van het vegetatiepunt, gepaard gaande met armelijke groei. Verder is B evenmin als Ca snel in de plant verplaatsbaar. Hoewel dus de functie van Ca en B in de plant nauw met elkaar verwant schijnen, zijn er in de deficientieverschijnselen toch weer bepaalde verschillen (zoals o.a. door Mc MURTREY (1929) bij tabak en door VAN SCHREVEN (1939) bij de aardappel werd nagegaan), zodat we eerder van aanvullende dan van substituerende functies kunnen spreken.

Wanneer we nu nagaan langs welke weg een inzicht verkregen kan worden in de rol die B in de plant speelt, dan zien we daartoe de volgende mogelijkheden:

- 1a. Bestudering van de chemische eigenschappen van het borium en zijn verbindingen, meer in het bijzonder die van boorzuur met organische complexen.
- b. Analytische onderzoekingen over het voorkomen van B in de plant en de verdeling over de verschillende organen; biochemische over de uitwerking van B-tekort op transport en stofwisseling.
- 2a. Nagaan van de uiterlijke symptomen van B-tekort in verband met de omstandigheden, waaronder de plant groeit.
- b. Beschrijving van de histologische verschillen, die bestaan tussen gezonde en B-deficiente weefsels.

We willen de punten 1*b*, 2*a* en 2*b* hier nagaan om te trachten in hoofdstuk VII te komen tot een samenvattende hypothese over de functie van het B in de plant.

Transport van koolhydraten. JOHNSTON en DORE (1929) onderzochten de invloed van B op het transport van koolhydraten in de plant. Bladeren, stengels en wortels van gezonde en zieke tomatenplanten werden geanalyseerd, waarbij bleek dat de bladeren van zieke planten veel rijker waren aan zetmeel en in benzol oplosbare verbindingen dan het blad van de gezonde planten, zodat het koolhydratentransport in B-deficiente planten zeker ernstig gestoord is. In de stengels was daarentegen het gehalte aan suikers en benzol-oplosbare verbindingen het grootst bij de gezonde plant, het zetmeelgehalte het grootst bij de zieke plant.

Op pag. 41 heet het: „The leaves of the boron deficient plants contain a higher percentage of alcohol soluble matter than do the normal leaves. Since many of the metabolic important constituents of plant sap are soluble in alcohol, these results immediately suggest that there are significant differences in the active mobile constituents of the two groups of plants, while the insoluble constituents, which include the framework constituents of the plant are much alike in the two groups.”

(p. 49): „These data for the stems show that in the normal plants with uninjured phloem tissue the sugars pass into the stems and being able to continue further in these stems very little is condensed to starch. On the other hand in the stems of the boron deficient plants with their injured conducting systems, the sugars can not be moved so rapidly and are condensed to starch.”

Ook de uiterlijke verschijnselen bij B-gebrek wijzen geheel op een storing van het koolhydratentransport. In 1928 vond JOHNSTON dat bladeren van B-deficiente aardappelen abnormaal veel zetmeel bevatten, hetgeen later door VAN SCHREVEN (1939) werd bevestigd. Mosterdplanten, die plotseling door B-gebrek worden overvallen, vertonen eveneens harde, droge, leerachtige bladeren met hoog drooggewicht (eigen onderzoek). Ook HAAS en KLOTZ (1931, p. 188) stellen vast: „The abnormal accumulation of carbohydrates in the leaves of boron deficient citrus, coupled with the fact that the phloem tissues are destroyed, show that translocation is seriously interfered with.”

Waarschijnlijk hangt ook het hoge drooggewicht van planten uit series, waaraan B onthouden werd, hier mee samen. (MES 1930 tabak TABER ELTINGE 1936 mais).

Bewegelijkheid van B in de plant. Verschillende auteurs vestigen er de aandacht op, dat het B in de plant zeer weinig beweeglijk blijkt te zijn. Zo BRENCHLEY en WARINGTON (1927, p. 185): „... , although so little boron is required for the well being of the

plant, a constant supply is necessary". JOHNSTON en DORE (1929, p. 60): „Although extremely small quantities of boron are essential to the tomato plant this element must be supplied constantly. There is apparently no reserve built up in the plant for future growth since plants grown for six weeks in solutions containing boron and then grown in boron-deficient solutions soon showed characteristic symptoms of boron-deficient injuries." BRANDENBURG (1939, p. 15) stelde bij bieten vast: „... das aufgenommene Bor ist irgendwie am Aufbau des pflanzlichen Organismus beteiligt und wird im Gewebe festgelegt, so dass die Pflanze einer fortlaufenden Borzufuhr bedarf, solange das Wachstum andauert."

TABER ELTINGE (1936, p. 776): „Boron is not available for translocation to other tissues or organs". Ook VAN SCHREVEN (1939) constateert hetzelfde bij de aardappelplant. Uit dit alles blijkt, dat het eenmaal opgenomen borium in de weefsels wordt vastgelegd en in de plant weinig beweeglijk is. Voor verschillende auteurs is dit aanleiding geweest de opvatting van AGULHON (1910), als zou borium een „katalytisch element" zijn, te verwerpen en te spreken van „voedingselement" (WARINGTON 1923; „nutritive element"). Volgens deze onderscheiding zou een „voedingselement" dienen voor de opbouw van de plant en daarbij grotendeels vastgelegd worden, terwijl „katalytische elementen" het groeiproces zouden bevorderen, hoofdzakelijk werkzaam zijn op plaatsen van actieve groei en niet door het groeiproces verbruikt worden. In dit verband kan nog worden opgemerkt, dat AGULHON generlei invloed van borium op fermentwerkingen gevonden heeft.

Rol van het B bij de voortplanting? Verklaringen van de functie van het B, die gebaseerd zijn op de verdeling ervan in de plant, berusten voornamelijk op de vrij hoge B-gehalten van de reproductieve delen van de plant (bloemen, pollen en stempel), hetgeen leidde tot het idee, dat B speciaal een rol zou spelen bij de geslachtelijke voortplanting (zie bv. LÖHNIS 1937). Deze mening werd gesteund door het belangrijke onderzoek van SCHMUCKER (1933), die aantoonde dat de kieming van stuifmeelkorrels sterk bevorderd kan worden door boorzuur, onderzoekingen welke door BOBKO en ZERLING (1938) in diverse kiemprouven bevestigd konden worden (percentage gekiemde korrels wordt groter, de pollenbuis wordt langer; andere elementen hadden deze werking niet in die mate). Een tweede belangrijke vondst van SCHMUCKER (1935) was, dat in een suikerhoudende oplossing (die overigens gelijkenis vertoont met de nectar van de stempel) de korrels spoedig uiteenbarstten, hetgeen alleen door toevoeging van boorzuur kon worden verhinderd. Naar aanleiding hiervan maakte hij de veronderstelling, dat B de zwelling van plasma-kolloïden zou kunnen regelen en mogelijk ook een rol zou kunnen spelen bij de vorming van pectine van de pollenbuiswand.

Histologische onderzoekingen. Hoewel histologische onderzoekingen buiten het terrein van dit proefschrift vallen, willen we toch een kort overzicht geven van verschillende bijdragen op dit gebied en de belangrijkste conclusies hiervan weergeven. De volgende onderzoekingen zijn te vermelden:

WARINGTON	1926	Tuinboon.
SOMMER & SOROKIN	1928	Erwt.
HAAS & KLOTZ	1931	<i>Citrus</i> .
MARTIN	1934	Suikerriet.
VAN SCHREVEN	1934	Tabak.
„	1935a	Tomaat.
„	1935b	Aardappel.
ROWE	1936	Suikerbiet.
VAN GENNEP	1936	<i>Lupinus luteus L.</i>
TABER ELTINGE	1936	<i>Zea Mais</i> .

Hoewel volgens deze onderzoekingen een tekort aan borium aanleiding kan geven tot een grote verscheidenheid van anatomische afwijkingen, vinden we toch bij verschillende planten gemeenschappelijke kenmerken terug. Het zijn in het algemeen de meristematische weefsels, die het eerst pathologische verschijnselen vertonen: vegetatiepunten en in het bijzonder het cambium. Voorts ook het phloeem en in mindere mate het xyleem. Zo vermeldt WARINGTON dat een tekort aan B zich bij de tuinboon uit in hypertrophie van de cambiumcellen van stengel en wortel, eventueel in een volledige desintegratie. Dikwijls komt desintegratie van phloeem en grondparenchym voor, alsmede armelijke ontwikkeling van het xyleem, wat uiteindelijk ook kan desintegreren. Soortgelijke mededelingen vinden we ook bij SOMMER & SOROKIN, HAAS & KLOTZ, VAN SCHREVEN (tabak en tomaat), ETHEL ROWE en VAN GENNEP.

Bij verdere uitbreiding van de ziekteverschijnselen wordt meestal ook het vaatbundelgedeelte aangetast, zoals bv. door VAN SCHREVEN voor tabak en tomaat wordt aangegeven. Interessant is de wijze waarop dit bij de biet geschiedt. ROWE maakt erop opmerkzaam, dat de secundaire vaatbundels in de biet een voortzetting zijn van het vaatbundelsysteem der bladeren en dat de aantasting van een bepaalde bladkrans zich spoedig ook doet gelden in de corresponderende vaatbundelring van de biet. Zij veronderstelt verder, dat verstopping van de zeefvaten de eerste aanwijzing vormt dat het weefsel lijdt aan boriumtekort.

Twee verschijnselen vragen nog in het bijzonder de aandacht, nl. de aantasting der celwanden en het ophouden van kernelingen als uitingen van boriumgebrek. Over de aantasting der celwanden zegt VAN SCHREVEN (1934, p. 121) bv.: „De aantasting der cellen begint steeds met een bruinkleuring der wanden, vaak in een hoekpunt, waar vier cellen bij elkaar komen. In deze wanden treden blijkbaar

soms bepaalde spanningen op, daar de cellen samengedrukt en uitgerekt kunnen worden." Ook bij tomaat en aardappel vond hij een dergelijke aantasting van de celwand, terwijl VAN GENNEP dezelfde verschijnselen beschrijft voor lupine. Een iets andere omschrijving treffen we aan bij SOMMER & SOROKIN voor de erwt: „Another important characteristic of the tissue in the plerome region is the formation of thick strands which apparently represent the collapsed and thickened walls of cells." Belangrijk is verder nog de opmerking van DENNIS & O'BRIEN (1936), dat de aantasting van de celwand in vele gevallen begint met het opzwellen en verkleuren van de middenlamel, de laag welke het rijkst aan pectine is.

De tweede uiting van boriumtekort betreft de storing van de kerndeling in de meristemen. Voorbeelden hiervan worden aangehaald door SOMMER & SOROKIN, HAAS & KLOTZ, ROWE en VAN SCHREVEN.

De ziekteverschijnselen voor suikerriet en mais wijken van de bovenomschreven symptomen af, hetgeen samenhangt met de afwijkende bouw van deze gewassen en de uitzonderingspositie die de Monocotylen innemen.

HOOFDSTUK II

OVER DE NAUWKEURIGHEID VAN KWEEKPROEVEN

De opname van verschillende ionen door de plant en de verdeling ervan over de verschillende organen kan op zichzelf als een kolloid-chemisch proces beschouwd worden, waarbij zowel reacties aan de diverse membranen een rol spelen als omzettingen met assimilatieproducten in de plant. Tezamen met deze assimilatie vormt dit systeem van reacties datgene, wat men onder „plantengroei” verstaat.

Als gevolg van de wisselwerking tusschen ionenopname en assimilatieprocessen is het samenstel van reacties uitermate ingewikkeld en bestudeert men daardoor de integrale werking van al deze processen op één enkel proces (bv. de ionenopname). Zolang de plant leeft is er bovendien nimmer sprake van een stationnaire toestand; er vinden voortdurend veranderingen plaats, zonder dat er een stationnair evenwicht wordt bereikt. Dat alles maakt, dat ons probleem niet met dezelfde exactheid kan worden behandeld als niet-biologische fysisch-chemische vraagstukken, zodat men zich er rekenschap van moet geven, welke graad van nauwkeurigheid er te bereiken is in het experiment.

Van de gebruikelijke methodes van onderzoek benaderen de grond- en zandcultures wel het meest de natuurlijke voorwaarden, waaronder de planten groeien. Daarentegen zal men bij watercultures onder beter reproduceerbare condities kunnen werken dan bij grond- of zandcultures, omdat hier de vaste phase uitgeschakeld is, terwijl de concentraties beter gedefinieerd zijn. Het verschil tussen de twee methodes laat zich voor zover het de concentratie betreft, als volgt geïdealiseerd weergeven:

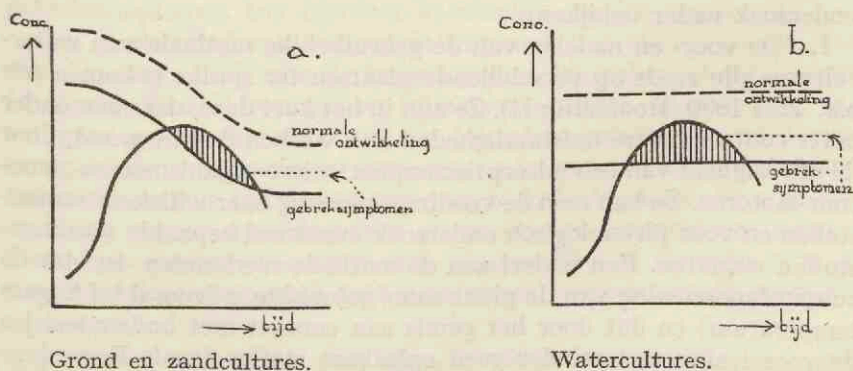


Fig. 1.

Hierin stelt de curve met maximum schematisch de behoefte van de plant voor, welke eventueel over meer maxima kan verlopen. Terwijl nu, bij voldoende frequent verversen, in watercultures de concentratie bij eerste benadering constant blijft, hebben we bij zand- en grondcultures met afnemende concentratie te maken, zij het ook, dat door de bufferende werking van de grond deze curve minder steil verloopt, zodat bij onbemeste systemen de toestand meer op b. zal gaan gelijken. Op grond hiervan zullen watercultures, mits voldoende vaak ververs, zich beter lenen voor onderzoekingen over ionenopname door de plant.

Nog in een ander opzicht onderscheidt de watercultuur zich van de grondcultuur. Bij grondcultures zal de opname van kationen voor een niet gering gedeelte tot stand komen door omwisseling aan het adsorptiecomplex (tegen H^+). Bij watercultures bestaat deze mogelijkheid niet en zal de opname van kationen voor een groter gedeelte gepaard gaan met die van anionen.

Bij onderzoekingen over ionenopname, wordt meestal stilzwijgend aan andere processen, die de plantengroei beheersen, voorbijgegaan en probeert men het onderwerp van één gezichtspunt uit te behandelen. Daarbij worden dus zoveel mogelijk alle factoren, ook temperatuur, luchtvochtigheid enz., constant gehouden en slechts enkele factoren gevarieerd.

We willen nu trachten na te gaan welke factoren het resultaat van de proef kunnen beïnvloeden en welke graad van reproduceerbaarheid deze toelaten.

Te noemen zijn:

1. de watercultuurmethode op zichzelf;
2. het uitgangsmateriaal (plantaardig);
3. de chemicaliën en het gedestilleerde water;
4. temperatuur, belichting, vochtigheid en CO_2 druk;
5. absolute concentratie en concentratieverhoudingen.

We willen deze factoren speciaal met het oog op het betrokken onderzoek nader bekijken.

1. De voor- en nadelen van de gebruikelijke methode van watercultures zijn reeds op verschillende plaatsen ter sprake gekomen (zie o.a. MES 1930, Hoofdstuk II). Ze zijn in het kort deze, dat men onder beter controleerbare omstandigheden kan werken dan in grond, door de afwezigheid van een adsorptiecomplex, micro-organismen en structuurfactoren. Zo kan men de voedingsoplossing naar willekeur samenstellen en voor fysiologisch onderzoek eventueel bepaalde voedingsstoffen weglaten. Een nadeel aan de methode verbonden is, dat de zuurstofvoorziening van de plant soms gebrekkig is (vooral bij hogere temperatuur) en dat door het gemis aan contact met bodemdeeltjes de voorziening met minder goed oplosbare stoffen (zoals Fe-verbindingen) moeilijk verloopt.

Beschouwt men het voordeel van de beter controleerbare omstandigheden nader, dan blijkt dit zeer betrekkelijk te zijn. Door selectieve absorptie van voedingsionen neemt de concentratie van de voedingsoplossing voortdurend af, terwijl tevens de verhouding der concentraties van verschillende bestanddelen wordt gewijzigd. Verder neemt het gehalte van de oplossing aan CO_2 en aan organische uitscheidingsproducten van de plant toe. Hierbij kan zich dus de afwezigheid van een bufferend adsorptiecomplex als een nadeel doen gelden. Gebruikt men ter compensatie hogere beginconcentraties, dan leeft de plant onder abnormale omstandigheden en neemt ongebruikelijk grote hoeveelheden der voedingsionen op. Ook het werken met toevoegingen van slecht oplosbare stoffen, om een kleine maar constante concentratie in stand te houden, beantwoordde in de praktijk niet aan de verwachtingen.

Het is dan ook begrijpelijk, dat men getracht heeft deze bezwaren te ondervangen, enerzijds door de oplossing herhaaldelijk te vernieuwen, anderzijds door een wijziging in de methode aan te brengen, nl. door de stilstaande oplossing te vervangen door een langzaam stromende (Shive-continuous flowing method) om de concentratie zoveel mogelijk constant te houden ¹⁾. Wanneer het daarbij de bedoeling is met lage concentraties aan voedingszouten te werken, die in grootteorde de concentratie van de bodemoplossing nabij komen, zal het ook dan moeilijk zijn de doorstromingssnelheid zo groot te kiezen, dat de werkelijke concentratie in het cultuurvat overeenkomt met de concentratie van de voorraadoplossing, immers de groeiende plant gaat allengs meer ionen opnemen, waardoor de concentratie van de uitstromende oplossing steeds lager zal worden. Men heeft bij deze soort proeven dus de keus tussen grote stroomsnelheid en lage zoutconcentratie (wat grote hoeveelheden gedestilleerd water vergt), of hogere concentraties bij kleinere stroomsnelheid. Speciaal voor onderzoekingen met sporenelementen, zoals borium, is een grote stroomsnelheid bezwaarlijk, voorzover het lage boraatconcentraties betreft, omdat ook gedestilleerd water steeds sporen B bevat. Het optreden van typische gebreksymptomen zou hierdoor aanzienlijk worden vertraagd.

Een modelproef van stromende watercultures vinden we bij VAN DEN HONERT (1933), die de fosfaatopname bij suikerriet onderzocht, in afhankelijkheid van pH en fosfaatconcentratie. In afwijking van vroegere onderzoekers hield hij niet de plant gedurende een volledige groeiperiode in oplossingen van constante samenstelling, maar mat gedurende korten tijd de snelheid van de fosfaatopname, door de verandering van de oplossing voor en na de doorstroming na te gaan. Daar het opname-evenwicht zich binnen 20 uur instelde, was de proefduur hier aanzienlijk korter en wogen bovengenoemde bezwaren

¹⁾ Hierbij wordt steeds verse oplossing aangevoerd, terwijl de verbruikte oplossing geleidelijk wegloopt.

minder zwaar. Deze wijze van experimenteren leent zich echter minder goed voor grotere proefseries en vereist bovendien een analysemethode, die opgewassen is tegen de geringe hoeveelheden voedingsion, die per liter aanwezig zijn. Voor het fosfaat-ion zijn inderdaad zeer gevoelige en voldoende betrouwbare colorimetrische reacties bekend, wat voor het boraat-ion nog niet het geval is (zie Hoofdstuk III), zodat we hier toch weer de plant zelf in staat moeten stellen een analyseerbare hoeveelheid B op te hopen ¹⁾).

Een voordeel van de stromende watercultures is ongetwijfeld, dat de Fe-voorziening veel beter geregeld kan worden door in de toevloeiende oplossing een oplosbare Fe-verbinding te druppelen. Hierbij is het gevaar voor neerslaan (als fosfaat) in het cultuurvat zeer gering. Ook de zuurstofvoorziening is beter dan bij stilstaande watercultures, omdat de indruppelende oplossing wat lucht met zich meeneemt.

2. In het plantaardig uitgangsmateriaal zal in het algemeen een groot gedeelte van de foutenbronnen van groeiproeven schuilen. Het zaad is niet volkomen homogeen en kan per korrel een wisselende hoeveelheid reservestoffen (in ons geval ook B) bevatten. Een ernstiger bezwaar nog is vermoedelijk de variabiliteit der kiemen, waardoor planten ontstaan, die onderling niet geheel gelijk zijn. Wanneer bv. meer planten in eenzelfde oplossing onder volkomen gelijke omstandigheden worden grootgebracht, kunnen derhalve aanzienlijke verschillen optreden. In het betrokken onderzoek werden steeds zo gelijk mogelijke kiemplantjes van 1 à 2 weken oud gebruikt (met 1e of 2e blad in aanleg en enige wortelontwikkeling).

3. De in de handel zijnde pro analyse preparaten, die voor normaal gebruik in watercultures wel zuiver genoeg zijn, moeten aan een nader onderzoek onderworpen worden, zodra het in groeiproeven om de werking van sporenelementen gaat. Zoals in Hoofdstuk I (§ a1) reeds is vermeld hebben slechts weinigen bij het onderzoek over de B-werking zich over de zuiverheid van hun preparaten zorgen gemaakt en kwam tevens tot uiting, dat de plant veelal een gevoeliger reagens op borium is dan de bekende analytische methoden. Hier schuilt dan ook de grote moeilijkheid voor een eventueel uit te voeren zuiveringsproces, omdat dit niet met een voldoende gevoelige micro-analyse gecontroleerd kan worden. In Hoofdstuk III zal nader op de zuiverheid der gebruikte chemicaliën ingegaan worden, waarbij zal blijken, dat de onzuiverheden hierin in hoeveelheden voorkomen, die groot genoeg zijn, om de resultaten van blanco-proeven te beïnvloeden. Ook het gedestilleerde water kan hierbij niet buiten beschouwing blijven.

¹⁾ VAN DEN HONERT bepaalde de fosfaat opname t.o.v. het worteloppervlak. Dit werd echter in de berekening uitgeschakeld door met dezelfde plant (zelfde worteloppervlak) een bepaling te doen bij een standaard-fosfaatconcentratie.

4. In het algemeen kan aangenomen worden, dat de verschillen die optreden bij een serie groeiproeven, genomen onder gelijke omstandigheden, wat temperatuur en belichting betreft, tot stand komen in afhankelijkheid van de variaties in de voedingsoplossing. De vraag of deze afhankelijkheid bij een ander verloop van temperatuur en licht een ander beeld zouden gaan vertonen, wordt meestal buiten beschouwing gelaten. Bekend is, dat niet alleen de groeisnelheid, maar ook de kieming en de bloei door de temperatuur beïnvloed worden (zie RUSSELL 1937, p. 54). Dat variatie in afwisseling van licht- en donkerperioden tot grote verschillen in groei en bloei aanleiding kan geven, volgt uit het onderzoek van GARNER en ALLARD (1931). In § 6 wordt betoogd, dat de plant slechts binnen een bepaald traject (van een variabele factor) *normaal* kan groeien. Overschrijdt men dit traject aan de ene of de andere zijde, dan treden kenmerken op, die erop wijzen, dat de normale groei gestoord is. Ook voor licht en temperatuur bestaat een dergelijk traject, waarbinnen de plant meestal vrij veel speling heeft — althans wanneer alle andere factoren harmonisch gekozen zijn — doch waarbuiten zij of zich pathologisch ontwikkelt, of te gronde gaat.

Wanneer (zie 6) één der factoren niet harmonisch gekozen is, maar aan de grens ligt van de bestaansmogelijkheid van de plant, dan kan een kleine wijziging in de factor licht of temperatuur voldoende zijn om die grens juist te overschrijden. Iets dergelijks treedt op, indien planten, die een tekort aan een voedingsfactor hebben (en zich dus reeds pathologisch ontwikkelen) bij te hoge temperatuur of te sterk licht groeien. Dit is dan voldoende om de plant te doen afsterven of om bepaalde ziektesymptomen te doen optreden. Hierdoor liggen de milieu-grenzen voor gezonde en zieke planten verschillend wat licht en temperatuur aangaat. Een voorbeeld vinden we bij WARINGTON (1933), die de invloed van de daglengte op de hevigheid van B-gebrek onderzocht. Een ander voorbeeld zullen we ontmoeten bij de beschrijving van de proeven in Hoofdstuk V, waarbij blijkt, dat B-gebrekverschijnselen onder invloed van warmte en zon plotseling in een kritiek stadium kunnen komen.

Zou men het probleem geheel exact willen aanpakken, dan zou men:

- 1e. temperatuur, belichting, luchtvochtigheid en CO_2 druk constant moeten houden;
- 2e. bij verschillende temperatuur het gedrag der planten moeten nagaan;
- 3e. de milieu-grenzen moeten bepalen, waarbij gezonde en zieke planten bestaanbaar zijn.

LUNDEGÅRDH (1932) werkt bv. reeds met kamers van constante temperatuur en intermitterende belichting (foto-thermostaten) voor cultures met constante groeivoorwaarden.

5. Concentratie en concentratieverhoudingen hangen rechtstreeks

samen met de keuze van een geschikte voedingsoplossing. Weliswaar zijn reeds vele recepten hiervoor gegeven, zonder dat een in alle opzichten bevredigende voedingsoplossing, of zelfs een theorie hierover, bestaat. In eerste instantie mag aangenomen worden, dat de absolute concentratie der ionen van ondergeschikt belang is in vergelijking met de verhouding der concentraties. Zo vond ÅSLÄNDER (1932) bv. dat ook bij lage pH (3,8—4,0), dus hoge H-ionen concentratie, plantengroei mogelijk is, mits ook de andere kationen in voldoende concentratie aanwezig zijn. Met inachtneming van een bovenste grens (door de osmotische waarde der oplossing bepaald), kan men de concentratie der voedingszouten binnen zeer wijde grenzen variëren; ook is de plant in staat zijn anorganisch voedsel nog uit zeer verdunde oplossingen op te nemen (VAN DEN HONERT 1933, PO_4 door suikerriet; jodium door zeewier). STILES (1915) vond, dat rogge en gerst binnen een groot concentratietraject relatief weinig verschil in drogestofproductie te zien gaven en dat ook de concentratie van „bodemplossing” hoewel zeer laag, hoog genoeg is om gezonde planten te produceren.

Hoewel de meest gunstige samenstelling van de voedingsoplossing van plant tot plant zal variëren, kan men zich op grond van vele experimenten met watercultures en over antagonismen tussen ionen een idee maken van de voorwaarden, waaraan een goed (harmonisch) samengestelde oplossing moet voldoen. Voor de kationen kan gezegd worden dat meer één-waardige dan twee-waardige kationen in de oplossing wenselijk zijn en bovendien meer K dan Na en meer Ca dan Mg, terwijl het meest gunstige pH-traject ligt tussen 5 en 7. Voor de anionen geldt, dat de NO_3 -concentratie groter moet zijn dan die van PO_4 of SO_4 en dat het Cl-ion in grotere concentraties overbodig is. Een oplossing, die vrij goed aan deze eisen voldoet, is de oplossing van VAN DER CRONE, welke in gewijzigde vorm ook in dit onderzoek werd toegepast. Aanknopingspunten hiervoor vindt men o.a. bij BECKENBACH, WADLEIGH en SHIVE (1936, 1938; mais) en bij VAN DEN HONERT (1932; suikerriet). De eerstgenoemden voerden hierover meer systematische proeven uit.

In bijna alle gebruikte voedingsoplossingen geeft de ijzervoorziening moeilijkheden, omdat met de gewone ijzerzouten het fosfaat neerslaat; een uitvoerige studie hierover is van SCHROPP (1934, 1938) afkomstig. Een van de meest toegepaste ijzerverbindingen is het ferrofosfaat, omdat dat een grotere oplosbaarheid heeft dan ferrifosfaat. Daarnaast worden ook organische of complexe ijzerverbindingen (o.a. citraat) toegepast, waarvan echter alleen het humaat voldoende bestendig blijkt te zijn en toch een voldoende Fe^{+++} -concentratie geeft. Dit verdient dan ook voor niet stromende watercultures de voorkeur.

Ook t.a.v. Ca en Mg moet een zekere voorzichtigheid betracht worden, omdat hiervan betrekkelijk weinig-oplosbare fosfaten bestaan. We geven hieronder een vergelijkende tabel van oplosbaarheden bij kamertemperatuur van enkele fosfaten.

TABEL 2.

De oplosbaarheid van enige fosfaten.

	Oplosbaarheid	PO ₄ conc. v. d. verz. opl.
hydroxylapatiet ¹⁾	0.0001 %	0,5 mg per liter.
ferrofosfaat ¹⁾	0.0005 %	1,8 „
CaHPO ₄ .2aq ²⁾	0.02 %	110 „
Ca ₃ (PO ₄) ₂ ²⁾	(0.002—3)	
Mg ₃ (PO ₄) ₂ .4aq	0.02	110 „
MgHPO ₄ .3aq	weinig opl.	
MgHPO ₄ .7aq	0.3	1200 „

6. Harmonisch gekozen groeifactoren.

Evenals in het bovenstaande voor de voedingsoplossing het min of meer hypothetische begrip „harmonisch samengestelde voedingsoplossing” werd ingevoerd, kunnen ook de uitwendige omstandigheden zoals licht, temperatuur, vochtigheid, harmonisch gekozen worden, d.w.z. zó, dat de samenwerking van al deze factoren een optimale groei geeft. Hierbij zal noodzakelijk een dezer factoren als groeibepurende factor (limiting factor) moeten optreden, zoals door STILES reeds in 1916 werd opgemerkt. Een ervaringsfeit is, dat één factor binnen ruime grenzen gevarieerd kan worden, wanneer alle andere harmonisch gekozen zijn. Ligt echter één der factoren aan de grens van het voor plantengroei mogelijke gebied, dan zal het gebied waarover de andere factoren gevarieerd kunnen worden, veel kleiner zijn. We zouden dit schematisch aldus kunnen verduidelijken:

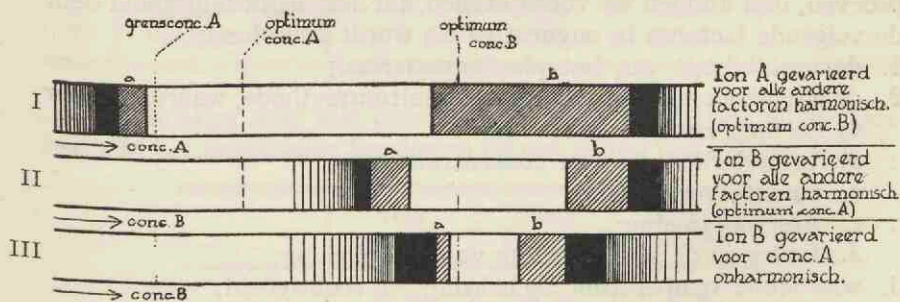


Fig. 2.

¹⁾ De oplosbaarheid van hydroxylapatiet en ferrofosfaat werd bepaald met een colorimetrische fosfaatreactie. De andere gegevens zijn afkomstig uit het „Handbook of chemistry and physics”.

²⁾ Volgens W. RATHJE (1939) kan Ca₃(PO₄)₂ niet uit enigerlei oplossing neergeslagen worden. De gewone handelspreparaten (tertiair fosfaat) bestaan uit een mengsel van CaHPO₄ en hydroxylapatiet. SCHLEEDE, SCHMIDT en KINDT (1932) toonden langs röntgenografische weg aan, dat alle calciumfosfaten door hydrolyse in hydroxylapatiet (3 Ca₃(PO₄)₂.Ca(OH)₂) overgaan.

Hierin ligt tussen de gearceerde stukken het concentratietraject van een bepaald ion (A of B), waarin de plant zich normaal ontwikkelen kan, aan weerszijden begrensd door gebieden van pathologische ontwikkeling (gearceerd). Buiten deze gebieden is geen groei mogelijk. In de figuren stellen I en II resp. de concentratiegebieden van ion A en ion B voor, bij een harmonische ligging van alle andere factoren.

Wordt hierin een verandering aangebracht, door bv. aan concentratie A een onharmonische ligging te geven (dicht bij het pathologische deficiëntie-gebied a), dan zal ion B (III) een veel kleiner gebied van variatiemogelijkheden hebben, dan bij harmonische ligging van A. Daardoor is de kans op normale groei, bij afwijking van twee factoren van de normale waarde, veel geringer dan bij één ¹⁾. Doordat bovendien in het beschouwde geval de grenzen van het normale veel dichter bij elkaar liggen, dus ook de gebieden van pathologische ontwikkeling (a en b), kan een kleine verschuiving van de concentratie van A voldoende zijn om de grens bij B te doen overschrijden en aldus een grote verandering in gezondheidstoestand van de plant geven. Inderdaad is het een ervaringsfeit, dat grensgevallen weinig overeenstemmende duplo's geven.

Niet alleen op concentraties is het bovenstaande beeld van toepassing, in zekere zin gaat het ook op voor de andere groeifactoren. Een onharmonische ligging van A kan bv. ook tot uitdrukking komen in een verminderde resistentie van de plant voor hoge temperatuur en droogte. Onder § 4 werden reeds voorbeelden hiervan vermeld.

Conclusie. Wanneer we uit het voorgaande een conclusie willen trekken aangaande de nauwkeurigheid van groei-proeven, dan kunnen we vooropstellen, dat deze nauwkeurigheid door de volgende factoren in ongunstige zin wordt beïnvloed:

1. de variabiliteit van het plantenmateriaal;
2. de onvolkomenheden van de watercultuurmethode, waarvan nader te noemen zijn:
 - a. veranderlijkheid van concentraties;
 - b. zuurstofvoorziening;
 - c. ijzervoorziening;
 - d. fouten in de samenstelling van de oplossing;
3. wisselende temperatuur, belichting en vochtigheid;
4. onzuiverheden in de chemicaliën.

Het is duidelijk dat het werken met een groot aantal planten — waarvan het gemiddelde in vergelijkende proeven volgens de fouten-

¹⁾ We zouden dit met de volgende voorbeelden kunnen illustreren:

Vbd. 1. Lage borium-concentratie en lage Ca-concentratie versterken elkaars effect.

Vbd. 2. Hoge Ca-concentratie en lage K-concentratie versterken elkaar.

Vbd. 3. Lage B-concentratie en hoge temperatuur (lage relatieve vochtigheid) versterken elkaar.

theorie verwerkt kan worden — alleen bij 1. tot verhoging van de nauwkeurigheid, dus tot het gewenste resultaat voert, terwijl uitschakeling van de methodische fouten en constant houden van de uitwendige omstandigheden noodzakelijk is om de foutenbronnen onder 2, 3 en 4 te elimineren of althans te verkleinen. Bedenkt men tenslotte, dat de grootheden die in groeiproeven bepaald worden geen universele natuurconstanten zijn, maar grootheden, die dienen om dynamische wetmatigheden bij benadering statisch vast te leggen, dan volgt hieruit eo ipso, dat de te bereiken nauwkeurigheid beperkt is.

Om voor het hierna volgend onderzoek een indruk te verkrijgen over de bereikte resultaten, is voor iedere proef afzonderlijk de middelbare fout berekend:

- a. voor de opbrengst aan vers plantenmateriaal per pot;
- b. dito voor droog plantenmateriaal per pot;
- c. voor het boriumgehalte van plantenmateriaal, geanalyseerd per pot (bij proef 1 vier herhalingen, bij proef 4 zes herhalingen per serie).

TABEL 3.

Middelbare fout in procenten, voor de proeven 1 t/m 7.

Proef	Tijdstip	Aantal planten per pot	Vers gewicht	Droog gewicht	Boriumgehalte
1	Herfst 1936	8	—	12,7	7,6
2	Zomer 1938	12	7,2	20,1	—
3	Winter '38/'39	8	27,5	12,1	—
4	Voorjaar 1938	12	23,4	16,3	9,2
5	Nazomer 1939	5	15,6	16,9	—
6	Zomer 1939	5	10,9	12,8	—
7	Voorjaar 1939	5	9,3	11,0	—

Bij middeling over alle proeven laat zich de volgende middelbare fout van het gemiddelde berekenen bij een aantal herhalingen van:

	Vers gewicht	Droog gewicht	Boriumgehalte
1	17 %	15 %	8 %
2	12 %	11 %	6 %
3	10 %	9 %	5 %
4	9 %	8 %	4 %

HOOFDSTUK III

DE METHODIEK

a. WATERCULTURES.

Voor het betrokken onderzoek stuitte het gebruik van doorstromingscultures af op het bezwaar, dat voor meer uitgebreide proeven een vrij omvangrijke apparatuur en grote hoeveelheden gedestilleerd water nodig zijn. Om toch zo nauwkeurig mogelijk te werken, is een compromis-methode toegepast, waarbij de planten gecultiveerd werden in een verdunde oplossing, die meermalen ververscht werd en waarbij het aantal verversingen aangepast werd aan het groeitempo. Hierbij schommelt de concentratie om een gemiddelde en zijn de voornaamste bezwaren van de besproken methodes ondervangen.

Apparatuur. De proeven werden uitgevoerd met glazen potten van ongeveer 2,5 l inhoud, welke werden opgesteld in wit geschilderde houten kisten (voor 10 potten ieder), waardoor een gelijkmatiger temperatuur werd verkregen en de wortels in het donker bleven. De potten waren verder afgedekt met houten deksels, die voorzien waren van doorboorde gaten (1 cm) voor het vastklemmen der planten. Daar deze houten deksels aan de onderzijde steeds vochtig werden en het gevaar bestond voor het afgeven van voedingsstoffen (speciaal B) bij herhaald gebruik, werden later voor blanco proeven

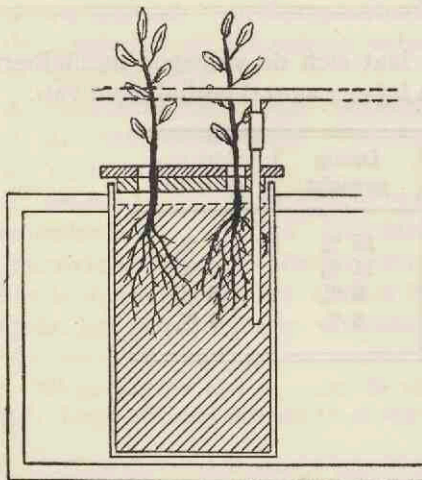


Fig. 3.

ebonieten deksels in gebruik genomen, die dit bezwaar niet vertoonden. Deze moesten met wit papier afgedekt worden om de instraling van warmte tegen te gaan.

De planten werden aanvankelijk met glaswol, later met stukjes rubberspons vastgezet, die gemakkelijker te verwijderen zijn. Ook werd bij latere proeven een installatie aangebracht om lucht door de oplossingen te leiden. Hierbij werd de lucht door een electromotortje via een wattenfiltertje in een verdeelinrichting gepompt, waarop

nauwe capillaire buizen waren aangesloten, die in de proefpotten uitmondten. Door de grote weerstand van de capillaire buizen was de luchtdruk in de verdeelinrichting constant en werd een gelijkmatige luchtstroom verkregen. Per dag werd ongeveer 20 min lucht doorgeblazen.

Plantenmateriaal. De potten werden beplant met twaalf (proeven 2 en 4), acht (proeven 1 en 3) of vijf kiemplantjes. Deze waren uitgezaaid in glaszand en bij het overplanten één à anderhalve week oud. Ze bezaten behalve de kiemblaadjes een enkele maal ook het eerste blad in aanleg.

Voedingsoplossing. Als voedingsoplossing is gebruik gemaakt van de oplossing, door MES (1930) gebruikt voor tabak, welke, wat de hoofdvoedingselementen aangaat, vrijwel overeenkomt met die van VAN DER CRONE¹⁾. In overeenstemming met wat in het begin van dit Hoofdstuk gezegd is, werden de concentraties lager genomen en wel op een zesde van de waarde door MES aangegeven. Uitgedrukt in g (resp. mg per l) bevatten de oplossingen:

A.	B.
0.167 g KNO_3	0.25 mg $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{ aq.}$
0.083 „ $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ aq.}$	0.083 „ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
0.083 „ $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{ aq.}$	0.021 „ $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ aq.}$
0.102 „ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2 \text{ aq.}$	0.042 „ KJ
0.042 „ $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{ aq.}$	0.042 „ KF

Voor bepaalde doeleinden werden wijzigingen in de concentratie of in de samenstelling aangebracht, die bij iedere proef afzonderlijk staan opgegeven. Borium als boorzuur werd apart gedoseerd. Het aantal verversingen varieerde van 6—10.

Gedestilleerd water en chemicalien: zie onder b. (analyses).

Neonbelichting: Bij twee proeven, welke in de winter werden uitgevoerd (1 en 3) werd gebruik gemaakt van neonbelichting door middel van een „Philips plantenbestralingsapparaat” 220 V. 475 W. De afstand van buis tot planten was ongeveer 1.40 M. De hiervoor opgegeven intensiteit is ca. 500 Lux.

¹⁾ MES (1930, p. 6) schrijft, dat zij in de oplossing van VAN DER CRONE alleen 0,25 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ verving door 0,611 g $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{aq.}$ De pH van deze oplossing zou dan 6,4 zijn. Zoals ons later bleek, moet dit op een vergissing berusten, aangezien een oplossing met 0,6 g $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{aq.}$ per l, een pH van $\pm 3,5$ heeft. Dezelfde fout werd door VAN SCHREVEN in enige publicaties overgenomen. Beiden gebruikten waarschijnlijk $\text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{ aq.}$ In onze eigen proeven werden verschillende fosfaten toegepast.

Herhalingen: Het aantal herhalingen der afzonderlijke series bedroeg in de meeste gevallen drie.

b. MICRO-BORIUM-ANALYSE.

Het is wenselijk vóór de beschrijving van de gevolgde methodiek een kort overzicht te geven van in de literatuur besproken methodes van borium-analyses. Deze zijn nagenoeg alle terug te voeren tot de volgende:

1. gravimetrische methodes,
2. titrimetrische „ „
3. colorimetrische „ „

Daarnaast is in de laatste tijd ook een enkele publicatie over spectrografische B-bepaling verschenen.

Bij al deze analyse-methoden kan bovendien gebruik gemaakt worden van de vluchtigheid van de boorzure methylester, waardoor het B, via destillatie gemakkelijk van talrijke verontreinigingen afgescheiden kan worden.

De *gravimetrische methodes* (bepaling bv. als Ca-boraat, Ba-boraat of KBF_4) bezitten geen van alle grote nauwkeurigheid, zodat ze voor micro-analyse zeker niet in aanmerking komen.

De voorschriften voor *titrimetrische bepalingen* berusten alle op hetzelfde principe en bevatten alleen hier en daar een wijziging of verbetering. Daar boorzuur zelf een zeer zwak zuur is ($K = 6,3 \cdot 10^{-10}$ THYGESEN, 1938) en dus niet rechtstreeks getitreerd kan worden, moet het geactiveerd worden. Het vormt nl. complexen met polyalcoholen als glycerine, dextrose, manniet enz., welke veel sterker gedissocieerd zijn en die zich laten titreren. Behalve fenolftaleïne leent zich naftolftaleïne hier zeer goed als indicator. De titrimetrische methode werd als micro-bepaling toegepast door:

WILCOX (1930, 1931) voor hoeveelheden tussen 270 en 1000 γ B,

SCHULEK en VASTAGH (1931, 1932) voor hoeveelheden tussen 50 en 1000 γ B,

SCHARRER en GOTTSCHALL (1935) voor hoeveelheden tussen 30 en 600 γ B,

UNVERDORBEN en FISCHER (1939), welke geen grenzen hebben aangegeven.

De bereikte nauwkeurigheid is op grond van literatuurgegevens moeilijk vast te stellen, maar lijkt voor de beide laatstgenoemde onderzoekingen verreweg het grootste. Hierop wordt nader teruggekomen. Daar de afwijkingen bij bepalingen volgens deze methode 3—5 γ kunnen bedragen en bovendien steeds een nulcorrectie (voor indicatorfout e.a.) van ± 0.1 cc 0.01 n (overeenkomende met ongeveer 10 γ B) moet worden toegepast, kan de betrokken methode beneden 20 γ geen betrouwbare informatie meer geven, zodat men hiervoor op de *colorimetrische methoden* aangewezen is. Het bekendst is de methode

van BERTRAND en AGULHON (1910, 1914), die de boorzuurhoudende analyse-oplossing lieten opzuigen en verdampen in curcumapapier. De lengte van het rood (oranje) verkleurde gedeelte van het papier (in mm) is een maat voor de hoeveelheid B. Hoewel men op deze manier slechts grootte-orden schatten kan, is de methode het gevoeligst bij kleine hoeveelheden (0—20 γ), zodat ze als een waardevolle aanvulling van de titrimetrische methode te beschouwen is.

Verder is door FEIGL (1931) chinalizarine aangegeven als kwalitatief reagens op borium. De methode is voor kwantitatief gebruik uitgewerkt door GOTTSCHALL (1935), later nog door STANLEY SMITH (1935). Op het gebruik van chinalizarine als kwantitatief reagens wordt onder het experimentele gedeelte nog teruggekomen. Andere reagentia op B zijn nog karmijnrood (ZORKIN, 1936) en chromotroop 2B (STETT-BACHER, 1938). Al deze colorimetrische methoden zijn tamelijk onzeker, niet alleen door de waarnemingsfout, maar ook omdat de kleur van het tijdstip van waarneming afhangt en door geringe hoeveelheden bijmengselen (vnl. organische stof) sterk beïnvloed wordt.

Tenslotte geeft ROBINSON in een recente publicatie (1939) een verbeterde toepassing van curcuma als kwantitatief reagens, waarbij de kleur van een alcoholisch extract van curcuma met oxaalzuur met een tintometer wordt beoordeeld. De methode werd toegepast tot 20 γ B en laat schatting tot op enkele tiende γ 's toe.

Wat tenslotte de *spectroscopische methoden* aangaat: het vlamspectrum geeft geen meetbare lijnen van borium, het vonkspectrum doet dit wel, maar nadere mededelingen ontbreken hierover. Wel is een methode uitgewerkt door MC HARGUE en CALFEE (1932), waarbij zij de boorzure methylester in de vlam vervluchtigen en nu de hoeveelheid B afschatten naar de laagdikte KMnO_4 of NaMnO_4 oplossing, die nodig is om de groene spectraalband juist onzichtbaar te maken. Deze methode staat in gevoeligheid ten achter bij de volumetrische.

c. EXPERIMENTEEL GEDEELTE.

Voor de analyse van plantaardig materiaal, enkele uitzonderingen daargelaten, is de titrimetrische methode zeker het meest aangewezen, omdat deze over een bijna onbeperkt traject een relatief grote nauwkeurigheid toelaat. Voor het onderzoek op zuiverheid van chemicaliën en water is de nauwkeurigheid echter niet voldoende, zodat hiervoor de hulp van een colorimetrische methode moest worden ingeroepen, waarvoor de methode met chinalizarine is gebruikt.

Volumetrische methode.

Van de verschillende opgesomde methoden leek ons (in 1936) die van SCHARRER en GOTTSCHALL (1935) het meest nauwkeurig en best uitgewerkt, zodat dit onderzoek als uitgangspunt werd genomen. Achtereenvolgens onderzocht werden:

1. Microtitratie van boorzuur en borax.
2. Destillatie van boorzure methylester.
3. Verassing van plantaardig materiaal.

1. *Micro-titratie.*

Volgens KOLTHOFF (1926) neemt de dissociatie-constante van boorzuur toe bij grotere boorzuurconcentratie tengevolge van de vorming van polyboorzuur. Voor een 0.1 M oplossing is $K = 4,6 \cdot 10^{-10}$. Uitgaande van deze waarde vinden we voor een 0.1 n oplossing van boorzuur een pH 5.2 en voor een 0.01 n oplossing een pH 5.7, welke waarden liggen in het omslagtraject van methylrood. Bij toevoeging van manniet aan de oplossing vormt zich een complex zuur, dat een dissociatie constante heeft van $K = \pm 7 \cdot 10^{-6}$ en dat normaal met loog getitreerd kan worden. Uit de

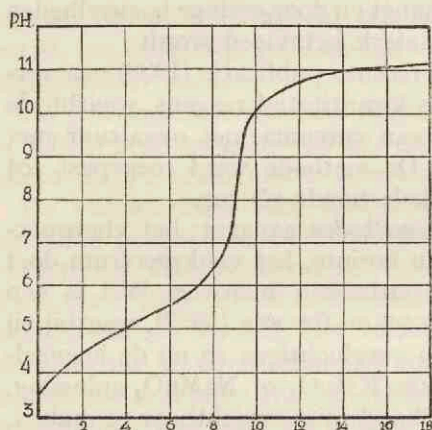


Fig. 4. Titratiecurve manniet-boorzuur.

10 cm³ boorzuur 0,0081 n met
18 cm³ NaOH 0,009 n.

titratiecurve voor een 0,01 n boorzuroplanning volgt, dat de omslag plaats heeft in het traject van pH 7.5—9, zodat zowel fenolftaleïne als naftolftaleïne als indicator gebruikt kunnen worden.

De bepaling kan worden gestoord door kiezelzuur, CO₂, fosfaat, sulfiet, in mindere mate door mierenzuur en azijnzuur, sterker door oxyzuren, welke de vorming van het mannietboorzuurcomplex tegenwerken. Silicaat en fosfaat kunnen door destillatie (zie 2) worden verwijderd.

De door GOTTSCHALL aangegeven analysemethode kan als volgt kort weergegeven worden:

Ongeveer 10 cm³ analysevloeistof (inhoudende 0—1000 γ B) wordt met enkele druppels n HCl aangezuurd (indicator 1 dr. methylrood) en ongeveer 1 minuut gekookt om CO₂ te verwijderen. Daarna wordt afgekoeld en de vlst. met behulp van 0,1 n en 0,01 n loog en zuur ingesteld op methylrood, zodanig, dat de oplossing „einen schwachen Stich ins rötliche hat.“ Vervolgens wordt 0,5 tot 1,0 g manniet toegevoegd (in afhankelijkheid van de verwachte hoeveelheid B) benevens 2 dr. naftolftaleïne en nogmaals 1 minuut gekookt om ev. opgenomen CO₂ te verwijderen. Na afkoeling kan het gevormde manniet-boorzuur getitreerd worden tot blauwgroene omslag op naftolftaleïne.

Bij het nawerken van dit voorschrift werd nogmaals geconstateerd, dat manniet verre te verkiezen is boven glycerine, omdat:

1. het in een naar verhouding veel kleinere hoeveelheid kan worden toegepast (0,5 g i.p.v. 10 cm³ glycerine op 10 cm³ vloeistof);

2. manniët volkomen neutraal is, terwijl glycerine zuur reageert;
3. het complex van boorzuur met manniët sterker gedissocieerd is en dus een scherper kleuromslag geeft.

Methylrood en naftoltaleïne bleken geschikte indicatoren, die met enkele 0,01 cm³ 0,01 n titervloeistof een omslag gaven, welke weinig beïnvloed werd door kleine zoutconcentraties (NaCl, NaNO₃, Na₂SO₄). Als verbetering op het recept van GOTTSCHALL werd de neutralisatie op methylrood uitgevoerd door vergelijking met een buffer-oplossing op pH 5,6. Verder is het bij het werken met 0,01 n oplossingen noodzakelijk een correctie aan te brengen voor de indicatorfout, die van 0,05—0,12 cm³ 0,01 n kan bedragen, al naarmate het vloeistofvolume en de zoutconcentratie groter is. Bij GOTTSCHALL ontbreekt iedere aanduiding hierover.

Onderzoekingen over de invloed van CO₂ toonden verder aan, dat dit volgens de aangegeven methode door kookvertraging niet steeds volkomen verwijderd wordt (onscherpe omslag op methylrood). Door toevoeging van wat gruis van kooksteentjes (± 1 mm, uitgekookt met HCl) was dit bezwaar te ondervangen. Om CO₂ zoveel mogelijk uit te sluiten, werden de titreer-Erlenmeyers (50 cm³) na het koken van de analyseervloeistof met een horlogeglasje afgedekt en even later met een gummistop gesloten, zodat alleen tijdens het titreren lucht kon toetreden.

Daar sommige resistente glassoorten bij koken met HCl hinderlijke hoeveelheden B bleken af te geven („Sphinx glas, Maastricht”) werden voor de titratie Erlenmeyers van B-vrij glas in gebruik genomen, welke geleverd waren door de fa. KAVALIER (Sazava — Bohemen). Ten slotte werd bevestigd, dat de verliezen van boorzuur bij het uitkoken van CO₂ onbetekenend zijn.

TABEL 4.

Controle bepalingen met borax 0,01 n.

Uitgegaan van	a. 3.00 cm ³	b. 1.00 cm ³	c. 0.40 cm ³
Terugggevonden:	2.99 cm ³	1.01 cm ³	0.39 cm ³
	3.00 „	1.03 „	0.40 „
	3.01 „	1.01 „	0.38 „

In een uitvoerig analysemateriaal (B-bepalingen in monsters Chilisalpeter, welke steeds in triplo werden uitgevoerd), bedroegen de onderlinge afwijkingen slechts bij uitzondering meer dan 0,03 cm³ 0,01 n en het gemiddelde hiervan was steeds tot op enkele honderdsten cm³ 0,01 n reproduceerbaar. De fout bij de titratie kan dan ook op $\pm 0,02$ cm³ 0,01 n gerekend worden.

2. Destillatie van boorzure methylester.

Voor de microdestillatie van de boorzure-methylester werd een apparaatje gebruikt, zoals in fig. 5 is aangegeven. De gang van de destillatie kan als volgt worden omschreven:

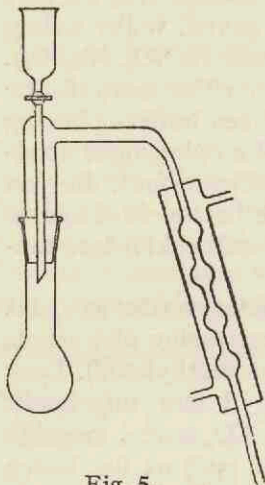


Fig. 5.
Destillatie-apparaat.

De te analyseren stof wordt zo volledig mogelijk in de destillatiekolf overgebracht, waarbij zorg wordt gedragen, dat ten hoogste 3 cm³ water hierbij inbegrepen is.

Daarna wordt 20 cm³ methylalcohol toegevoegd en de kolf met ingeslepen rand (van 50 cm³) met weinig vaseline op het toestel aangesloten. 3—4 cm³ sterk zwavelzuur wordt door de trechter langzaam bijgedruppeld, waarna de destillatie aanvangt. De verwarming geschiedt met een Jekohu brander, welke eerst laag, later met grotere vlam brandt. Als ontvanger dient een V₄A stalen schaal (250 cm³) met 20 cm³ 0,1 n NaOH, waar de koelbuis van het destillatieapparaat in uitmondt. Bij de destillatie speelt de vloeistof in de koelbuis op en neer om de boorzure methylester onmiddellijk om te zetten. Om stoten van de vlst. in de dest. kolf tegen te gaan, werden twee glasparsels en ± 0,1 g CaCO₃ bijgevoegd.

Het einde van de destillatie is te zien aan de volgende kenmerken: Er ontwikkelt zich een gas, dat de vloeistof uit de afvoerbuis drukt (dimethyl aether).

De overdestillerende vloeistof stroomt niet meer gelijkmatig door de afvoerbuis, maar druppelsgewijze.

In de kolf treedt vorming van witte nevels op.

Ten einde het boorzuur zo volledig mogelijk over te krijgen, wordt de destillatie nogmaals met 10 cm³ methylalcohol herhaald. Opgemerkt kan nog worden, dat het kookpunt van de boorzure methylester (65 °C) nagenoeg samenvalt met het kookpunt van methylalcohol (64,6 °C), zodat deze tegelijk overgaan.

Verwerking van het destillaat. Na afloop van de destillatie wordt gecontroleerd of het destillaat nog alkalisch is, waarna het op het waterbad voorzichtig wordt drooggedampt. Het wordt dan met resp. 3, 2 en driemaal 1 cm³ water in een Erlenmeyer van 50 cm³ overgespoeld, aangezuurd, uitgekookt en geheel verder behandeld als onder 1 is aangegeven.

Bij contrôlebepalingen met bekende hoeveelheden borax, werden aanvankelijk stelselmatig te lage waarden gevonden, tot 10 of 15 % toe. Daar de titratiemethode op zichzelf vrijwel geen fouten oplevert, moest de oorzaak hiervan in de destillatiemethode gezocht worden,

waarom diverse foutenbronnen onderzocht werden. Kortheidshalve wordt hier alleen het resultaat vermeld.

Nadat de destillatie-apparaten op luchtdichtheid gecontroleerd waren, werden proeven gedaan met glazen ontvangers, waarbij de uit de ontvanger tredende damp door een zgn. verklikker geleid werd. Vastgesteld werd, dat bij het opvangen in 10 of 20 cm³ 0,1 n NaOH geen verliezen optraden.

Daarna werden verschillende van de bij de analyse te gebruiken chemicaliën op zuiverheid gecontroleerd. Hierbij bleek, dat zelfs het gewone laboratorium-zwavelzuur voldoende zuiver was. Wel is het van belang om zo weinig mogelijk zwavelzuur te gebruiken, omdat hierdoor de destillatierest kleiner blijft, hetgeen een vollediger overdestilleren mogelijk maakt. De bij het aansluiten der kolfjes gebruikte vaseline gaf geen aanleiding tot fouten.

Daarentegen bevat *methylalcohol* bijna steeds verontreinigingen, die ernstige fouten teweeg kunnen brengen. In hoofdzaak gaat het hierbij om mierenzuur, azijnzuur en hogere vetzuren, die bij de bepaling meedestilleren en de instelling op methyloxyd volkomen bederven ¹⁾.

Andere verontreinigingen kunnen echter de bepaling van boorzuur rechtstreeks beïnvloeden, waarbij in het bijzonder gedacht moet worden aan oxyzuren. Volgens KOLTHOFF (1931, p. 124—127) kan de titratie van manniet-boorzuur gestoord worden door complexvorming met oxyzuren, welke complexen weinig of niet gedissocieerd zijn.

Dat de gevonden fouten grotendeels op rekening kwamen van de gebruikte alcohol werd ook duidelijk uit het feit, dat verschillende onderzochte partijen alcohol bij controlebepalingen weliswaar foutieve, maar voor iedere partij afzonderlijk vrij goed reproduceerbare waarden gaven.

Voor de zuivering werd de volgende methode toegepast: Uitgegaan wordt van een gezuiverd product (hetzij „pro analyse” of „met sporen aceton” van BROCADES en STHEEMAN), dat met CaO minstens vier uur aan opstijgende koeler wordt gekookt en met een WIGNER fractionneerapparaat afgedestilleerd. De destillatietemperatuur blijft hierbij tot op 0,1 °C constant, terwijl de gehele destillatie binnen een temperatuurverloop van enkele tiende graden plaats vindt. Daar de storende verontreinigingen, blijkens onderzoek hoofdzakelijk in de hoger kokende fractie voorkomen, wordt een flinke naloop in de destillatiekolf achtergehouden (ongeveer een vijfde gedeelte).

Verder werd een bepaalde partij niet eerder voor plantenanalyses

¹⁾ Ook de zgn. pro analyse alcohol bevat nog vrij aanzienlijke hoeveelheden verontreiniging. Zo is volgens de prijscourant van MERCK een aciditeit van 0,003 % als azijnzuur bij dit product geoorloofd, d.w.z. dat op 30 cm³ methylalcohol (de hoeveelheid, die bij de analyse gebruikelijk is) 1 cm³ 0,01 n zuur voor kan komen.

gebruikt, voor een contrôlebepaling (met 3 cm³ borax 0,01 n) was gedaan. Afwijkingen tot 3 % werden nog als toelaatbaar beschouwd, terwijl bij de betreffende analyses hiervoor een correctie werd aangebracht.

Tenslotte werd ook nog nagegaan in hoeverre de andere chemicaliën (manniet, titervloeistoffen) en het gebruik van Jena destillatiekolffjes ¹⁾ fouten met zich meebrachten.

Al deze fouten waren onbelangrijk en konden worden samengevat in een nulcorrectie, welke ongeveer 0,05 cm³ 0,01 n hoger was dan de onder 1 genoemde indicatorfout.

Als voorbeeld van enkele proefdestillaties kunnen volgende cijfers dienen:

TABEL 5.

a. met tweemaal gedestilleerde alcohol.			
Gedestilleerd	5,00 cm ³	0,01 n borax.	Teruggevonden 5,07 cm ³ 0,01 n.
„	5,00 „	0,01 „ „	5,02 „ 0,01 „
„	5,00 „	0,01 „ „	5,02 „ 0,01 „
„	5,00 „	0,01 „ „	4,98 „ 0,01 „
„	2,00 „	0,01 „ „	2,02 „ 0,01 „
„	2,00 „	0,01 „ „	1,98 „ 0,01 „
„	2,00 „	0,01 „ „	1,97 „ 0,01 „
b. met één maal gedestilleerde alcohol.			
Gedestilleerd	4,00 cm ³	0,01 n borax.	Teruggevonden 3,91 cm ³ 0,01 n.
„	4,00 „	0,01 „ „	3,92 „ 0,01 „
„	4,00 „	0,01 „ „	3,94 „ 0,01 „
„	4,00 „	0,01 „ „	3,94 „ 0,01 „
„	4,00 „	0,01 „ „	3,98 „ 0,01 „
„	2,00 „	0,01 „ „	1,96 „ 0,01 „
„	2,00 „	0,01 „ „	1,96 „ 0,01 „
„	2,00 „	0,01 „ „	2,00 „ 0,01 „

3. Verassing van plantaardig materiaal.

Volgens het oorspronkelijke voorschrift van GOTTSCHALL (1935) wordt de verassing het best uitgevoerd door 5 g plantenmateriaal met kaliloog te bevochtigen (2 g KOH in 2 cm³ H₂O) en vervolgens in een ijzeren schaal te verassen. De as kan dan met water uitgetrokken worden en de resterende kooldeeltjes opnieuw gegloeid. De verenigde filtraten moeten worden ingedampt en kunnen daarna op de gewone wijze worden gedestilleerd.

Het bleek, dat deze methode niet alleen vrij omslachtig was, maar tevens tot slecht reproduceerbare resultaten leidde. Daar de meeste plantenassen alkalisch reageren, leek het extra toevoegen van KOH of K₂CO₃ overbodig en bovendien schadelijk, omdat hoger en langer

¹⁾ De tijdelijk voor dit doel gebruikte kolffjes van Kavalier glas bleken te weinig bestand tegen verhitting.

verhit moet worden¹⁾. Bekend is dat alkaliboraten dan merkbaar vluchtig zijn.

Om te controleren of bij verassing zonder toevoeging van loog B verloren gaat werden serieproefjes genomen, waarvan de volgende analyses, uitgevoerd met een monster stoppelknollen, als voorbeeld kunnen dienen:

TABEL 6.

	Afzonderlijke bepalingen	Gemiddeld
I. 5 g materiaal verast zonder loog daarna bevochtigd met enkele cm ³ water	1. 0,83 cm ³ 0,01 n	0,86 cm ³
	2. 0,84 „ 0,01 „	
	3. 0,90 „ 0,01 „	
II. 5 g materiaal verast zonder loog daarna bevochtigd met 3 cm ³ 0,1 n NaOH	4. 0,83 „ 0,01 „	0,83 „
	5. 0,86 „ 0,01 „	
	6. 0,80 „ 0,01 „	
III. 5 g verast met 5 cm ³ 0,1 n loog daarna bevochtigd met 3 cm ³ 0,1 n NaOH	7. 0,82 „ 0,01 „	0,85 „
	8. 0,86 „ 0,01 „	
	9. 0,86 „ 0,01 „	
IV. 5 g verast met 1 cm ³ KOH (1 : 1)	10. 0,82 „ 0,01 „	0,84 „
	11. 0,88 „ 0,01 „	
	12. 0,81 „ 0,01 „	

Na de eerste verassing op de gasbrander, bevochtiging en droging werden al deze monsters 3 kwartier in een elektrische oven op 500° C naverast.

Hiermede is aangetoond, dat verassing met of zonder loog binnen de proeffout overeenstemmende resultaten geeft.

Analyse-voorschrift. Vatten we tot slot voorgaande mededelingen samen in een kort analyse-voorschrift:

5 gram plantaardig materiaal worden zonder toevoeging van loog of soda bij zo laag mogelijke temperatuur in nikkelen schaal verast. De as wordt daarna met enkele druppels 0,1 n loog bevochtigd, op waterbad gedroogd en vervolgens een uur in een elektrische oven op 500° C gegloeid, waarna ze geen kooldeeltjes meer bevat en grijswit is. De as wordt overgebracht in een destillatiekolf, nageespoeld met 1,5 cm³ water en 20 cm³ gezuiverde methylalcohol. Toevoegen enkele glasparels en weinig calciumcarbonaat, waarna in het aangesloten apparaat 3 cm³ sterk zwavelzuur wordt bijgedruppeld. Duur van de destillatie ± 25 min. Na afkoeling wordt de destillatie nogmaals met 10 cm³ methylalcohol herhaald. Het destillaat wordt opgevangen in 10 tot 20 cm³ 0,1 n loog (V₄A schaal), ingedampt en met in totaal ± 8 cm³ water overgebracht in een Erlenmeyer van 50 cm³ (B-vrij glas), zwak aangezuurd met HCl en CO₂ uitgekookt. Na afkoeling wordt de oplossing met methylood op een pH 5,6 ingesteld, nogmaals

¹⁾ Een uitgewerkte verassingsmethode is te vinden bij KLEIN (1932, p. 564). Wij voegden echter nooit NH₄NO₃ of (NH₄)₂CO₃ toe.

CO₂ uitgekookt, afgekoeld en met 0,01 n NaOH op indicator naftolftaleïne getitreerd tot blauwgroen. Bij de berekening wordt een correctie aangebracht, te bepalen in blanco proef.

Contrôlebepalingen en nauwkeurigheid van de analyse. Om een indruk te geven van de nauwkeurigheid, die bij de betrokken analyse bereikt wordt, voegen we hier enkele waarden van controlebepalingen in:

1. met een monster voederbieten (Juni '37)	
in 5 g materiaal	1. 0,63 cm ³ 0,01 n
„ 5 „ „	2. 0,60 „ 0,01 „
„ 5 „ „	3. 0,64 „ 0,01 „
met toevoeging van 1,00 cm ³ 0,01 n borax	4. 1,54 „ 0,01 „
„ „ „ 1,00 „ 0,01 „ „	5. 1,67 „ 0,01 „
„ „ „ 1,00 „ 0,01 „ „	6. 1,64 „ 0,01 „
2. met een monster mosterdbladd (Sept. '39)	
in 3 g materiaal	1. 0,65 cm ³ 0,01 „
„ 3 „ „	2. 0,67 „ 0,01 „
„ 3 „ „	3. 0,65 „ 0,01 „
„ 6 „ „	4. 1,27 „ 0,01 „
„ 6 „ „	5. 1,32 „ 0,01 „
„ 6 „ „	6. 1,28 „ 0,01 „
3. met een monster mosterdbloemen (Sept. '39)	
in 5 g materiaal	1. 1,53 cm ³ 0,01 „
„ 5 „ „	2. 1,49 „ 0,01 „
„ 5 „ „	3. 1,52 „ 0,01 „
met toevoeging van 2,00 cm ³ 0,01 n borax	4. 3,46 „ 0,01 „
„ „ „ 2,00 „ 0,01 „ „	5. 3,53 „ 0,01 „
„ „ „ 2,00 „ 0,01 „ „	6. 3,48 „ 0,01 „

4. Beschouwen we de 12 bepalingen, genoemd op pag. 39 als onderling gelijkwaardig, dan vinden we hierbij een gemiddelde fout van 0,025 cm³ 0,01 n en een middelbare fout van 0,03 cm³ 0,01 n, hetgeen overeenkomt met 3 γ B. Op grond van de verschillende controlebepalingen en het feit, dat voor een uitgebreid analyse-materiaal de duplo's slechts zelden meer dan 0,03 tot 0,04 cm³ 0,01 n uit elkaar liggen, kunnen we de onzekerheid in een bepaling op $\pm 5 \gamma$ schatten. Omgerekend in procenten betekent dit een onzekerheid van één eenheid in de vierde decimaal, terwijl de kans op een dergelijke afwijking voor het gemiddelde van een duplo of triplo bepaling reeds vrij gering is. Bij de in de volgende hoofdstukken opgegeven waarden in milli-procenten, bedraagt de onzekerheid steeds $\pm 0,1$ m %.

Colorimetrische methode.

SCHARRER & GOTTSCHALL (1935) bevelen voor het bepalen van hoeveelheden borium beneden 30 γ de colorimetrische methode met chinalizarine aan. De oplossing van dit reagens in sterk zwavelzuur is roodviolet van kleur en slaat

bij toevoeging van bv. boorzuur naar blauw om. Deze kleurverschillen zijn echter weinig opvallend en het gelukte ons niet de door SCHARRE & GOTTSCHALL opgegeven gevoeligheid van 2 γ te reproduceren. We vonden evenwel, dat bij toepassing van een met weinig water verdunde oplossing van chinalizarine in sterk H_2SO_4 , de kleurverandering van violetrood naar blauw plaats heeft, welke omslag scherper waarneembaar is en dus ook een nauwkeuriger schatting toestaat¹⁾. Bovendien bleek hierbij, dat men door de verdunning van het zwavelzuur te wijzigen, ook de gevoeligheid van de methode kan beïnvloeden. Om dit te illustreren kan het volgende experiment dienen, dat tevens een beeld geeft van de gevolgde werkwijze.

In porceleinen kroesjes werden opklimmende hoeveelheden borium nl. 0, 5, 10, 15 . . . 40, 50 γ als borax met 0,5 cm³ n NaOH ingedampt, nog eenmaal opgenomen in methylalcohol, weer drooggedampt en tenslotte in een droogstoof op 105 ° C nagedroogd. De indamprest werd vervolgens opgenomen in 1 cm³ oplossing van chinalizarine in sterk zwavelzuur (0,01 %) en na volledig oplossen (tot zich geen CO₂ meer ontwikkelde) verdund met 1 cm³ zwavelzuur van verschillende verdunning en wel

1. $H_2SO_4 : H_2O = 5 : 3$ (volumina). Eindtoestand 74 % H_2SO_4
2. 5 : 4 „ 77 %
3. 5 : 5 „ 81 %

De zo verkregen oplossingen werden daarna in reageerbuisjes van 4 cm³ overgebracht en boven een lichtbak met melkglas in lengtedoorzicht vergeleken. De hierbij (subjectief) waargenomen kleurovergangen waren als volgt:

	1	2	3
0 γ	oranje	oranje	oranje
5 γ	rood	oranjerood	oranje met meer rood.
10 γ	violet rood	rood	lichtrood
15 γ	roodviolet	violetrood	„ met toenemend
20 γ	violet met weinig rood,	violetrood	„ violet
25 γ	„ nog iets	roodviolet	„ roodviolet
30 γ	„ donkerder	„ „	„ „ met afnemend
35 γ	„ wordend	violet	„ „ rood
40 γ	„		„ „
50 γ	„ ↓	violet (donkerder)	lichtblauw

Hierbij lagen dus de grootste kleurovergangen bij serie 1 tussen 0 en 15 γ B, bij serie 2 tussen 0 en 25 γ B, serie 3 gaf een vrij regelmatig verloop van oranje tot lichtblauw te zien. Bij deze laatste serie begonnen de kleurovergangen tussen de verschillende trappen onderling reeds minder duidelijk te worden.

Behalve van het watergehalte bleek de kleur van de oplossing afhankelijk te zijn van de hoeveelheid Na_2SO_4 , die afkomstig is van de voor het indampen gebruikte NaOH. Zo nam in een reeks met 0,5 cm³ 0,1 n NaOH en 5 γ B, bij toevoeging van 7 mg Na_2SO_4 het blauw in de oplossing sterk toe, om bij stijgende hoeveelheden Na_2SO_4 (14, 35 en 70 mg) weer iets af te nemen. (Hierbij komt 0,5 cm³ n NaOH overeen met 35 mg Na_2SO_4).

Aanvankelijk werd nu getracht om een vergelijkingsstandaard te maken in reageerbuisjes, met opklimmende hoeveelheden van 0—10 γ B of 0—20 γ B

¹⁾ Hetzelfde principe werd reeds door STANLEY SMITH (1935) toegepast en later nog door BERGER en TRUOG (1939).

(10 verschillende trappen), onder toepassing van oplossingen van 80—85 % H_2SO_4 . Op zichzelf waren de hierbij optredende kleurs- en intensiteitsverschillen groot genoeg om er een schatting tussen mogelijk te maken. Bezwaarlijk was, dat de reproduceerbaarheid der afzonderlijke oplossingen dikwijls te wensen overliet en dat de kleur aanvankelijk iets verloopt. Wel waren de oplossingen goed houdbaar, mits ze volledig van de lucht waren afgesloten.

Om de subjectieve fouten, die aan de beoordeling kleven te ontgaan, zou een „Stufen“-colorimeter of een foto-electrische colorimeter hier goede diensten kunnen bewijzen. Waar wij alleen de beschikking hadden over een gewone vergelijkings-colorimeter (volgens HELIGE), werd tenslotte een bepaling-methode toegepast, waarbij gebruik werd gemaakt van een cuvet, zoals die ook in een toestel voor colorimetrische pH bepaling voorkomt (principe BJERRUM—ARRHENIUS). Deze cuvet bestaat uit twee wigvormige prismatische ruimten, die met verschillend gekleurde vloeistoffen gevuld kunnen worden, zodat in zij-doorzicht een kleurenschaal wordt verkregen, die tussen de twee gekozen kleuren inligt.

In ons geval werden hiervoor genomen :

a. een oplossing, die geen borium bevatte en die was samengesteld, door 12,5 cm^3 n NaOH in te dampen en op te nemen in 50 cm^3 chinalizarine oplossing in sterk zwavelzuur (0,005 %) + 50 cm^3 zwavelzuur (71 %).

b. een oplossing, die per 100 cm^3 0,9 mg B bevatte en verder op dezelfde wijze als a. was samengesteld.

Deze standaard-cuvet werd nu verschuifbaar opgesteld in een voor dit doel gebouwde colorimeter en met behulp van een prismaoculair vergeleken met ijk-vloeistoffen van verschillend boriumgehalte in een vergelijkingscuvet (inwendig 14 × 14 mm)¹⁾. De hierna volgende ijkcurve werd gemaakt, nadat de standaard reeds enige dagen oud was, terwijl de ijkvloeistoffen een uur na het maken werden vergeleken. De ijkpunten zijn het gemiddelde van twee of drie waarnemingen aan afzonderlijke gemaakte oplossingen. De instelfout bedroeg beneden 10 γ B per 2 cm^3 1—2 mm, daarboven was de instelling in het violet-blauwe gedeelte minder gevoelig. Bij afzonderlijk gemaakte ijkoplossingen kwamen afwijkingen van 3—4 mm voor.

Controlebepalingen.

Na het vaststellen van de ijkcurve moest nagegaan worden of de methode ook

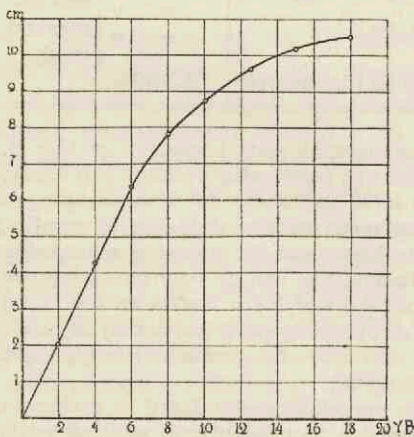


Fig. 6. Ijkcurve.

toepasbaar was op analysemonsters, die volgens de gebruikelijke manier ter zuivering waren overgedestilleerd. Ook bij deze colorimetrische bepaling bleken organische verontreinigingen, afkomstig uit de gebruikte methylalcohol, sterk te storen, waardoor veel te lage waarden werden teruggevonden. De volgende methode, waarbij de organische stof door gloeien werd vernietigd, leverde bevredigende resultaten op.

Bekende hoeveelheden B werden gedestilleerd met 0,5—1 cm^3 H_2O , 1—2 cm^3 H_2SO_4 en 10 cm^3 methylalcohol, terwijl tijdens het afdestilleren nog 10 cm^3 methylalcohol in de destilleerkolf werd bij gedruppeld. Het destillaat werd opgevangen

¹⁾ Lichtbron een Argenta lamp.

in 2,5 of 5 cm³ 0,1 n NaOH (in verband met het eindvolume van de zwavelzure chinalizarine oplossing, dat 2 of 4 cm³ bedroeg). Na indampen werd overgespoeld in een platina-schaal, opnieuw ingedampt en na voorzichtig voorverwarmen gegloeid op een temperatuur even onder het smeltpunt. De aldus verkregen zoutrest kon dan verwerkt worden tot een analyseoplossing, door oplossen in 1 of 2 cm³ chinalizarine oplossing in gec. H₂SO₄ en verdunning met gelijk volume H₂SO₄ (71 %). De toevoeging geschiedt uit een buret.

Langs deze weg verkregen we de volgende controlebepalingen.

TABEL 7.

Hoeveelheid B overgedestilleerd	Hoeveelheid B door analyse teruggevonden in γ 's				
Blanco	Bij een eerste bepaling 0,5 γ . Bij vier opeenvolgende bepalingen niet aantoonbaar (< 0,3 γ).				
2,5 γ	2,4;	2,1;	2,4.		
5,0 γ	5,2;	5,3.			
7,5 γ	7,7;	7,4.			
10,0 γ	9,4;	8,9;	10,2;	9,7;	10,0.
15,0 γ	13,0;	15,6;	13,4.		

De nauwkeurigheid hierbij bedraagt niet meer dan $\pm 10\%$ voor hoeveelheden beneden 10 γ , daarboven is de nauwkeurigheid geringer, hetgeen o.a. te wijten is aan de vlakkere ligging van de ijkcurve in dit gebied, alsook aan de geringe gevoeligheid van het oog in dit traject.

Volgens bovenstaande methode werd nu de controle op zuiverheid van gedestilleerd water en enkele chemicaliën, alsmede enige grond-analyses uitgevoerd.

Gedestilleerd water: Het voor de groeiproeven 1 t.m. 7 gebruikte water was afkomstig uit de zelfde destilleerketel. Van verschillende tijdstippen waren hiervan porties bewaard, waarvan nu telkens 1 l alkalisch werd ingedampt en na destillatie op B onderzocht. Gevonden werd per liter (2 cm³ analysevloeistof):

Monster van 2—7-'38	1,8 en 2,2 γ
5—7-'38	1,8 en 1,6 γ
30—7-'38	1,9 γ
12—10-'38	2,1 en 2,0 γ
5—1-'39	0,6? en 1,3 γ

Als regel schommelde het B-gehalte van gedestilleerd water dus om de 2 γ B per liter.

Chemicaliën: De voor analyse en voedingsoplossingen benodigde chemicaliën, waren alle pro analyse preparaten, hetzij van SCHERING KAHLBAUM of BROCADES & STHEEMAN. In het bijzonder vermeld kunnen worden:

- Boorzuur: SCHERING KAHLBAUM, zur Analyse „mit Garantieschein”.
 Borax: Een preparaat, dat drie maal was omgekristalliseerd beneden 50°.
 Natronloog: Sörensen loog, gemaakt door affiltreren of afhevelen. Daarna verdunnen.
 Manniet: van BROCADES & STHEEMAN, puriss.
 Methylalcohol: zie onder titrimetrische analyse.
 Chinalizarine: 1, 2, 5, 8 tetra-oxy antrachinon van FRAENKEL & LANDAU, Berlin, Oberschöneweide.

Voor de *controle op zuiverheid*, wat betreft borium, werden de samenstellende zouten van voedingsoplossing A (zie pag. 31) gedestilleerd en colorimetrisch onderzocht.

In 0,5 g $MgSO_4 \cdot 7aq$ en 0,5 g $CaSO_4 \cdot 2aq$ was geen B aantoonbaar, hetgeen bij de gebruikte apparatuur een gehalte beneden 0,3 γ betekent. Bij de gebruikte fosfaten werden steeds kleine hoeveelheden B gevonden t.w. bij

$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2aq$	In 0,6 g	0,7;	1,0;	1,0 γ
$CaHPO_4 \cdot aq$	„ 0,5 „	0,9;	0,9;	0,8 γ
$NaH_2PO_4 \cdot aq$	„ 0,5 „	1,2;	1,1;	0,9 γ
$Na_2HPO_4 \cdot 12aq$	„ 1,0 „	0,7;	0,5;	0,8 γ
Ferrosfosfaat	„ 0,25 „	1,0;	1,2;	1,2 γ

Nitraten en chloriden waren volgens deze methode niet analyseerbaar, door het mee destillerende zuur. Daarom werd voor KNO_3 , $NaCl$ en $CaCl_2 \cdot 6aq$ getracht door titrimetrische analyse de zuiverheid vast te stellen. Voor KNO_3 werd in 10 cm^3 van een 25 % oplossing geen hogere titratiefout gevonden dan in een blanco proef, zodat dit zout als zuiver kan worden beschouwd. Bij $NaCl$ en $CaCl_2$ werden waarden gevonden, welke hoger lagen dan de indicatorfout, maar die voor een deel als „zoutfout” beschouwd kunnen worden. Door vergelijking van oplossingen van verschillende concentratie kregen we de indruk, dat het gebruikte $NaCl$ zeker niet meer dan 1 γ B per gram, als verontreiniging bevatte en dat in $CaCl_2 \cdot 6aq$ mogelijk meer, maar in ieder geval minder dan 2 γ B per g aanwezig was.

HOOFDSTUK IV

OVER DE BORIUMBEHOEFTE VAN ENKELE GEWASSEN

Korte samenvatting. In vergelijkende proeven met mosterd, tomaat en mais bij opklimmende boorzuurconcentraties bleken mosterd en tomaat gevoeliger voor boriumtekort dan mais, hetgeen zowel valt af te leiden uit de waarnemingen over de groei- en ziekteverschijnselen, als uit de bepalingen van de door de planten opgenomen hoeveelheid borium (procentueel en totaal). De symptomen van boriumtekort waren bij mais: witte streping op de jongere bladeren, resp. groeivertraging en achterwege blijven van aarvorming en bloei. Bij mosterd en tomaat kwamen de planten zonder boriumtoevoeging in het geheel niet tot ontwikkeling. Gezien het vermogen van mosterd (*Sinapis alba*) om grotere hoeveelheden borium te concentreren, werd dit gewas voor verdere proeven over de boraatopname aangehouden.

Teneinde een indruk te krijgen over de B-behoefte van enkele cultuurplanten, alsmede over hun gevoeligheid voor een tekort aan borium, werden oriënterende proeven aangezet met mais, mosterd en tomaten (proef 1).

Proef 1. ¹⁾

Voedingsoplossing: deze had de in Hfdst. III genoemde samenstelling met toevoeging van nog 0.167 g NaCl bij oplossing A.

Proefduur: De proef werd 14 Sept. (1936) aangezet, 28 Oct. overgebracht naar verwarmde kas — sindsdien tevens 5 h per dag bestraald met neonlicht — en 10 Dec. geoogst. De oplossingen werden in het begin om de twee weken, later iedere week verversst (totaal 6 maal).

De proeven werden in drievoud opgezet volgens onderstaand schema.

Schema: 1. zonder toevoeging van borium.

2. met 48 γ B per liter (als H_3BO_3).

3. met 96 γ B per liter (als H_3BO_3).

4. met 192 γ B per liter (als H_3BO_3).

Groei en ziekteverschijnselen.

Maïs: Bij de maïs was gedurende de eerste weken generlei invloed van de verschillende B-concentraties te bemerken. Alle planten vertoonden een sterke wortelontwikkeling en groeiden gelijkmatig.

Pas op 5 October deden zich bij de potten zonder B de eerste gebrekverschijnselen voor, die zich uitten in een witte streping op de nieuw gevormde bladeren. Het beeld bleef daarna nog verscheidene weken hetzelfde, steeds meer bladeren werden aangetast door het wegvallen van het mesophyl, waarbij een sclerotisch weefsel

¹⁾ Zie HUDIG & LEHR (1938).

overbleef. Aanvankelijk hield de groei van deze nulplanten nog gelijke tred met de andere, die borium ontvingen. Nadat de planten echter overgebracht waren naar de verwarmde kas en met neonlicht bestraald werden, traden groeiverschillen op, zodat half November de nulplanten duidelijk ten achter bleven. De beschadiging werd steeds sterker en sommige bladeren verschrompelden geheel.

In de tweede helft van November begonnen de met B bedeelde planten te bloeien, bij de boriumloze potten was geen spoor van bloei te bekennen.

M o s t e r d: B-gebrek uitte zich bij mosterd op geheel andere wijze dan bij mais, doordat van begin af aan in een B-vrij milieu de mosterd zeer sterk in groei achter bleef (foto's). Deze plantjes leidden enige weken een kommerlijk bestaan en kwamen niet boven de 2 à 3 cm uit. De wortels begonnen weg te rotten en einde October waren de meeste plantjes reeds dood.

Voor de overige mosterdplanten was er in de aanvang een duidelijke invloed van de opklimmende boraatconcentraties te bespeuren, hetgeen zich niet zozeer uitte in de lengtegroei van de stengel als wel in een sterkere vertakking en lengtegroei der wortels bij toenemende boraatconcentratie. Later vielen deze verschillen grotendeels weer weg en vertoonde alleen de hoogste boraatconcentratie een iets sterkere wortelontwikkeling.

Half November begonnen zich in de B-planten bloemknoppen te vormen, die echter niet meer tot bloei zijn gekomen.

T o m a a t: De boriumgebreksverschijnselen uitten zich hier op grotendeels dezelfde manier als bij mosterd, nl. in een remming van

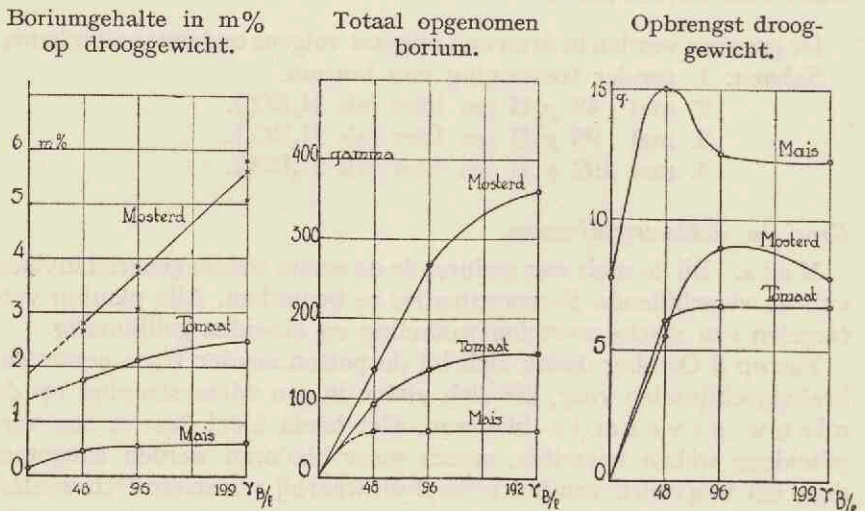


Fig. 7. Proef 1.

TABEL 8.

Proef 1. Gemiddelde opbrengst aan droge stof per pot (105 ° C).

Gewas	Concentratie in γ B per l.	Wortels	Stengels + Blad.	Totaal
Mais	0 γ	2,9 g	4,7 g	7,6 g
	48 γ	3,65 g	10,9 g	14,6 g
	96 γ	3,2 g	9,1 g	12,4 g
	192 γ	3,2 g	8,8 g	12,0 g
Mosterd	0 γ	—	—	0,15 g
	48 γ	1,07 g	4,57 g	5,6 g
	96 γ	1,53 g	7,09 g	8,6 g
	192 γ	1,33 g	6,27 g	7,6 g
Tomaat	0 γ	0,04 g	0,15 g	0,19 g
	48 γ	0,91 g	4,95 g	5,9 g
	96 γ	0,91 g	5,68 g	6,6 g
	192 γ	0,90 g	5,58 g	6,5 g

TABEL 9.

Proef 1. Boriumgehalte op droge stof, in milli-procenten.

		Mais	Mosterd	Tomaat
a. zaad, waarvan werd uitgegaan		0,1 m%	1,1 m%	0,7—8 m%
b. bladeren en stengels	Pot Nr.			
Conc. 0 γ B/l	1	0,1	—	(1,6)
	2	0,1	—	
	3	0,1	—	
48 γ B/l	4	0,4—5	2,7	1,8
	5	0,4	2,8—9	
	6	0,5	2,7	
96 γ B/l	7	0,6	3,2	2,1—2
	8	0,4	3,7—8	
	9	0,7	3,9	
192 γ B/l	10	0,6	5,1	2,5
	11	0,6	5,7	
	12	0,6	5,9	
c. wortels, gemiddeld per 3 potten				
Conc. 0 γ B/l		0,0	—	—
48 γ B/l		0,3	0,7	0,7
96 γ B/l		0,2—3	0,8	1,2
192 γ B/l		0,3	0,8	1,0

de groei. Daar de planten in het begin uiterst langzaam opkwamen, waren de verschillen in de eerste weken veel minder duidelijk dan bij de mosterd. Ook hier was het meest typische verschijnsel, dat bij de opklimmende B-concentraties de wortels zich meer vertakten, welke verschillen in de loop van verdere twee weken nog sterker tot uitdrukking kwamen. Na het overplaatsen in de verwarmde kas groeiden de met B voorziene planten gelijkmatig op, die zonder B bleven ongeveer op het oorspronkelijke niveau, hoewel na enige tijd een paar plantjes nieuwe hartblaadjes vormden. Zeker is, dat deze plantjes het leven langer rekten, dan die van de mosterd zonder B.

De tomatenplanten brachten het in deze winterperiode niet tot bloei of knopvorming.

Bij de analyses. De in tabel 9 vermelde cijfers zijn alle bepaald volgens de titrimetrische methode. Van de wortels van mosterd en tomaat was in totaal per drie potten slechts ± 3 gram droge stof aanwezig, zodat geen duplo bepaling hierin kon worden gedaan. Bij mais en mosterd (stengels en blad) werd per pot 5 gram droge stof geanalyseerd, terwijl de hoeveelheid droge stof van de tomatenplanten per drie potten werd verenigd en juist voldoende was voor een duplo bepaling. De getallen hiervoor stemmen onderling zeer goed overeen en worden hier als analyse voorbeeld weergegeven:

Tomaat:

nos	1, 2, 3,	In 0.57 g plantenmateriaal	9 γ B.
	4, 5, 6,	„ 4 „ „	resp. 72 en 71 γ B.
	7, 8, 9,	„ 5 „ „	„ 109 „ 103 γ B.
	10, 11, 12,	„ 5 „ „	„ 126 „ 128 γ B.

De nulplanten van de mosterd werden niet geanalyseerd, omdat te weinig materiaal aanwezig was, om dezelfde reden kan aan het opgegeven gehalte van de tomaten nulplanten slechts geringe waarde worden toegekend. De gehalten voor de nulserie der maisplanten lagen aan de grens van het bepaalbare, waar we immers de nauwkeurigheid van de methode op $\pm 0,1$ m % geschat hebben. Het feit dat hier driemaal hetzelfde percentage werd gevonden, maakt dit cijfer toch wel waarschijnlijk.

Uit de analyses van het zaad blijkt, dat de hoeveelheid hierdoor meegebracht borium verwaarloosd kan worden.

1 maiskorrel	weegt $\pm 0,3$ g en bevat 0,3 γ B maximaal.
1 mosterdzaadje	„ $\pm 0,01$ „ „ „ 0,1 γ „ „
1 tomatenzaadje	„ $\pm 0,003$ „ „ „ 0,02 γ „ „

Alleen voor de mais nulplanten zou het oorspronkelijke gehalte (voor 12 planten hoogstens 4 γ) misschien van betekenis kunnen zijn voor het verloop der proeven.

Gevoeligheid voor B-tekort en B-behoefte.

Wat betreft de gevoeligheid van de onderzochte gewassen voor B-tekort heeft de proef de verwachting bevestigd, dat mais inderdaad weinig gevoelig is voor B-gebrek en blijktens de analyses ook een geringe B-behoefte heeft. Weliswaar kan ook mais niet geheel zonder B en leidt afwezigheid van dit element tot deficientieverschijnselen, nl. het streepsgewijze wegvallen van mesophyl en achterwege blijven van reproductie-organen.

Zoals uit de drooggewichten (tabel 8 en fig. 7) blijkt, wordt de maximumopbrengst reeds bij 50 γ B per l bereikt, zodat de meest gunstige concentratie mogelijk zelfs nog lager ligt.

Opmerkelijk is echter hoe weinig B voldoende is om deze ziekteverschijnselen te voorkomen¹⁾. De analysecijfers geven verder de indruk, dat de maiswortels zeer selectief werken, omdat de planten ook bij de hogere boraatconcentraties slechts tot een bepaald gehalte (0,6 m % B) opnamen.

Mosterd bleek van de onderzochte gewassen het sterkst op de afwezigheid van B te reageren door een volkomen stagnatie van de groei. Op grond hiervan lijkt mosterd zelfs een geschikt gewas om als reagens op kleine hoeveelheden B (bv. in zand of grond) te dienen. Het gemiddelde B-gehalte is hier 6 tot 10 maal hoger dan bij mais en het gehalte verandert nagenoeg rechtlijnig met de concentratie in de oplossing (grafiek 7). Neemt men aan, dat dit verloop ook voor de kleinere concentraties geldt, dan zou hieruit volgen, dat de mosterd een minimumgehalte van 2 m % B vereist om behoorlijk te groeien²⁾.

Merkwaardig is verder, dat mosterd zeer veel B kan verdragen, zonder dat beschadiging optreedt. De meest gunstige concentratie ligt in de buurt van 100 γ B per l, zoals uit de opbrengstcijfers valt af te leiden.

Alle karakteristieke eigenaardigheden, die we bij de mosterd vonden, treffen we ook, maar minder uitgesproken, bij de tomaat aan. De gevoeligheid voor B-tekort is niet zo groot als bij mosterd, terwijl de B-behoefte blijkens de analyses eveneens kleiner is. Nemen we ook hier een onderste grens voor het gemiddelde B-gehalte aan, dan ligt dit bij $\pm 1,5$ m %.

Op grond van de hier verkregen ervaringen leek mosterd ons een zeer geschikt gewas toe om verder mee te experimenteren, gezien zijn vermogen om grote hoeveelheden B te concentreren, wat uit een oogpunt van analyse wenselijk was.

Vooruitlopend op de resultaten van de Hoofdstukken V en VI moet vermeld worden, dat deze keuze ook bezwaren heeft gehad. Mosterd is nl. een typisch voorjaarsgewas, dat bij lage temperatuur en matige lichtintensiteit groeit. Bij lagere temperatuur was de wortelontwikkeling anders dan bij hogere temperatuur. De wortels worden in het eerste geval langer en steviger maar minder vertakt. Verder is de bladontwikkeling in de kou aanzienlijk beter en wordt de bloei door koude vertraagd. In overeenstemming hiermee zijn dan ook de

¹⁾ Het is begrijpelijk, dat bij veldproeven de betrokken deficientieverschijnselen zich nooit voordoen, omdat volkomen B-loze gronden wel niet zullen voorkomen.

²⁾ In dit verband kan een analysecijfer van BRIOUX en JOUTIS (1936) vermeld worden van mosterd, gegroeid op glaszand (met HCl uitgekookt), die tot 1,7 m % B had opgenomen.

proeven (1, 4 en 7), die in het voor- of najaar werden aangezet, het gunstigst verlopen, terwijl die proeven, welke in de zomer liepen, tengevolge van de grote warmte en lichtintensiteit zeer vroegtijdig tot bloei kwamen en een lage blad- en totaalopbrengst gaven.

Bij een vergelijking van de habitus van planten die in grond en planten die in watercultures gegroeid waren viel op, dat de laatste meer in de lengte uitgroeiden en dat het blad kleiner was.

Tenslotte kan nog vermeld worden, dat mosterd zeer gevoelig bleek voor een lage pH en in de gebruikte oplossing beneden $\text{pH} \pm 4$ een abnormale wortelontwikkeling te zien gaf.

HOOFDSTUK VA

OVER DE OPNAME VAN BORIUM DOOR DE PLANT

Korte samenvatting. In proeven met zeer lage boraatconcentraties werd tot bij de laagst bereikbare concentratie ($\pm 2 \gamma$ B per l) geringe groei verkregen. Bij stijgende concentraties tot 25γ B per l werd de groei geleidelijk beter. Het optreden van pathologische verschijnselen was niet scherp gebonden aan een concentratiegrens. Ook bij 25γ en zelfs bij 50γ B per l kwamen nog sporadisch ziekteverschijnselen voor. De grootste overgang wat betreft gezondheidstoestand lag evenwel tussen 6 en 12γ B per l.

De opname van borium (uitgedrukt in het B-gehalte op droge stof, gemiddeld over de gehele plant) bleek in het traject van 50 — 200γ B per l vrijwel lineair met de concentratie te verlopen. Bij 50γ B per l vertoont de opnamecurve een knik, om beneden 50γ weer lineair te verlopen. Dit verloop bleek in de verschillende proeven hierover, op één uitzondering na, goed reproduceerbaar. Voor het gebied boven 200γ B per l, tot $10\ 000 \gamma$ toe, kon een lineaire afhankelijkheid van de B-opname waarschijnlijk worden gemaakt.

Bij de opname van een voedings-ion door de plant kan men zich afvragen volgens welke wetmatigheden deze opname verloopt. Wordt de snelheid van opname, in een gegeven voedingsoplossing, alleen bepaald door het worteloppervlak, of speelt ook het bovengrondse deel van de plant hierbij een rol, m.a.w. is de groeisnelheid en de grootte van de plant van invloed op de snelheid van opname? Volgens VAN DEN HONERT (1933) kan men de snelheid van de fosfaatopname bepalen, door gedurende korte tijd de verandering van concentratie na te gaan van de doorgelopen voedingsoplossing (doorstromingscultures). Daar de opname wordt omgerekend per eenheid van worteloppervlak, is de snelheid van opname dus evenredig met de fosfaatconcentratie en met het worteloppervlak. Het voordeel is, dat gedurende de duur van de proef het worteloppervlak vrijwel constant blijft en geen ingrijpende veranderingen plaats vinden in het bovengrondse gedeelte van de plant. Ze vereist evenwel, zoals in Hoofdstuk II betoogd, een zeer gevoelige analysemethode, die voor het boorzuur niet ten dienste stond. We moesten hiervoor onze toevlucht nemen tot de methode, waarbij de plant gedurende lange tijd B ophoopt om daarna het plantenmateriaal te analyseren. Hierbij bestudeert men dus geen enkelvoudig, maar een integraal proces, waarbij de gemiddeld per eenheid droog gewicht door de plant opgenomen hoeveelheid B als maatstaf wordt aangenomen.

In de volgende proeven is daarom, evenals bij proef I, het gemiddelde B-gehalte bepaald van het bovengrondse deel van de plant (droge stof). Daar aanvankelijk niet vaststond of het B-gehalte afhankelijk is van het tijdstip van oogsten, zijn de planten steeds zoveel mogelijk

in hetzelfde stadium geogst, te weten in het overgangsstadium van vegetatieve groei naar de bloeiperiode. Later bleek ons, dat het gemiddelde B-gehalte gedurende de gehele groeiperiode weinig varieert (Hoofdstuk VI).

Te bestuderen viel nu in de eerste plaats hoe de opname van het boraat verloopt, in afhankelijkheid van de boraatconcentratie zelf. In de tweede plaats in hoeverre de opname van B beïnvloed wordt door andere ionen. In analogie aan de door VAN DEN HONERT (1933) gevonden beïnvloeding van de fosfaatopname door de H-ionen-concentratie moet men zich afvragen of ook de boraatopname een pH-afhankelijkheid zal vertonen. Immers is bij lage pH-waarden (5—6) boorzuur bijna niet gedissocieerd en neemt bij hogere pH het aandeel aan boraat-ionen toe.

Verder is de suggestie van BRECHLEY en WARINGTON (1927), dat het Ca-ion de boraatopname zou stimuleren (en omgekeerd), onderzocht, terwijl dit er toe leidde ook het fosfaat-ion in het onderzoek te betrekken.

A. CONCENTRATIE-AFHANKELIJKHEID.

In de hiervoor beschreven proef (1) hebben we reeds een indruk gekregen over de boraatopname, welke in het onderzochte gebied bij mosterd vrijwel evenredig bleek te zijn met de boraatconcentratie. Het leek nu gewenst ook het gebied beneden 50 γ B per l nader te onderzoeken, om na te gaan of er een concentratiegrens is aan te geven, waarbeneden geen normale groei mogelijk is. In het bijzonder is het van belang te weten, in hoeverre het optreden van deficientieverschijnselen zou samengaan met een verminderde boraatopname. Tot dit doel is proef 2 aangezet met concentraties van 0—50 γ B per l.

Proef 2.

Voedingsoplossing: de oplossing was uit dezelfde zouten samengesteld als de oplossingen A en B, genoemd op pag. 31, maar met verdubbelde concentraties. Aanvankelijk was het ferfosfaat vervangen door ijzercitraat (0,031 g per l).

Schema:	I	zonder toevoeging van borium.
	II	met 1 γ B per l
	III	„ 3 „ „ „ „
	IV	„ 6 „ „ „ „
	V	„ 12 „ „ „ „
	VI	„ 25 „ „ „ „
	VII	„ 50 „ „ „ „

Duur van de proef: 22 Juli—25 Augustus (1938). In totaal werden de oplossingen vier maal ververs. De proeven werden in drievoud aangezet, met 12 planten per pot.

Groeiverloop. Het verloop van deze proef werd gekenmerkt door een abnormale wortelontwikkeling, geen verband houdend met de gekozen opzet. De oorspronkelijke wortels der kiemplantjes, afkomstig van de voorkieming

in glaszand, ontwikkelden zich in de oplossing niet verder en van het uitstoelingsgedeelte af groeiden talrijke nieuwe wortels uit, die juist tot het wateroppervlak reikten. Aanvankelijk veronderstelden we, dat de hoge temperatuur, die van 28-7 af heerste, oorzaak was van deze abnormale groei, later bleek, dat door de verdubbeling van de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ concentratie de pH van de oplossing tot $\pm 3,4$ ¹⁾ gedaald was, hetgeen de abnormale wortelontwikkeling tengevolge had. Wel is de hoge temperatuur oorzaak geweest van een vroegtijdige bloei, waardoor de planten reeds 20 Augustus moesten worden geoogst.

Invloed van de boraatconcentratie. De verschillende boraatconcentraties gaven aanvankelijk alleen in de wortelontwikkeling aanleiding tot duidelijke groeiverschillen. Bij serie I ontwikkelden zich nagenoeg geen nieuwe wortels, bij de series II, III en IV (met resp. 1, 3 en 6 γ B per l) geleidelijk meer, terwijl bij de laatste drie series dikke bossen wortels zichtbaar waren.

De bladontwikkeling gaf gedurende de eerste tien dagen van de proef weinig verschil te zien, de meeste planten hadden het eerste en tweede blad gevormd, het derde blad was hier en daar aanwezig. Na verloop van nog een week werden de verschillen groter, hoewel de groei van de 0-B-planten niet geheel stil stond. De werking van de toenemende boraatconcentraties komt het best tot uiting in een standbeoordeling van 15 Augustus:

Serie I. Het blad begint hier al te vergelen. Tussenstadium donkergroen blad, hard, dik en droog. De ontwikkeling is meest bij het derde, soms vierde blad stil blijven staan.

Serie II. De plantjes staan zeer armelijk, maar minder slecht dan die van serie I. De ontwikkeling is bij veel planten bij het derde en vierde blad stil blijven staan. Enkele groeien nog door (tot zevende blad toe), weinig nieuwe wortels.

Serie III. Staan iets beter. Het 6e—9e blad is in ontwikkeling (7e, 8e en 9e zeldzaam). Iets meer wortels.

Serie IV. Staan gemiddeld iets beter, 6e tot 9e blad. Hier en daar komen bloemknoppen voor, die een wit, verdroogd uiterlijk hebben. Meer wortels.

Serie V. De grootste overgang ligt hier. De planten staan naar verhouding veel beter. De meeste hebben bloemknoppen. 6e tot 9e blad. Veel nieuwe wortels.

Series VI en VII. Deze planten staan niet zo hoog uitgegroeid. Het meest is hier het 8e blad in aanleg. De planten dragen bloemknoppen. Veel nieuwe wortels.

De grootste overgang lag dus tussen 6 en 12 γ B per l, hetgeen zo bleef tot het eind van de proef. Toch kwamen bij deze laatste planten nog deficiëntieverschijnselen voor, t.w. gedrongen groei, uitgelopen zijknoppen en verdroogde bloesems en hauwtjes. Bij de planten met concentraties van 25 en 50 γ B per l was van gedrongen groei geen sprake meer, sporadisch waren hier nog enkele bloesems verdroogd.

Nog beter, dan uit de omschrijving der groeiverschijnselen, blijkt de invloed van de opklimmende boraatconcentraties uit de opbrengstcijfers, welke in onderstaande tabel zijn ondergebracht.

¹⁾ De door MES (1930) aangegeven oplossing, die voor tabak is aanbevolen, bleek dus voor mosterd minder geschikt te zijn, maar is toevallig in de verdunning, zoals toegepast in de proeven 1 en 6, weer bruikbaar (pH 4,3).

TABEL 10.
Proef 2. Opbrengstgegevens.

Serie	Conc. in γ B per liter.	Vers gewicht per pot.	Drooggewicht per pot.	droge stof gehalte
I	(0)	0,9 g	0,27 g	31 %
II	1	2,35 „	0,47 „	20 %
III	3	4,2 \pm 0,19	0,83 \pm 0,06	20 %
IV	6	4,9 \pm 0,0	0,93 \pm 0,02	19 %
V	12	10,6 \pm 0,48	1,96 \pm 0,13	19 %
VI	25	12,5 \pm 0,82	2,13 \pm 0,15	17 %
VII	50	12,2 \pm 1,13	2,10 \pm 0,17	17 %

Verhoging van de concentratie van 6 tot 12 γ B per l veroorzaakt een verdubbeling van de opbrengst, terwijl daarboven geen grote opbrengstvermeerdering meer verkregen wordt. Opmerkelijk is verder het dalen van het drogestof-gehalte der planten bij toenemende boraat-concentratie. Dit is in overeenstemming met het uiterlijk van de planten, die bij een tekort aan B immers een gedrongen voorkomen hebben.

Bij de analyse werd het beschikbare materiaal, voor zover mogelijk gesplitst, voor een duplo bepaling. Bij de lagere concentraties was hiervoor niet voldoende aanwezig. Mede doordat voor deze bepalingen van weinig droge stof werd uitgegaan, is de nauwkeurigheid van deze analyses geringer dan normaal. In de laatste kolom van onderstaande tabel staat daarom de mogelijke fout in deze gehalten aangegeven, waarbij is uitgegaan van een nauwkeurigheid van $\pm 5 \gamma$ per bepaling.

TABEL 11.
Proef 2. B-gehalte op droge stof.

Toegevoegd per l	Serie	B-gehalte in milli %	Totaal opgenomen per pot	Mogelijke fout
0 γ per l	I	(2,2 m %)	6 γ	0,6 m %
1 γ „ „	II	(1,9 m %)	9 γ	0,4 m %
3 γ „ „	III	0,5 m %	4 γ	0,3 m %
6 γ „ „	IV	1,2 m %	10 γ	0,2 m %
12 γ „ „	V	0,9 m %	19 γ	
— „ „	—	1,0 m %		
25 γ „ „	VI	1,5 m %	30 γ	
— „ „	—	1,4 m %		
50 γ „ „	VII	2,3 m %	50 γ	
— „ „	—	2,5 m %		

Zet men deze B-gehalten af tegen de concentraties per l, hierbij voorlopig de laagste concentraties buiten beschouwing latend, en vergelijkt ze verder met de in proef 1 verkregen waarden, dan blijkt, dat ze hierbij vrij goed aansluiten, maar dat het verloop van deze opnamecurve een knik vertoont bij 50 γ per l; daarboven en daaronder is het verloop vrijwel lineair.

Men zou nu kunnen menen, dat het niet geoorloofd is de beide curves aan elkaar te passen, omdat de planten onder verschillende omstandigheden zijn opgegroeid. Nu beschikken we uit de later te beschrijven proeven 4 en 7 over meer vergelijkbare gegevens, die in dezelfde grafiek kunnen worden ondergebracht.

Zo vonden we in proef 1 (Hoofdstuk IV)

bij 48 γ /l $2,7^5 \pm 0,0^6$ m %

bij 96 γ /l $3,6 \pm 0,2^5$ m %

bij 192 γ /l $5,6 \pm 0,2^7$ m %

als gemiddelde van drie onafhankelijke waarden,

en in proef 4 (Hoofdstuk VB)

bij 23 γ /l $1,8 \pm 0,0^5$ m %

bij 67 γ /l $3,3 \pm 0,0^6$ m %

bij 200 γ /l $5,9 \pm 0,1^1$ m %

als gemiddelde van zes onafhankelijke waarden.

Tenslotte leverde proef 7 (Hoofdstuk VI) ook voldoende analyse-materiaal voor de lage concentraties, waarbij de volgende cijfers verkregen werden:

geen B toegevoegd

1,0 m %

bij 10 γ /l 1,0 m %

bij 50 γ /l 2,5 m %

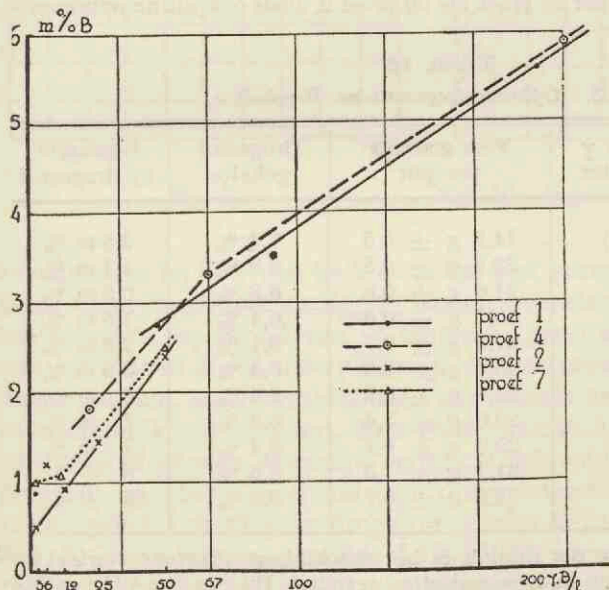


Fig. 8. B-gehalte op droge stof in afhankelijkheid van de boraatconcentratie in de voedingsoplossing.

Deze waarden werden verkregen bij verschillende omstandigheden, wat betreft temperatuur, belichting en samenstelling van de voedingsoplossing. Daar alle punten met betrekkelijk geringe afwijkingen langs de reeds gevonden curve vallen, moeten we aannemen, dat deze een wezenlijke betekenis heeft.

Slechts in één geval werden resultaten verkregen, die niet kwantitatief met de hiervoor gevondene samenvallen. De hierop betrekking hebbende proef (no. 3) werd in de winter van '38 op '39 in de kas genomen en kwam, mede door de felle vorstperiode in December '38, slechts uiterst langzaam tot ontwikkeling. Hoewel daardoor de resultaten niet als geheel normaal beschouwd kunnen worden, levert deze proef voor het gebied der hogere boraatconcentraties een belangrijke aanvulling, waarom hier een korte beschrijving volgt.

Proef 3.

Voedingsoplossing: de concentratie der voedingszouten was zes maal hoger, dan op pag. 31 vermeld. Inplaats van 0.61 g $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ aq werd 0.25 g CaHPO_4 aq per l toegevoegd. Daar de oplosbaarheid van dicalciumfosfaat ongeveer 0,2 g per l is (bij 25 ° C) was de oplossing dus verzadigd aan dit zout.

De oplossingen werden vier maal ververst.

De pH van de oplossing is ongeveer 6,5.

S c h e m a: Lage conc.: serie I t/m VII, 0, 1, 2, 6, 12, 25 50 γ B/l.

Hoge conc.: serie VIII t/m XII 100, 400, 1000, 10000, 100000 γ B/l.

Duur van de proef: 16 Nov. (1938) — 20 Jan. (1939). De proeven werden in drievoud aangezet met 12 planten per pot. De temperatuur varieerde gedurende deze tijd vrij sterk. De gemiddelde dagtemperatuur schommelde van 11—18 ° C, in de periode van 17 t/m 26 Dec. van 0—8 ° C.

Groei-verloop: De wortelontwikkeling in deze proef was normaal en nam van 0 tot 12 γ toe. Vandaar tot 1000 γ liep ze over een vrij vlak maximum, om daarboven weer af te nemen. Opmerkelijk was, dat de planten, waaraan geen B was toegevoegd, aanvankelijk goed meegroeiden en slechts onduidelijke gebreksymptomen vertoonden. De verschillen tussen de diverse concentraties waren dan ook niet zo groot als bij proef 2, zoals ook uit de opbrengst-

TABEL 12.

Proef 3. Opbrengstgegevens en B-gehalten.

Serie	Conc. in γ B per liter	Vers gewicht per pot	Drogestof gehalte	B-gehalte op drogestof
I	(0)	14,3 g \pm 0,5	7,4 %	2,5 m %
II	1	22,8 g \pm 0,5	6,9 %	1,1 m %
III	2	24,6 g \pm 0,8	6,8 %	0,8 m %
IV	6	30,5 g \pm 0,6	6,4 %	1,5 m %
V	12	31,2 g \pm 0,7	6,1 %	2,2 m %
VI	25	35,4 g \pm 3,3	6,4 %	3,9 m %
VII	50	27,8 g \pm 0,9	5,9 %	6 m %
VIII	100	29,6 g \pm 1,4	6,3 %	7 m %
IX	400	29,9 g \pm 0,7	6,4 %	7 m %
X	1000	31,7 g \pm 1,3	6,5 %	9 \pm 1
XI	10000	22,0 g \pm 0,7	6,5 %	35 \pm 4

N.B. Voor de bepaling der duplo's is het beschikbare plantenmateriaal zo goed mogelijk gemengd en in twee gedeelten gesplitst. Bij de series VII t.m. XI was het materiaal niet voldoende homogeen waardoor de bepalingen minder goed klopten. In verband hiermee is de eerste decimaal niet opgegeven.

tabel blijkt. 10000 γ B per l gaf een duidelijke daling van de opbrengst en bij de hoogste concentratie vielen de plantjes reeds na een week uit, zodat deze concentratie boven de hoogste grensconcentratie ligt. Beschadigingsverschijnselen deden zich alleen bij 100000 γ per l voor. De randen der cotylen waren zwart en verschrompelden, alsof ze weggebrand waren. De wortels vertakten zich niet en rotten weg.

Bij vergelijking van de gehalten der planten, die bij hogere boraatconcentraties zijn gegroeid, zien we dat de boraatopname niet tot een grenswaarde komt, maar tot 10.000 γ per l steeds nog toeneemt (fig. 9). Of het verloop volkomen lineair is staat niet vast, omdat punten tussen 1000 en 10000 γ ontbreken, maar het lijkt wel waarschijnlijk.

Zoals uit tabel 12 blijkt, ligt de curve van 0—200 γ aanzienlijk boven de vroeger gevonden curve (grafiek 8). Ze vertoont echter

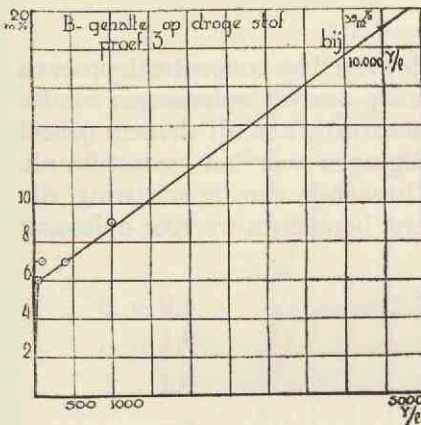


Fig. 9.

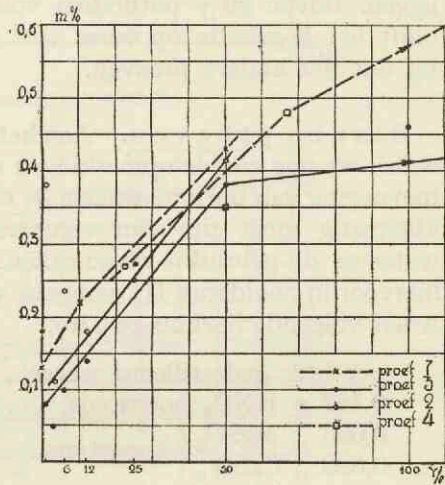


Fig. 10. B-gehalte op vers materiaal.

evenals deze bij 50 γ een knik en is dus wat vorm aangaat volkomen gelijk. Voor de afwijkende ligging zou men verklaringen kunnen trachten te geven, op grond van de langzame groei der planten, de lage temperatuur of afwijkende pH, resp. fosfaatconcentratie van de voedingsoplossing, welke verklaringen alle slechts een geringe mate van waarschijnlijkheid toekomt. Een punt, waarin het plantenmateriaal van deze proef zich wezenlijk onderscheidde van dat van de andere proeven, was het abnormaal lage drogestof-gehalte.

Van proef 1 werd geen drogestof-gehalte bepaald. Bij de proeven 2, 4, 5, 6 en 7 was het gemiddeld 19, 15, 15, 13 en 18 % van het vers gewicht der planten, terwijl het hier gemiddeld 6,4 % is!

Gaan we daarom thans nogmaals de gehalten aan B na, berekend op vers materiaal:

TABEL 13.
B-gehalte op vers materiaal (in milli-procenten).

Conc.	Proef 2	Proef 3	Proef 4	Proef 5	Proef 6	Proef 7
12 γ /l	0,18	0,14	—	—	—	0,22 ¹⁾
25	0,25	0,27	0,27 ²⁾	—	—	—
50	0,41	0,38	—	0,43	0,35	0,43

¹⁾ toegevoegd 10 γ per l.

²⁾ toegevoegd 23 γ per l.

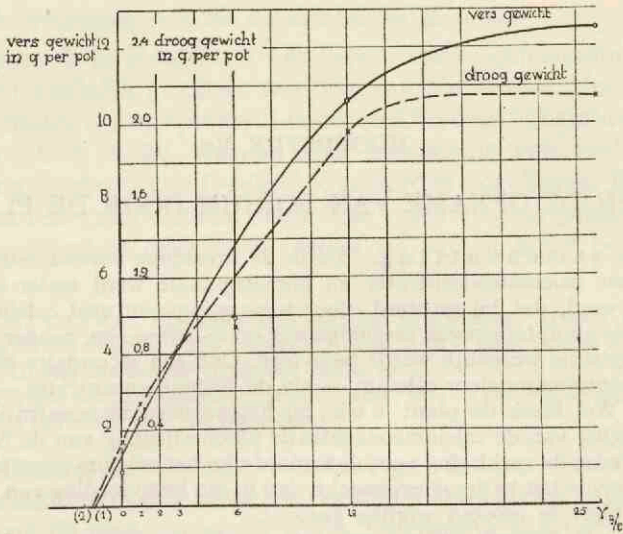
Uit deze cijfers blijkt, dat voor proef 3 de gehalten op vers gewicht der planten vrijwel normaal tussen die van de andere proeven inliggen. Boven 50 γ ontbreken voldoende vergelijkingspunten, maar blijft het B-gehalte op verse stof van proef 3 waarschijnlijk achter bij dat der andere proeven.

Blanco proeven. Aan het slot van deze concentratieproeven willen we nog enkele opmerkingen maken over de oplossingen zonder toevoeging van borium, waarin de concentratie aan dit element geheel afkomstig moet zijn van verontreinigingen van het gedestilleerde water en de gebruikte chemicaliën. Uitgaande van de schatting, die hiervoor in hoofdstuk III gemaakt werd, berekenen we voor oplossing A het volgende borium-gehalte:

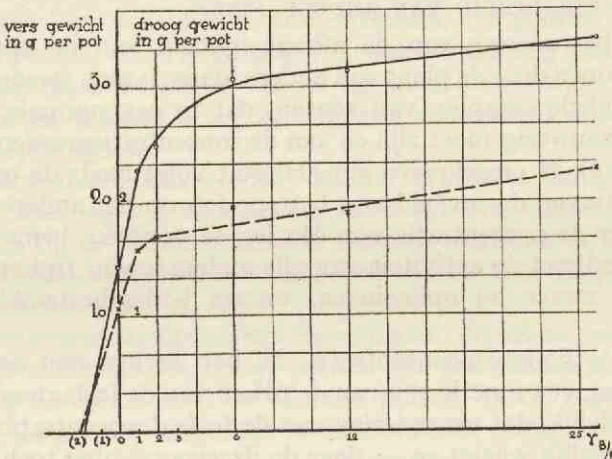
per liter gedestilleerd water	1,9 γ B
0,167 g KNO_3 hoogstens	0,1 „ „
0,083 „ MgSO_4 } hoogstens	0,1 „ „
0,083 „ CaSO_4 }	
0,11 „ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0,2 „ „
0,042 „ ferfosfaat (weinig oplosbaar) . .	0,2 „ „
	2,1—2,5 γ B

Op gelijke wijze kan voor de bij proef 2 gebruikte oplossing een gehalte berekend worden, dat ligt tussen 2,3 en 3,1 γ B en voor de meer geconcentreerde oplossing van Proef 3 een minimumgehalte van 2,3—4,1 γ B per liter.

Een andere maatstaf hiervoor kunnen we nog krijgen, indien we de opbrengstgetallen van proef 2 en 3 afzetten tegen de B-concentratie in de voedingsoplossing en dan de curve aan de negatieve zijde hiervan doortrekken (grafiek 11a en b). In beide grafieken snijdt deze lijn de as bij — 2 γ B. Aannemende dat een opbrengst 0 ook overeenkomt met een concentratie 0, zou de concentratie van de blanco oplossing \pm 2 γ B zijn, zodat deze verontreiniging vrijwel geheel op rekening van het gedestilleerde water zou moeten worden gesteld.



a) Opbrengstcurve proef 2.



b) Opbrengstcurve proef 3.

Fig. 11.

Deze beschouwingen laten ons zien, op welke kleine concentraties de plant nog reageert en hoe moeilijk het bijgevolg is, onder volkomen uitsluiting van borium te werken, althans ten opzichte van de gevoelige reactie van de plant hierop.

OVER DE OPNAME VAN BORIUM DOOR DE PLANT

Korte samenvatting. De in de literatuur veronderstelde samenhang tussen calciumconcentratie en boraatopname werd nader onderzocht. Gevonden werd, dat bij mosterd, door toevoeging van veel calcium aan het substraat de symptomen van boriumgebrek op te heffen zijn, zonder dat daarbij de boraatopname wezenlijk wordt beïnvloed. Ook een secundaire beïnvloeding van de boraatopname door calcium — via de fosfaatconcentratie — werd niet gevonden. Wel bleek de plant ook bij hogere boraatconcentraties gevoelig voor verhoging van de calciumconcentratie (door wijziging van de Na : Ca verhouding), zodat de verklaring voor de invloed van het calcium meer rechtstreeks in de ligging van het kationevenwicht, dan in een beïnvloeding van de boraatopname schijnt te moeten worden gezocht.

Beneden pH 7 bleek de boraatopname niet afhankelijk van de H⁺-ionenconcentratie, daarboven kon een afhankelijkheid niet positief worden aangetoond.

B. AFHANKELIJKHEID VAN ANDERE IONEN.

Bij de bestudering van de afhankelijkheid van de opname van bepaalde ionen door de plant van andere ionen, is men steeds gebonden aan het gehele complex van zouten, dat in een normale voedingsoplossing aanwezig moet zijn en aan de concentratiegrenzen, zoals die in Hoofdstuk II omschreven zijn. Hieruit volgt reeds de onmogelijkheid om zuiver de invloed van het ene ion op het andere ion na te gaan. Door de concentratie van één ion te variëren, beïnvloedt men direct of indirect de activiteit van alle andere ionen. In het bijzonder weegt dit zwaar bij oplossingen, waarin bodembestanddelen aanwezig zijn.

Zo zal de Fe-ionen-concentratie, bij het werken met onoplosbare ijzerfosfaten, een functie zijn van de pH en van de fosfaatconcentratie. Het is duidelijk, dat verandering van de fosfaatconcentratie meerdere factoren tegelijk wijzigt en — daar de ijzervoorziening toch reeds een zwak punt van de stilstaande watercultuur is — dat men met conclusies zeer voorzichtig zal moeten zijn. Een ander voorbeeld leveren de in watercultures veelvuldig toegepaste, weinig oplosbare, calciumfosfaten (secundair en „tertiair“). Door vergroting van de Ca-ionenconcentratie, kan die van de fosfaat-ionen teruggedrongen worden.

Ook indien echter alle zouten in oplossing zijn, kan men niet de concentratie van één ion wijzigen, zonder daarmee tevens de concentratie van een tegengesteld geladen ion te veranderen.

Zonder de moeilijkheden te onderschatten, welke zich dus bij dit onderwerp voordoen, leek het toch gewenst proeven hierover aan te zetten, om de tegenstrijdigheden, die zowel in het eigen onderzoek als in de literatuur voorkomen, te kunnen verklaren.

B 1. De beïnvloeding van de boraatopname door Ca⁺⁺.

Zoals we reeds in Hoofdstuk I schreven, vermelden sommige onderzoekers een duidelijk gunstige werking van Ca⁺⁺-toevoeging, in geval van boriumtekort. Een sprekend voorbeeld hiervan is beschreven door HUDIG en LEHR (1938), waarbij door toevoeging van veel calciumchloride een toestand van B-tekort kon worden opgeheven. Het betrof hier mosterd in zandcultures. Daar deze proef uitgangspunt was voor het hierna volgende onderzoek, willen we er een korte beschrijving van geven.

Zandcultures: Glaszylinders met 2,5 kg glaszand kregen als bemesting 300 mg N als NaNO₃, 0,54 g CaHPO₄.2aq, 0,40 g KCl, 0,31 g MgSO₄.7 aq, 0,03 g MnSO₄.4aq en enkele druppels FeCl₃ (5 %).

Verder werden variaties gemaakt met 0 : 430 : 860 : 1290 mg Ca als CaCl₂.6 aq en 0 : 570 : 1140 γ B als Na₂B₄O₇.10aq.

Een volkomen onverwacht resultaat gaf in deze proef de serie zonder boriumtoevoeging te zien bij opklimmende giften CaCl₂. Terwijl in deze serie de planten zonder extra toevoeging van Ca vroegtijdig uitvielen, groeiden de overige aanvankelijk goed. In de bloeiperiode traden echter bij de 1 Ca-planten (430 mg Ca) hevige B-gebrekverschijnselen op, waarna ook deze uitvielen. De planten met 2 Ca (860 mg) vormden een overgangsgeval, waarbij één stel planten eveneens uitviel, maar de duplo vrijwel normaal doorgroeide. Tenslotte groeiden de planten met 3 Ca (1290 mg) zeer voorspoedig door en gaven hoge zaadopbrengsten.

Waar aangetoond kon worden, dat het gebruikte CaCl₂ praktisch vrij van B was, lag het voor de hand hier aan een stimulerende werking van Ca op de boraatopname te denken, waardoor de kleine hoeveelheid B, die door glaszand afgegeven wordt, voor de plant beter opneembaar zou zijn.

Later verkregen analysecijfers bevestigden dit in zoverre, dat de totaal opgenomen hoeveelheden borium per pot aanmerkelijk groter waren voor de met 2 en 3 Ca bemeste potten. In de B-gehalten op droge stof kwam een dergelijke invloed *niet* tot uiting.

TABEL 14.

Mosterd in zandcultures: Totaal opgenomen hoeveelheid B per pot en gemiddeld B-gehalte der planten in m% op droge stof.

	0 Ca	1 Ca	2 Ca	3 Ca
geen B	— —	214 γ 2,4 m%	318 γ 2,5 m%	488 γ 2,3 m%
570 γ	— —	449 γ 2,5 m%	624 γ 3,2 m%	504 γ 2,7 m%
1140 γ	633 γ 4,6 m%	653 γ 4,0 m%	691 γ 3,5 m%	666 γ 3,4 m%

Om nevenfactoren — zoals B-afgifte door glaszand, concentratieveranderingen tijdens de proef en het onberekenbare effect van CaHPO_4 — uit te schakelen, is voorjaar '38 een soortgelijke proef in watercultures aangezet. Hierbij werd de voedingsoplossing zo gekozen, dat alle zouten in oplossing bleven, met uitzondering van ferfosfaat. Om verder de chlorideconcentratie constant te houden werden mengsels gemaakt van NaCl en CaCl_2 , waarin Na geleidelijk vervangen werd door Ca.

Proef 4.

Voedingsoplossing: Oplossing A werd voor dit doel als volgt gewijzigd 0,083 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{aq}$.

0,083 g K_2SO_4

0,110 g KH_2PO_4

0,042 g $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{aq}$.

en verder:

Ionenschema.

		anionen		kationen Variaties $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{++}$		
serie	I	NO_3^-	3 Cl^-	4 Na^+	0	$\text{Ca}^{++}/2$
„	II	„	3 „	$3\frac{1}{2}$ „	$\frac{1}{2}$ „	„
„	III	„	3 „	3 „	1 „	„
„	IV	„	3 „	2 „	2 „	„
„	V	„	3 „	1 „	3 „	„
„	VI	„	3 „	$\frac{1}{2}$ „	$3\frac{1}{2}$ „	„
„	VII	„	3 „	0 „	4 „	„

De hierbij behorende aequivalente hoeveelheden bedroegen voor:

NaNO_3 0,121 g per l

NaCl 0,083 „ „ „

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{aq}$ 0,168 „ „ „

$\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{aq}$ 0,156 „ „ „

Ieder van deze series I t.m. VII werd uitgevoerd bij verschillende boraatconcentraties.

Variaties van de boraatconcentratie:

- zonder enige boriumtoevoeging.
- met 23 γ B per l als boorzuur.
- met 67 γ B per l „ „
- met 200 γ B per l „ „

In totaal werden de oplossingen vijf maal ververst. De begin pH bedroeg ongeveer 5,1.

Duur van de proef: 4 Juni—8 Juli 1938.

Iedere variatie werd in duplo uitgevoerd, per pot 12 planten.

Gebrekverschijnselen bij de planten zonder B en zonder Ca. De eerste vier series zonder boraattoevoeging (IA t/m. IVA) vertoonden spoedig de typische boriumgebrekverschijnselen, zoals die ook omschreven werden op pag. 46 en 53. Opvallend was hierbij de uiterlijke overeenkomst met de verschijnselen, ontstaan door het ontbreken van Ca, welke zich voordeden bij de series IA, IB, IC, ID. Ook hier stonden wortelontwikkeling en stengelgroei geheel stil, het vegetatiepunt verdorde en de cotylen begonnen vroegtijdig te vergelen.

Bij de series met hogere Ca: Na verhouding was evenwel een verbetering van stand merkbaar, al vertoonde speciaal de blad-ontwikkeling van de planten een pathologisch beeld. Terwijl de hoofdknop zeer sterk in zijn groei geremd was, ontwikkelden zich nu in de bladoksels de zijknoppen, zodat inplaats van een normale hoog opgegroeide plant met regelmatig geplaatste bladstelen een korte gedrongen groei ontstond, met zeer veel bladeren dicht opeen, wat de plant een haast koolachtig uiterlijk gaf. Bovendien waren de gevormde bladeren slecht ontwikkeld en vormloos. De wortelontwikkeling was naar het uiterlijk normaal. De serie zonder Na (VIIA) vormde op dit alles een uitzondering en gedroeg zich precies zoals die met lage Ca-concentratie.

De stijgende lijn van de groei, samengaande met toenemende hoeveelheid Ca in de voedingsoplossing, komt het best uit in de luchtdrooggewichten van deze plantjes.

TABEL 15.

Proef 4: Opbrengst (luchtdroog) van planten zonder B.

Verhouding Na : Ca ₂	Serie	1e duplo	2e duplo
8 : 0	IA	0,283 g	0,300 g
7 : 1	IIA	0,353 „	0,528 „
6 : 2	IIIA	0,424 „	0,515 „
4 : 4	IVA	0,628 „	0,277 „
2 : 6	VA	1,057 „	1,091 „
1 : 7	VIA	1,179 „	0,739 „
0 : 8	VIIA	0,319 „	0,492 „

Groei- en ontwikkelingsverloop der overige series (B, C, D). Afgezien van twee potten met chlorose (tekort aan opneembaar ijzer) kwamen bij de overige variaties der oplossingen slechts geringe verschillen voor. De series met lage Na-concentratie (VI en VII) waren achter met de ontwikkeling van bloemknoppen. De laagst toegediende hoeveelheid B (23 γ /l) bleek reeds voldoende voor een normale ontwikkeling en er kon generlei afhankelijkheid van de drie verschillende boraatconcentraties (1 : 3 : 9) vastgesteld worden. Een gecombineerd effect van Ca- en B-concentratie werd derhalve ook niet gevonden.

Ter illustratie hiervan kunnen we de cijfers voor vers gewicht, droog gewicht, drogestof-gehalte en asgehalte aanvoeren, gemiddeld over alle potten met gelijke boraatconcentratie.

TABEL 16.

B-conc.	Serie	Vers gewicht	Droog-gewicht	% droge stof	% as
23 γ /l	B	27,4 g	4,14 g	15,1	11,8
67 „	C	27,6 „	4,10 „	14,9	11,8
200 „	D	27,5 „	4,16 „	15,1	11,6

Onafhankelijk hiervan vinden we wel enige invloed van de gevarieerde Ca : Na-verhouding op deze cijfers. Rangschikken we ze namelijk volgens gelijke Ca : Na-verhouding dan komen volgende gemiddelden te voorschijn.

TABEL 17.

Na : Ca ₂	Serie	Vers gewicht	Droog-gewicht	% droge stof	% as
7 : 1	II	24,4 ± 1,89	3,44 ± 0,19	14,2 ± 0,33	11,6
6 : 2	III	25,5 ± 1,76	3,61 ± 0,23	13,7 ± 0,20	11,3
4 : 4	IV	26,6 ± 1,83	4,09 ± 0,16	15,6 ± 0,72	11,0
2 : 6	V	27,7 ± 3,62	4,42 ± 0,47	16,1 ± 0,51	12,3
1 : 7	VI	29,8 ± 2,63	4,44 ± 0,31	15,1 ± 0,55	12,2
0 : 8	VII	30,5 ± 3,16	4,74 ± 0,43	15,7 ± 0,27	11,8

Hoewel de verschillen tussen de opeenvolgende waarden van deze series niet als wezenlijk beschouwd kunnen worden, volgt uit het verloop der cijfers toch vrijwel zeker, dat de hoge Ca : Na-verhoudingen een grotere droge stofopbrengst geven.

B-a n a l y s e s. Voor de analyse is het weinige materiaal van de A-serie per duplo verenigd. Van de overige series was per pot voldoende materiaal aanwezig, zodat dit ook afzonderlijk geanalyseerd is. In de series III en V vielen twee potten uit, omdat hierbij van de proefopzet was afgeweken, terwijl in serie IV bij twee potten sterke chlorose optrad, waarom ook deze niet meegerekend zijn.

De waarden, die voor de A-serie (zonder B-toevoeging) werden gevonden, kunnen niet als betrouwbaar gelden, omdat het hier ging om hoeveelheden van 3 tot 17 γ en 0,5 tot 1,5 g droge stof. Schommelingen ter grootte van de middelbare fout (3 γ) zijn in staat al deze waarden te doen samenvallen.

TABEL 18.

Proef 4: B-gehalte op droge stof in milli-%.

Serie	II	III	IV	V	VI	VII
[A]	[0,4]	[0,4]	[0,8]	[0,7]	[1,1]	[1,5]
B	1,9	1,9	1,6	2,0	1,5	1,5
	1,8	2,1	1,8	1,9	1,8	1,6
C	3,3	3,2	2,9	3,7	3,5	3,4
	3,2	—	—	—	3,5	2,7
D	6,0	6,0	6,7	5,8	5,2	5,1
	5,7	6,2	—	5,7	5,7	5,9

Zoals uit Tabel 18 en ook uit grafiek 12 blijkt, liggen de B-gehalten der drie andere groepen vrijwel regelloos door elkaar, waarbij eigenlijk alleen de waarde 6,7 van groep IVD afwijkt.

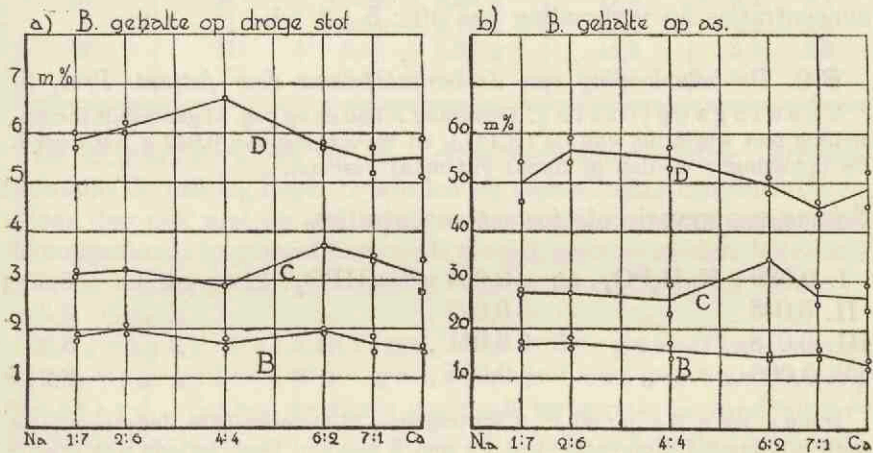


Fig. 12. Proef 4; B-gehalten.

Ook het boriumgehalte berekend op vers gewicht of op as ver-
toont generlei verloop, dat zou wijzen op een beïnvloeding door de
gevarieerde calciumconcentratie. Binnen de foutengrens, die hier
hoofdzakelijk wordt bepaald door de variabiliteit van het plantaardige
materiaal, moeten we dus de opname van borium als onafhankelijk
beschouwen van de calciumconcentratie.

Langs deze weg blijkt het dus niet mogelijk een verklaring te geven,
voor de toch zeker waargenomen gunstige werking van CaCl_2 bij
boriumtekort. Een tweede mogelijkheid, die we thans willen onder-
zoeken, is de volgende. In het begin van dit hoofdstuk werd er op

opmerkelijk gemaakt, dat in voedingsoplossingen met onopgelost CaHPO_4 de fosfaatconcentratie niet constant is, maar afhankelijk van de Ca^{++} -concentratie ¹⁾. We konden dit op de volgende manier aantonen. Oplossingen van 0; 0,8; 1,6 en 2,4 % $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{ aq}$ werden enige dagen geschud met 0,27 g $\text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{ aq}$ op 100 cm^3 . In deze oplossingen werd door analyse (volgens v. LORENTZ) gevonden:

0	% CaCl_2	8,2 en 7,5	mg PO_4	op 100 cm^3 .
0,8	% „	2,8 „ 2,4	„ „ „	100 „
1,6	% „	2,6 „ 2,4	„ „ „	100 „
2,4	% „	2,4 „ 2,3	„ „ „	100 „

Toevoeging van CaCl_2 verlaagt de fosfaatconcentratie dus tot op een derde. Moet nu wellicht de werking van calciumchloride geweten worden aan een secundair effect, m.a.w. is niet de Ca-concentratie, maar de fosfaat-concentratie van invloed op de boraatopname? Gezien de richting van het effect zou dan aan een antagonisme tussen negatieve ionen gedacht kunnen worden, wat op zich zelf aannemelijker lijkt, dan de eerst veronderstelde beïnvloeding door het Ca-ion.

Om dit te onderzoeken werd een kleine proef opgezet met fosfaatconcentraties, in verhouding van 10 : 5 : 2 : 1.

B 2. De beïnvloeding van de boraatopname door fosfaat. Proef 5.

Voedingsoplossing: Oplossing A had de op pag. 31 genoemde samenstelling met weglating van $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ en toevoeging van 0,042 g NaCl per l. De oplossingen werden in totaal vijf maal ververst.

Schema van gevarieerde fosfaatconcentraties.

	begin pH
I. 0,089 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{aq}$ + 0,054 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ aq}$ per l.	6,3
II. 0,045 „ „ + 0,027 „ „ „ „	6,3
III. 0,018 „ „ + 0,011 „ „ „ „	6,2
IV. 0,009 „ „ + 0,005 „ „ „ „	6,2

Duur van de proef: 8 September—16 October 1939. Iedere variatie werd in viervoud uitgevoerd, per pot met 5 planten. Deze periode was gekenmerkt, door een grote relatieve vochtigheid en een tamelijk lage gemiddelde dagtemperatuur (17—10 ° C.).

Deze mengsels waren zó gekozen, dat althans de aanvangs-pH bij alle nagenoeg gelijk was. Natuurlijk verloopt de pH het sterkst voor de minst gebufferde oplossing. Deze schommelingen bleven echter binnen redelijke grenzen, en wel kunnen we als eindwaarde bij benadering opgeven S I—6,7; S II—7,0; S III—7,1 en S IV—7,2.

Er werd in deze proef alleen gewerkt met een boraatconcentratie van 50 γ/l . Evenals in de hierna te beschrijven pH-proef werd afgezien

¹⁾ Dit volgt niet onmiddellijk uit het constant zijn van een oplosbaarheidsproduct, aangezien $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{aq}$ hydrolyseert en dus niet in evenwicht is met de waterige oplossing.

van een serie, zonder toevoeging van B, omdat de gebruikte fosfaten niet geheel B-vrij bleken te zijn.

Deze proef leverde een bevestiging, van de bewering, dat de ijzer-voorziening mede afhankelijk is van de fosfaat-ionenconcentratie. Na verloop van een week begon chlorose op te treden, het sterkst bij de hoogste fosfaatconcentratie, minder bij de tussenliggende en nage-voeg niet bij de laagste fosfaatconcentratie. Hoewel ter bestrijding hiervan geregeld ijzercitraat werd toegevoegd (per pot 4,2 mg om de andere dag) gelukte het niet geheel de chlorose op te heffen en bleven de planten bij de hoogste concentratie ernstig ziek. De resultaten van deze groep kunnen dan ook niet als geheel normaal beschouwd worden. De overige planten kwamen de chlorose vrij goed te boven.

TABEL 19.

Proef 5: Opbrengstgegevens en borium-gehalten.

Verh. getal fosfaat conc.	Groep	Droge stof	% droge stof	m% B op droge stof
10	I	2,24 ± 0,33 g	11,8	3,1 3,1
5	II	2,94 ± 0,12 g	12,2	2,3 2,6
2	III	2,60 ± 0,35 g	14,9	2,5 2,6
1	IV	3,31 ± 0,17 g	14,1	2,3 2,4

De analysecijfers, die bij deze proef verkregen werden, vertonen geenszins de neiging hoger te worden bij lagere fosfaatconcentratie en wijzen dus ook niet op een beïnvloeding van de boraatopname. Aan de hoge waarde in groep I kan, zoals gezegd, geen bijzondere betekenis gehecht worden.

Mogelijke verklaring voor de gunstige werking van calcium in geval van boriumtekort bij mosterd. Grijpen we thans nogmaals terug naar de zandcultuurproef. We vonden hierbij reeds, dat het B-gehalte zelf, bij de gevarieerde CaCl_2 -toevoeging weinig veranderde, een feit dat door de watercultuurproeven bevestigd wordt. Hierdoor lijkt de veronderstelling weerlegd, als zou calcium de boraatopname beïnvloeden. Langs deze weg laat zich dus geen verklaring geven voor de gunstige werking van Ca bij een tekort aan B. Ook de fosfaatconcentratie is, voor zover in proef 5 onderzocht, niet van invloed op de boraatopname, zodat een verklaring op grond van een secundair effect eveneens uitgesloten is.

Zien we echter naar de opbrengstcijfers van proef 4, dan wordt het duidelijk, dat de gunstige werking van Ca ook bestaat bij hogere boraatconcentraties en niet alleen in geval van boriumtekort. De plant reageert hierbij dus niet op de boraatconcentratie, maar op de kationenverhouding! Dat deze reactie in grensgevallen, zoals hier de lage boraatconcentraties, van doorslaggevende aard kan zijn, is duidelijk.

In het geval van de zandcultuurproef kwam dit tot uiting als een verschil in resistentie voor uitwendige invloeden (grote warmte en droogte).

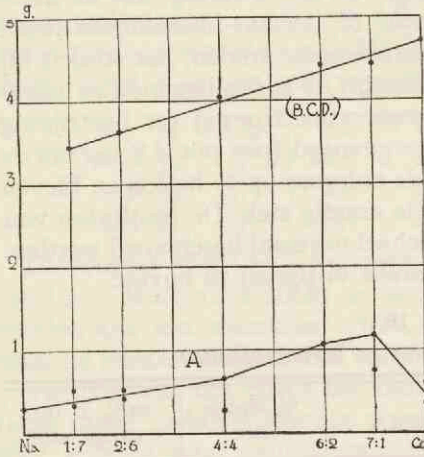


Fig. 13. Opbrengstcurven-drooggewicht. Proef 4.

de gebruikelijke concentratie der oplossingen, de pH vrij sterk verloopt en er dus meer dan gewoonlijk ververst moest worden. Het verloop is het grootst bij pH 5, omdat hier juist het eerste omslagpunt van fosforzuur ligt en de oplossing hier dus zwak buffert.

Proef 6.

Voedingsoplossing: In oplossing A werd $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ weggelaten en 0,0034 mg ijzercitraat toegevoegd. De oplossingen werden aanvankelijk om de vier dagen, later om de twee dagen en tenslotte iedere dag ververst (in totaal negen maal).

Schema:	fosfaathoeveelheden per l.	begin pH	eind pH
I.	0,11 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{aq}$ + 10	cm^3 0,01 n HCl 4,2	$4,3 \pm 0,2$
II.	0,11 " " + 3,2	" 0,01 " " 4,6	$5,1 \pm 0,6$
III.	0,11 " " + 0,007 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{aq}$	5,1	$5,9 \pm 0,1$
IV.	0,107 " " + 0,018 " "	5,6	$6,3 \pm 0,1$
V.	0,103 " " + 0,054 " "	5,9	$6,4 \pm 0,2$
VI.	0,089 " " + 0,145 " "	6,4	$6,7 \pm 0,2$
VII.	0,055 " " + 0,29 " "	7,0	$7,1 \pm 0,2$
VIII.	" " + 0,29 " "	7,6	$7,4 \pm 0,2$

Dit schema werd uitgevoerd met toevoeging van 50 γ B per l.

Duur van de proef: 8 Juni—8 Juli 1939. Alle variaties werden in triplo aangezet, met 5 planten per pot.

Opgemerkt kan nog worden, dat alle zouten bij het gebruikte systeem in oplossing zijn. Ter compensatie van het bij de laagste pH-waarden gebruikte HCl werd bij de oplossingen van hogere pH een aequivalente hoeveelheid NaCl toegevoegd. De beginwaarden waren

We kunnen dit voorbeeld dan ook als een illustratie beschouwen van het in hoofdstuk II (§ 6) gezegde over de samenwerking van twee groeifactoren.

b 3. De beïnvloeding van de booraufname door de pH.

Voor het onderzoek op de invloed van de pH werd ook gebruik gemaakt van mengsels van NaH_2PO_4 en Na_2HPO_4 , waarmee bij gelijkblijvende fosfaatconcentratie de pH (eigenlijk de Na : H-verhouding) geleidelijk veranderd kon worden. Hier deed zich eerst recht het nadeel van stilstaande watercultures gelden, omdat bij

alle tot op 0,1 of 0,2 pH-eenheid reproduceerbaar. Voor de eindwaarden is de reproduceerbaarheid in één enkel geval geringer (serie II). Daar de pH van de series II en III het sterkst verliep, werd deze tussentijds nog met HCl bijgeregeld.

Groeiverschijnselen: De gevarieerde H-ionenconcentratie gaf aanleiding tot kenmerkende verschijnselen en groeiverschillen.

Serie I: De wortelontwikkeling was hier abnormaal, op dezelfde wijze als vroeger bij pr. 2 geconstateerd. De wortels reikten slechts tot aan het wateroppervlak en spreidden zich daar zo veel mogelijk uit. Bovengronds groeiden deze planten onregelmatig en waren spichtig en donkergroen.

Serie II: Bij de volgende serie (pH 4,6—5,1) waren de wortels nog niet geheel normaal. Ze hielden ten dele op aan het wateroppervlak, ten dele groeiden ze in de oplossing, wat waarschijnlijk te wijten is aan de wisselende pH van de oplossing. Blijkbaar hebben we hier met een grensgebied te maken. Bovengronds waren de planten beter ontwikkeld, maar hadden toch nog een spichtig uiterlijk.

Serie III: Bij de volgende groep (pH 5,1—5,9) was de wortelontwikkeling geheel normaal, ze waren langer, meer vertakt en hingen geheel in de oplossing. Bovengronds gaven ze nog een armelijke indruk en vertoonden — juist in deze ene groep — sterke chlorose.

Series IV, V, VI en VII: In het pH-traject van 5,6 tot 7,1 vertoonden de groepen onderling alleen onbetekenende verschillen. Evenals bij serie III waren de wortels normaal gevormd, maar hier beter uitgedroogd. Hetzelfde gold voor de bovengroei van de planten.

Serie VIII: De laatste serie week af door een ietwat achterlijke stand, zonder bepaald gebreken te vertonen. Op het tijdstip van oogsten stonden de andere series reeds in bloei, S VIII echter nog niet.

Verder zij nog vermeld, dat de planten alle vroeg knop vormden, na ongeveer 10 dagen, wat ook weer samenhangt met de hoge temperaturen in de proefperiode.

De groeiverschillen komen het best uit in de opbrengstcijfers per pot, gemiddeld over iedere serie.

TABEL 20.

Proef 6: Opbrengstgegevens en borium gehalten.

pH	Serie	Vers gewicht	Drooggewicht	% droge stof	m % B op droge stof
4.2—4.3	I	3,5 ± 0,1 g	0,58 g	16,5	2,8
4.6—5.1	II	9,7 ± 0,6 „	1,53 „	15,7	2,7
5.1—5.9	III	10,5 ± 0,2 „	1,42 „	13,6	3,0
5.6—6.3	IV	20,7 ± 1,6 „	2,89 „	14,0	2,7 en 2,9
5.9—6.4	V	19,2 ± 0,7 „	2,90 „	15,0	2,5 „ 2,6
6.4—6.7	VI	20,0 ± 2,1 „	3,00 „	15,0	2,6 „ 2,7
7.0—7.1	VII	19,5 ± 1,1 „	2,67 „	13,7	3,4 „ 3,6
7.6—7.4	VIII	16,5 ± 1,2 „	1,96 „	11,9	3,6 „ 3,6

Afgaande op de B-gehalten, die in deze proef gevonden zijn, kan aangenomen worden, dat de boraatopname beneden pH 6,7 niet beïnvloed wordt door de waterstofionenconcentratie. Voor pH 7,0 en pH 7,5 zijn waarden gevonden, die wezenlijk afwijken van die der andere pH-groepen. Er kan hierin een aanwijzing liggen voor een verhoging van de boraatopname boven pH 7, zeker is dit echter geenszins, gezien de vrij grote spelung in gehalten die soms in andere proeven werd gevonden.

HOOFDSTUK VI

OVER DE VERDELING VAN BORIUM IN DE PLANT

Korte samenvatting. Op grond van de ervaringen, opgedaan in de opnameproeven, werd een concentratie van 50γ B per l. gekozen, voor het laten groeien van planten, waarin de verdeling van borium kon worden nagegaan. Dit onderzoek werd uitgevoerd met planten, die in verschillende stadia waren geoogst. Het borium gehalte bleek in de verschillende organen als volgt op te klimmen: Wortels = stengels (onder) < stengels (boven) < jong blad < oud blad en verder zaad < vruchtwand < bloesems = jong blad.

Bovendien werden in het onderzoek ook zieke planten betrokken, waarbij verschillende graden van aantasting werden onderscheiden. Door vergelijking van zieke en gezonde plantendelen, kan als bovenste grens voor het optreden van ziekteverschijnselen een gehalte van 1,0 m % B worden aangegeven. Dat bloemen een andere boriumbehoefte zouden hebben dan blad, kan op grond van deze analyses niet worden beweerd.

Zoals in hoofdstuk I onder *c* beschreven is, hebben verschillende onderzoekers getracht na te gaan, hoe het borium over de organen van de plant verdeeld is. Als bezwaar van de meeste dezer onderzoeken is ook genoemd, dat de betrokken planten onder vrij willekeurige omstandigheden waren opgegroeid en dat dus ook willekeurige gehalten werden gevonden, afhankelijk van de B-rijkdom van de grond en van eventuele bemesting met boraten. Dat hierbij de relatieve verdeling van dit element over de plant in alle gevallen dezelfde zou zijn, staat van te voren in het geheel niet vast.

In het geval van mosterd leek het nu van belang, de planten te laten groeien bij een concentratie, waarbij de plant voldoende B op kan nemen om zich geheel normaal te ontwikkelen, zonder dat een onnodig teveel wordt opgenomen. Uit de in het voorgaande beschreven proeven over de boraatopname is reeds gebleken, dat deze praktisch niet wordt beïnvloed door de samenstelling van de voedingsoplossing, maar alleen afhankelijk is van de boraatconcentratie. Uit de waarneming der groeiverschijnselen volgde verder, dat ernstige gebrekverschijnselen kunnen optreden beneden 10γ B/l en dat sporadisch tot 25γ B/l nog kenmerken van een tekort aan B kunnen voorkomen, hetzij als beschadiging, hetzij als remming van de groei. Een volkomen scherpe grens hiervoor te trekken zal wel niet mogelijk zijn, alleen al vanwege de variabiliteit van de planten zelf. Wanneer we echter 50γ B per l als veilig aannemen, dan blijkt dit samen te vallen met een knik in de opnamecurve, die beneden 50γ per l vrij steil verloopt, maar daarboven veel vlakker ligt. We kunnen de betekenis van dit punt voorlopig in het midden laten, maar hier alleen vaststellen

dat boven 50 γ per l het boriumgehalte van de plant relatief minder afhankelijk is van de concentratie, wat in verband met het gestelde doel als een voordeel beschouwd kan worden.

Om nu een zo volledig mogelijk beeld over de verdeling van borium in de plant te verkrijgen zijn in de volgende proef detailanalyses gemaakt van planten, die bij de standaardconcentratie van 50 γ B per l gegroeid waren en in verschillende stadia van ontwikkeling geoogst zijn. Om verder tot een vergelijking te komen tussen gezonde en zieke planten, zijn ook nog series ingelast met resp. 10 γ per l en zonder enige boraattoevoeging, welke tegelijk met de 50 γ planten in het bloeistadium geoogst werden.

Proef 7.

Voedingsoplossing: In oplossing A is het Ca (H_2PO_4)₂ vervangen door 0,042 g CaHPO₄·2aq, wat geheel oplost.

Duur van de proef: 3 April—27 Juni 1939 (per pot 8 planten).

Opzet van de proef. De proef werd aangezet met 10 potten zonder toevoeging van B, 10 potten met 10 γ per l en 60 potten met 50 γ B per l. Van deze laatste werden er 20 geoogst op 2 Mei, 14 op 9 Mei, 13 op 26 Mei (tegelijk met de laagste concentraties) en 13 op 27 Juni.

Groeiwaarnemingen.

Bij de beoordeling van het analysemateriaal moet tevens rekening worden gehouden met de groeiwaarnemingen, welke in het volgende zijn verwerkt.

50 γ p l a n t e n. Deze planten groeiden in alle potten voorspoedig en volkomen normaal. Na drie weken was het 7e en 8e blad in aanleg aanwezig. Een tijdelijk optredende chlorose werd met ijzercitraat onmiddellijk onderdrukt. Slechts twee potten bleven er gedurende het verdere verloop van de proef niet vrij van.

Op 2 Mei leek voldoende materiaal aanwezig te zijn voor de vereiste analyses en werden 20 potten geoogst. In dit stadium waren de cotylen grotendeels vergeeld en gedeeltelijk afgevallen. Het 1e + 2e en het 3e + 4e blad werden samengenomen evenals het 5e, 6e, 7e (8e, 9e)¹⁾ blad, die samen met het vegetatiepunt als „rest blad” staan aangegeven. De planten werden verder gesplitst in wortels en stengels + bladstelen.

Op 9 Mei waren in sommige planten al bloemknoppen gevormd en werden opnieuw 14 potten geoogst. Het blad werd verdeeld in 1e + 2e (grotendeels vergeeld), 3e + 4e, 5e + 6e en rest blad, bestaande uit 7e t.m. 10e (11e t.m. 14e) blad + vegetatiepunt.

¹⁾ De tussen haakjes geplaatste bladnummers waren slechts bij sommige planten aanwezig.

Twee weken later hadden alle planten bloemknoppen gevormd en begonnen zij te bloeien. Om zo veel mogelijk analyse materiaal te verkrijgen werden van de derde groep tussen 20 en 26 Mei iedere dag de bloemen verzameld en op 26 Mei de resterende bloemen en bloemknoppen. Het 1e en 2e blad was hier reeds verdord en afgevallen. Aan de planten aanwezig waren het 3e + 4e, 5e + 6e, 7e + 8e en het 9e t.m. 15e blad, welke laatste als „rest blad” werden samengenomen. Vermeld moet worden, dat de bloei over het algemeen volkomen normaal verliep, maar dat in een enkel twijfelachtig geval lichte verwelkingsverschijnselen aanwezig leken te zijn.

Bij de niet geogste planten was de vruchtzetting inmiddels reeds begonnen. Op 9 Juni werd waargenomen, dat dit niet bij alle planten geheel normaal was verlopen. Enkele gevallen van ernstige verwelkingsverschijnselen en gestoorde vruchtzetting kwamen voor in de twee potten met chlorotische planten, welke we dus verder beter buiten beschouwing kunnen laten. Van de overige 87 planten verliep de vruchtzetting in 80 gevallen normaal en was in 7 gevallen gedeeltelijk gestoord. Op 27 Juni waren de hauwtjes voldoende ver ontwikkeld en konden de laatste planten geogst worden. Het bleek dat het aantal planten met gestoorde vruchtzetting tot 12 was gestegen. Men zou hieruit kunnen afleiden, dat de gekozen concentratie van 50 γ per l inderdaad een grensconcentratie is, waarbij wel het merendeel van de planten normaal tot ontwikkeling komt, maar ook uitvallers voorkomen. Geheel op rekening van een boriumtekort hoeven deze verschijnselen echter niet te worden gesteld. De periode van 19 Mei af was zeer warm en droog en de temperatuur van de kas was onder die omstandigheden moeilijk binnen redelijke grenzen te houden. Bovendien vertoonden enige proeven met mosterd op grond, welke tegelijkertijd met proef 7 liepen, soortgelijke verwelkingsverschijnselen en ongeveer 10 % uitvallers, wat hier zeker niet aan een onvoldoende boriumvoorziening kon worden geweten. In dit geval treden dus de uitwendige omstandigheden als storende factor op.

Gedurende de laatste periode van de proef, verwelkte het blad grotendeels en viel geleidelijk af. Het werd met tussenpozen verzameld. Het overige niet afgevallen blad was voor een groot deel verdord. De planten hadden in totaal 14—15 bladeren gevormd.

10 γ p l a n t e n. Deze planten groeiden aanvankelijk gelijk met de 50 γ planten op en weken tot in het beginnende bloeistadium uiterlijk bijna niet hiervan af. Op 20 Mei waren ze zelfs iets in ontwikkeling voor. Verschillende planten stonden reeds in bloei en begonnen voor een deel vrucht te zetten. Op dat tijdstip waren nog generlei gebreksymptomen aanwezig.

De eerste aanduidingen van B-tekort werden zichtbaar op 24 Mei. Duidelijk was, dat de bloemen, die het laatst waren uitgekomen, niet geheel tot ontwikkeling kwamen en vlug verwelkten, waarbij de kelk-

blaadjes wit verdroogden. Ook waren bij één der potten reeds gedurende een week vergeelde randen aan de bladeren gezien en bladeren, die enigszins verdroogd en omgekruld waren. Op 25 Mei waren de verwelkingsverschijnselen veel erger. Reeds gevormde bloemknoppen kwamen niet uit en verdroogden wit. Op 26 Mei kwamen in alle potten planten voor, waarvan de bloemen of de bloemknoppen verwelkingsverschijnselen vertoonden.

Evenals bij de 50 γ planten werden tusschen 20 en 26 Mei zoveel mogelijk bloemen verzameld en op 26 Mei 9 potten geoogst. In dit stadium was het 1e en 2e blad verdord en afgevallen. Voor de rest werd een verdeling gemaakt in 3e + 4e blad (gedeeltelijk verdord), 5e + 6e blad en rest blad (7e t.m. 14e).

Eén der potten bleef staan tot het einde van de proef, om het verdere verloop van de gebrekverschijnselen gade te slaan. Bij deze planten ging de verdorring der bloemen door en was van vruchtzetting nagenoeg geen sprake meer. Verdere symptomen waren het uitgroeien van zijknoppen en typische verwelkingsverschijnselen aan het blad.

Planten zonder B-toevoeging. Bij de planten zonder toevoeging van borium waren al na een week verschillen zichtbaar met de overige planten. De wortels waren minder vertakt, korter en met stompe uiteinden, zoals vroeger beschreven. In de eerste maand van de proef vormde zich slechts weinig blad, dat er donkergroen en vlekkerig uitzag. Begin Mei kwam er enige verbetering in de stand, de wortels vertakten zich beter, de stengels schoten op, er vormde zich nieuw blad en zelfs enkele bloemknoppen. Door het uitgroeien van de zijknoppen kregen de planten weer hetzelfde uiterlijk, dat beschreven is in proef 4. Na 19 Mei (het begin van de warme periode) werden de gebrekverschijnselen spoedig erger. Het blad werd stug en hard en de bloemknoppen verdroogden.

Op 26 Mei werden de planten geoogst. Daar er geen onderscheid viel te maken tussen 1e, 2e, 3e blad enz. werd zo veel mogelijk scheiding gemaakt tussen oudste blad (onder) en jongste blad (boven). Opgemerkt kan worden, dat, hoewel de ontwikkeling van deze contrôleplanten zeker iets beter was dan bij de meeste der hiervoor behandelde proeven, de ontwikkeling toch niet vergelijkbaar was met die van de 50 γ en 10 γ B/l planten. Ter illustratie kunnen we enkele opbrengstcijfers (droge stof), omgerekend op 100 planten, vergelijken:

	totaal	bloemknoppen + bloemen
50 γ planten	103 g	11,84 g
10 γ „	102 „	12,41 „
(0) γ „	46 „	0,65 „

Bij de analyses: De analyses werden grotendeels in duplo uitgevoerd en zijn samengebracht in tabel 22. Voor de overzichtelijkheid zijn hierin alleen

de gemiddelden der bepalingen opgenomen. Voor gevallen, waarin de afzonderlijke bepalingen meer dan 0,2 m % uiteen lagen is dit in de tabel aangegeven. Bij de met een * gemerkte cijfers was niet voldoende analysemateriaal voorhanden voor een dubbele bepaling. In het algemeen verband vinden deze cijfers echter voldoende controle. De onderstreepte waarden geven aan, dat het betrokken blad reeds voor het oogsten der planten afgevallen was.

Om ook het gehalte in het beginstadium te weten te komen, werden ongeveer 1500 op glaszand gekweekte kiemplantjes gescheiden in wortels, stengels en blad.

Opbrengst-, drooggewicht- en asbepalingen werden aan alle plantendelen verricht, maar deze worden hier alleen aangehaald, voorzover in het betoog noodzakelijk.

Bespreking van de resultaten.

Met behulp van de gegevens uit tabel 22 A kunnen we ons nu een beeld maken van de verdeling van B over de verschillende organen en het verloop van het B-gehalte gedurende de groeiperiode. We willen deze gegevens nog eens als volgt samenvatten:

TABEL 21.

B-gehalten der verschillende organen van Sinapis alba (op droge stof) in milli %.

Stadium	Wortels	Stengels	Blad	Bloemen	Vrucht- wand	Zaad
Kiemplantstadium	1,8	2,7	2,9			
Vegetatief „	1,9	2,2	3,0			
Overgangs „	1,6	1,9	3,5			
Bloei „	1,5	1,4	5,0	3,2		
Eind „	1,3	1,3	6,2		2,2	0,8

In het kiemplantstadium is de differentiatie tussen de diverse weefsels nog niet ver doorgevoerd en lopen de B-gehalten weinig uiteen (gemiddeld 2,6). Naarmate de planten echter ouder worden, zien we in het gehalte van wortels en stengels een teruggang, in dat van de bladeren een stijging. Meer in het bijzonder kunnen we zeggen, dat bij het verhouten van de stengel (beneden- en middengedeelte) het boriumgehalte daalt, terwijl het voor het jongere bovengedeelte duidelijk hoger is. Voor de nog groeiende plant komt het tot in het tweede stadium dat van jong blad nabij. Tot in genoemd stadium liggen de gemiddelde gehalten voor de stengels dan ook hoger dan voor de wortels, daarna vallen ze nagenoeg samen.

Bij het blad bestaat de tendens om bij het ouder worden meer B op te nemen. Dit wordt al duidelijk uit de gehalten der bladeren, die in hetzelfde stadium geoogst zijn (zie horizontale rijen in tabel A). Het 1e en 2e blad hebben hier zonder uitzondering een hoger gehalte dan de volgende. Het meest sprekend zijn in dit opzicht de cijfers

voor het derde stadium, waar een geleidelijke afname in gehalte te zien is van oud naar jong blad. Dezelfde gang vertonen de cijfers voor hetzelfde blad in verschillende stadia (in de verticale kolommen).

De bloemen, die morfologisch homoloog met bladeren zijn, sluiten zich geheel aan bij de cijfers voor jong gevormd blad. De bij het ouder worden veranderende gehalten, hangen voor een groot deel samen met een verandering in asgehalte van de diverse organen.

Bij omrekening van de gehaltecijfers op milli % van de as vinden we volgende gemiddelden:

Stadium	Wortels	Stengels	Bladeren	Bloemen
kiempl.	5	13	22	
I	10	24	28	29
II	10	27	33	
III	10	27	33	
IV	9	27	35	

Enige gang vertoont het gehalte op as voor het blad wel, gezien de cijfers voor het derde en vierde stadium (bij dit laatste in volgorde van afvallen):

Stadium	Blad 1—2	Blad 3—4	Blad 5—6	Blad 7—8	Rest	Bloemen
III	38	35	35	30	26	29
IV		(39	34	33	31)	

Het lage B-gehalte van het zaad vraagt enige toelichting, omdat dit in tegenspraak schijnt met het hogere gehalte van kiemplanten. Bij tal van B-analyses in mosterdzaad, afkomstig van verschillende bemestingsproeven, werden gehalten gevonden in de buurt van 1,2 m %, zodat het in proef 7 gevonden gehalte voor zaad iets aan de lage kant is. De hogere gehalten voor kiemplanten zijn verklaarbaar, omdat deze in toermalijnhoudend glasand werden opgekweekt en dus B opgenomen hebben.

Het tweede gedeelte van deze proef was ingelast om het verschil in B-gehalte tussen gezonde en B-deficiente planten na te gaan en om vast te stellen of enig orgaan hierbij gevoeliger voor een tekort aan B zou zijn, dan de overige. Hierbij behoeft aan de concentraties geen bijzondere aandacht te worden besteed, aangezien deze alleen zo gekozen zijn om ziekteverschijnselen in verschillende graden van hevigheid op te wekken. Wel kan terloops opgemerkt worden, dat de chemi-

caliën en het gedestilleerd water niet B-vrij waren en dat de oplossingen minstens 2 γ B per l moeten hebben bevat.

Zoals hiervoor bij de groeiwaarnemingen is meegedeeld, zetten de ziekteverschijnselen bij de 10 γ planten eerst op het laatste ogenblik in, in lichte mate bij het jonge blad, sterker bij de bloemen. De 0 γ planten vertoonden van het begin af aan B-deficientieverschijnselen en we kunnen dan ook veilig aannemen, dat alle weefsels min of meer beschadigd waren. Uiterlijke kenmerken hiervan kwamen voor bij de groeipunten en het blad, minder duidelijk bij de wortels. Verder is voor de interpretatie van de cijfers van belang, dat de 10 γ planten in de opbrengst *niet* van de 50 γ planten afweken (zie pag. 74), maar dat de 0 γ planten minder dan de helft aan droge stof opbrachten en nagenoeg geen bloemknoppen vormden. Het tekort aan B uit zich dus hier niet alleen in beschadigingsverschijnselen maar ook in een beperking van de opbrengst. Dit wijst er op, dat de hoeveelheid B die in deze planten wordt aangetroffen, het uiterste minimum is waarmee de mosterd kan volstaan.

Indien we verder overwegen, dat bij de 10 γ planten het gehalte van jong blad, bloemknoppen en bloemen (0,8 milli %) niet meer voldoende was voor een normale ontwikkeling en bij de 0 γ planten de stengels met 0,7 en het blad met 1,0 en 0,6 milli % ernstige beschadigingsverschijnselen vertoonden, dan laat zich een vrij scherpe grens trekken tussen het gehalte van normaal en abnormaal ontwikkelde planten ¹⁾.

Deze grens kan op ongeveer 1,0 milli % B gesteld worden, gemiddeld voor de gehele plant en het is zelfs de vraag of de verschillende organen in dit opzicht ver uiteenlopende eisen stellen. Dat de lagere concentraties op den duur voor een normale plantengroei niet hoog genoeg zijn, vindt zijn verklaring vermoedelijk in het feit, dat de oudste bladeren (maar ook de stengels) voortdurend B vastleggen en dat de absolute B-behoefte van de plant sneller toeneemt dan het absorberende worteloppervlak.

Tot slot van dit hoofdstuk kunnen nog enkele detailanalyses aangevoerd worden van mosterdplanten, die op grond gekweekt werden, waarvan de relatieve verdeling weliswaar niet dezelfde is als in bovenstaande verdelingsproef, maar waarbij de volgorde der gehalten toch vrijwel gelijk gevonden wordt:

a. mosterd op onbemeste zandgrond (1939)		
stengels	2,3	milli % B
blad	2,4	„ % „
bloemen	3,4	„ % „

¹⁾ Dit slaat op de uiterlijke kenmerken. In hoeverre in het „normale” gebied nog anatomische kenmerken van B-tekort kunnen optreden, laten we hier buiten beschouwing.

b. mosterd op zandgrond met toevoeging van NaNO_3 , CaHPO_4 , KCl , MgSO_4 , (1937)

	stengels + blad	bloemen
zonder B toevoeging	1,7 m %	2,0 m %
met 1,14 mg B per 5,5 kg . . .	2,3 „ %	— „ %
„ 2,28 „ „ „ 5,5 „ . . .	2,9 „ %	3,7 „ %
„ 3,42 „ „ „ 5,5 „ . . .	3,9 „ %	4,3 „ %

c. als b (1938) zonder B toevoeging

stengels	1,8 m %
blad	6,2 „ %
vruchtwand	4,6 „ %
zaad	1,2 „ %

d. als b (1939) zonder B toevoeging

stengels	1,8 m %
blad	8,3 „ %
vruchtwand	5,1 „ %

HOOFDSTUK VII

DE ROL VAN HET BORNIUM IN DE PLANT

Rol van andere elementen. Bij de omschrijving van de rol, die verschillende elementen in het leven van de plant spelen, moest men zich tot voor een tiental jaren ertoe bepalen verband te zoeken met uiterlijke symptomen, die zich als reactie op voedingsstoornissen voordoen en verder met de resultaten van analyses. Definities in deze zin — zoals bv. kalium vormt blad, fosfor vormt zaad — mogen in de praktijk enige waarde hebben, reële betekenis hebben ze niet, terwijl ze voor den biochemicus hoogstens een aanwijzing kunnen bevatten, in welke richting de oplossing van het vraagstuk moet worden gezocht. In het algemeen zal de biochemicus er naar streven, na te gaan in welke soort verbindingen het element optreedt en vervolgens bij welke stofwisselingsprocessen het betrokken is. De organische chemie heeft het eerste gedeelte van deze opgave, voor zover het C, H, O, N, P en S betreft, reeds grotendeels vervuld, zodat men zich een bevredigend beeld kan vormen van het aandeel, dat deze elementen hebben aan de opbouw der in het protoplasma aanwezige verbindingen. De eigenschappen van het protoplasma en de betekenis der overige „anorganische” bestanddelen konden langs deze weg niet in verband worden gebracht met de organische opbouw van de plant. Eerst de kolloïdchemie vermocht een schema te geven, waarin elementen zoals Ca, Mg, K, Na, Cl ondergebracht kunnen worden.

Protoplasma. In de door BUNGENBERG DE JONG (zie bv. 1936) en *Coacervaten.* zijn leerlingen uitgewerkte theorie der coacervaten, vinden we een schema, dat opbouw en eigenschappen van het protoplasma kolloïdchemisch tracht te verklaren met een systeem van attractieve en repulsieve krachten. De attractieve krachten hangen ten nauwste samen met de aanwezigheid van positieve en negatieve ladingsplekken op de opbouwende deeltjes (eiwitten, fosfatiden, koolhydraten), terwijl de repulsieve krachten in hoofdzaak door de hydratatie worden gevormd. Beide soorten van krachten kunnen sterk beïnvloed worden door in het plasma aanwezige zouten en lipophile groepen. Meer in het bijzonder bepalen de één en tweewaardige kationen voor een groot gedeelte de stabiliteitsgrenzen van het systeem (dat eventueel verschillende kolloïdphasen kan bevatten), terwijl ze ook op de permeabiliteit een regelende invloed kunnen uitoefenen.

„Haftpunkt”- In zijn „Haftpunkt”theorie komt FREY-WYSSLING *theorie.* (1938) tot een beeld, waarvan hij meent, dat dit de

structuur van het protoplasma beter verklaart dan de coacervaat-theorie. Toch vertonen beide theorieën op de meest wezenlijke punten grote overeenkomst.

Uitgaande van een systeem van polypeptiden-ketens, waarin polaire en lipophile groepen de aanknopingspunten leveren voor een netvormige structuur van het protoplasma, komt FREY-WYSSLING tot de volgende bindingstypen:

- I. homöopolaire cohesiebindingen — aantrekking tussen lipophile groepen — vbd. paraffinen;
- II. heteropolaire cohesiebindingen — aantrekking tussen groepen met uitgesproken dipoolwerking — vbd. hydroxylgroepen;
- III. heteropolaire valentiebindingen — vbd. zout of estervorming;
- IV. homöopolaire valentiebindingen of brugvorming — vbd. de zwavelbrug (— S — S —).

Terwijl nu de bindingen van het 1e type sterk temperatuur afhankelijk zijn, worden bindingen van het 2e en 3e type beïnvloed door pH en ionenconcentratie. Bindingen van het 4e type, zoals de — S — S — brug, kunnen ook nog afhankelijk zijn van de redox-potentiaal.

Beide theorieën hebben gemeen, dat eerst door het aanbrengen van actieve plekken op de opbouwende deeltjes, de specifieke structuren en eigenschappen van het protoplasma kunnen worden benaderd. Men kan op grond hiervan aan de verschillende elementen een functie toekennen als ketenvormers (zoals C en N) en bruggebouwers (N, P, O, S), welke onderscheiding echter niet scherp hoeft te zijn. Meer in los verband werken de ionen Ca, Mg, K, Na en Cl, welke nochtans onmisbaar zijn en de kolloïdale toestand van het protoplasma bepalen. Ook Cu en Zn worden door FREY-WYSSLING tot deze groep van hydrataatregulators gerekend. Daarentegen valt bij Fe en Mn meer het accent op de veranderlijke waar- digheid, waarom deze elementen waarschijnlijk als zuurstofoverdragers moeten worden beschouwd. Waterstof tenslotte vervult een beheersende functie bij de bepaling zowel van de reële aciditeit als van de redox-potentiaal. Het is verder wel duidelijk, dat de „Haftpunkt”-vormers, evenals de groep der kationen, ten opzichte van de hoofdketenvormers in de minderheid zullen zijn.

Celwanden. Waar in het volgende van celwanden sprake is, mag vooral niet uit het oog worden verloren, dat de celwand door en dus in het protoplasma wordt gevormd, zodat, althans in meristematische cellen een zeer intiem verband moet worden aangenomen tussen celwand en protoplasma. Geeft men zich rekenschap

van het ontstaan van de celwand, dan lijkt het logisch althans in jonge cellen een grenslaag aan te nemen tussen celwand en protoplasma, waarin zowel protoplasma aanwezig is als celwand micellen, die dan nog hoofdzakelijk uit pectine bestaan. Ook wanneer in het onderstaande over celwanden of membranen wordt gesproken, moet in de eerste plaats aan zulke grenslagen gedacht worden.

Vermeende rol van het borium. Voor het borium zijn in hoofdstuk I de meest gangbare opvattingen, over zijn betekenis voor de plant, weergegeven. De oudste omschrijving van borium als katalytisch element (BERTRAND 1912, AGULHON 1910) was ingegeven door het feit, dat het slechts in kleine hoeveelheden wordt opgenomen en door de mening, dat het de groei der planten zou stimuleren. Toen latere onderzoekingen aantoonde, dat het B voor een normale ontwikkeling van de plant onmisbaar is en dat het tijdens de groei in de weefsels wordt vastgelegd, scheen daarmee de omschrijving als katalytisch element in zijn oorspronkelijke opvatting weerlegd. Immers, een katalysator versnelt een proces — dat echter zonder katalysator ook verloopt — en wordt bij de reactie niet verbruikt. Verschillende onderzoekers (WARINGTON 1923, SOMMER EN LIPMANN 1926, JOHNSTON EN FISHER 1930) legden er dan ook de nadruk op, dat het B bij de opbouw van de plant verbruikt wordt, niet telkens opnieuw weer beschikbaar komt en zich dus precies eender als de andere voedingselementen gedraagt. Natuurlijk is hiermee nog niet gezegd, dat het B niet plaatselijk in een gefixeerde verbinding bepaalde reacties zou kunnen katalyseren. Ook Fe en Mn, die in de plant weinig beweeglijk zijn, treden (zie o.a. FREY-WYSSLING 1938) als zuurstofoverdragers, dus katalytisch op. Met omschrijvingen als katalytisch element of voedingselement is dus nog weinig goeds of kwaads over het borium gezegd.

Eventuele rol bij de bevruchting? Nadat SCHMUCKER (1934) in zijn kiemprouven met pollenkorrels had aangetoond, dat boorzuur de kieming daarvan sterk bevordert, waren verschillende onderzoekers van mening, dat het belang van het B voor de plant hoofdzakelijk gezocht zou moeten worden in zijn rol tijdens de bevruchting. Aan de hand van detailanalyses werd dan ook voor verschillende planten aangetoond, dat de voortplantingsorganen, in het bijzonder stampers en meeldraden, naar verhouding het hoogste B-gehalte hebben.

Enkele der gevonden cijfers willen we hier in tabel 23 vergelijken:

TABEL 23.

milli % B op droge stof in			Blad	Bloe- men gemidd.	Meel- draden of helm- knopp.	Stijlen of stem- pels
BOBKO, MATVEEVA, SYVOROTKIN	1935	appel	3.9	—	4.8	7.4
BOBKO en ZERLING . . .	1938	klaver	4.0	5.7	—	—
		lupine	0.9	3.9	—	—
		mais	4.5	13.6	16.2	12.1
BERTRAND en SILBERSTEIN	1939	witte lelie	1.0	0.5	1.3	1.4

Bij het bespreken van de betrokken literatuur werd er reeds op gewezen, dat de meeste van deze bepalingen met weinig materiaal werden uitgevoerd, volgens de methode van AGULHON, waarvan de schrijvers de nauwkeurigheid waarschijnlijk ver overschatten. (Gezien o.a. het feit, dat in de weergegeven cijfers nog een tweede decimaal wordt opgegeven).

Door een gelukkige omstandigheid was ik in de gelegenheid detailanalyses te maken van rogge (in het bloeistadium), volgens de titrimetrische methode. Mej. Dr LÖHNIS, die met hetzelfde doel grote hoeveelheden blad, kaf, helmknoppen en pollen had verzameld, stelde deze monsters welwillend tot mijn beschikking. De hoeveelheden, die hierbij in duplo werden geanalyseerd, waren ruim voldoende voor een nauwkeurige bepaling.

TABEL 24.

	R o g g e			Tarwe
	geanalyseerde hoeveelheid	milli % B op droge stof.		
		1938	1939	
Blad	10 g	0.7	0.5	—
Kaf	7 „	0.2	0.1	0.1
Helmknoppen . .	3 „	1.3	1.8	—
Pollen	5 „	1.6	1.3	1.5

Inderdaad vinden we bij rogge dus bevestigd, dat het hoogste B-gehalte in de geslachtelijke organen voorkomt. Terwijl echter de bloemen in de genoemde voorbeelden op één uitzondering na een hoger gemiddeld gehalte hebben dan het blad, kon in het eigen onderzoek voor mosterd geen overeenkomst hiermee vastgesteld worden. (Hfdst. VI). De bloemen sloten zich geheel aan bij de bladcijfers, speciaal die voor jong blad.

Nemen we echter aan, dat we de tot dusver gepubliceerde resultaten mogen generaliseren en dat dus de geslachtelijke organen en daarvan speciaal helmknoppen en stampers het hoogste B-gehalte hebben, dan nog blijft het gevaarlijk hier een conclusie aan te verbinden. Immers men weet niet of het gevonden gehalte gelijk te stellen is met de B-behoefte van een bepaald orgaan. Vooral de cijfers van BOBKO en ZERLING (1938) voor mais zijn ongewoon hoog en kunnen bezwaarlijk als maatstaf dienen voor wat een orgaan nodig heeft, maar alleen voor wat het op kan nemen. Ook het optreden van gebreksymptomen tijdens de

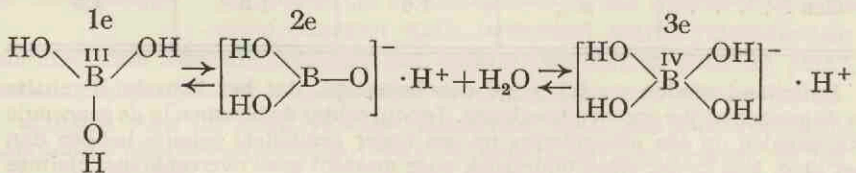
bloeiperiode hoeft niet noodzakelijk in verband te staan met de bovenvermelde opvatting over de functie van B, maar kan een gevolg zijn van de afnemende verhouding wortel : rest plant. Voor mosterd wordt dit in een samenvatting der gebrekverschijnselen in Hfdst. VIII nader aangetoond.

Door de nadruk te leggen op de betekenis van B voor de voortplanting komt men nog niet boven het omschrijvingstype — op grond van lokalisatie of uiterlijke verschijnselen — uit en vergeet men bovendien dat het B ook in het vegetatieve stadium voor de plant onmisbaar is. Waarschijnlijker lijkt dan ook, dat zijn functie in alle stadia en in alle organen dezelfde is, maar in sommige delen van de plant meer op de voorgrond treedt, n.l. in de jonge groeiende weefsels (meristemen), waartoe ook de bloemen gerekend moeten worden. Mogelijk blijkt daarbij, dat bepaalde plantensoorten een bijzondere positie innemen, waarbij het eerst aan de Monocotylen gedacht moet worden.

Chemische eigenschappen B. Daar uiteindelijk de verklaring voor de functie van het borium toch op biochemisch terrein gezocht

moet worden, willen we thans nagaan, welke chemische eigenschappen van het borium een bijzondere betekenis kunnen verlenen aan zijn optreden in de plant. In aanmerking voor deze beschouwing komt eigenlijk alleen het boorzuur (eventueel nog het boraat-ion), dat, zoals in Hoofdstuk VB waarschijnlijk is gemaakt, als zodanig door de plant wordt opgenomen. Wel de meest op de voorgrond tredende eigenschap van het boorzuur is het vermogen om met tal van organische hydroxylverbindingen complexen te vormen, die voor een deel veel beter gedissocieerd zijn dan boorzuur zelf. Zo komen verbindingen voor met zuren (bv. mierenzuur), oxyzuren (bv. citroenzuur), polyalcoholen (vbd. glucose, fructose) en diphenolen.

In een overzicht, dat HERMANS (1925) van deze verbindingen geeft, onderscheidt hij drie grondtypen, waarin boorzuur zou kunnen voorkomen:



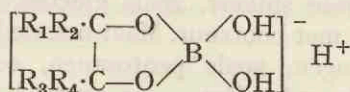
Volgens deze opvatting zou:

- type 1 de vluchtigheid en oplosbaarheid in organische oplosmiddelen beheersen en esters vormen,
- type 2 het karakter als zwak zuur weergeven.
- Type 3 is in dubbel opzicht belangwekkend. Het B-atoom omringt zich hierin met 4 O-atomen (waarom HERMANS van coördinatie vierwaardigheid spreekt) en neemt bovendien een

electron op ¹). Hierdoor ontstaat een vrij sterk, maar instabiel, zuur.

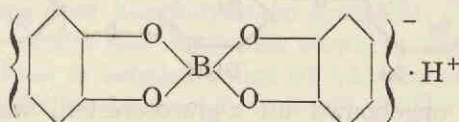
Van beide typen (2 en 3) zijn complexen met diolen bekend, waarvan complexen, afgeleid van type 2, een zwak zuur karakter hebben, terwijl die van type 3 aanzienlijk beter gedissocieerd zijn (BÖESEKEN en VERMAAS 1931; HERMANS 1938).

Zo zouden complexen van het type:



sterk zuur reageren (vbd. manniet-boorzuur). Daarentegen schijnen 1.3 en 2.4 diolen slechts zwak zure complexen te geven. Interessant is ook het gedrag van de cyclische diolen, omdat hier alleen de *cis* 1.2 diolen met boorzuur complexen vormen. Terwijl deze bij *cis* 1.2 cyclopentandiol en *cis* 1.2 cyclohexandiol een zwak zuur karakter schijnen te hebben, sluit *cis*-cycloheptandiol-boorzuur zich weer meer aan bij eerstgenoemde typen en reageert sterk zuur.

Eveneens van het 3e type afgeleid zijn de complexen met orthodiphenolen, zoals



welke sterk zuur reageren. Evenals C en N kan ook dit B atoom in organische verbindingen als optisch actief atoom optreden, wat in verbindingen van bovenstaand type aanleiding kan geven tot spiraal-asymmetrie.

Volgens HERMANS behoren tot dit type ook de verbindingen met α -oxyzuren. KOLTHOFF (1926), die taltijke α -oxyzuren op complexvorming onderzocht, wijst er echter op dat deze verbindingen nagenoeg geen zuur karakter meer hebben.

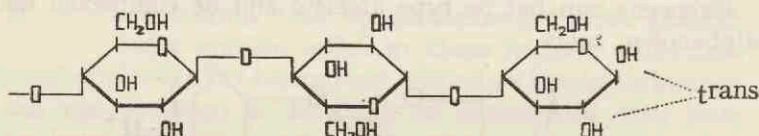
Resumerend mogen we nu voor het boorzuur vaststellen, dat:

- 1e. het een bijzondere affiniteit heeft voor organische hydroxyl-verbindingen;
- 2e. het daardoor op kan treden als leverancier van negatieve ladingsplekken;
- 3e. het ook rechtstreeks als bruggenbouwer op kan treden, nl. met een (B^{IV-}) atoom;
- 4e. het B^{IV-} atoom in deze laatste toestand coördinatief vierwaardig is, zodat het eventueel optreedt als asymmetrisch B atoom.

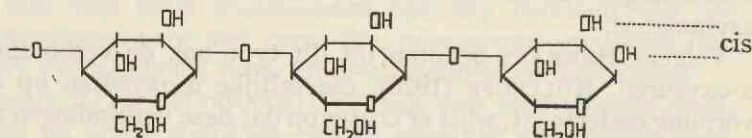
¹) Het geval is vergelijkbaar met NH_4^+ , waarbij het N atoom zich door afsplitsing van een electron met 4 H atomen kan binden. Deze vier bindingen kunnen als homoïopolair beschouwd worden.

B in de plant: Uitgaande van de chemische eigenschappen van *Hoogpolymeren*. het borium, laten zich nu nadere veronderstellingen maken over het voorkomen en de functie van het borium in de plant. Uit de grote affiniteit van boorzuur voor hydroxylverbindingen mogen we afleiden, dat het B in de plant voor een groot gedeelte bij de koolhydraten gezocht zal moeten worden. Bekend is bv. dat verschillende suikers, zoals glucose, fructose en rietsuiker complexen vormen met boorzuur. Maar ook de hiervan afgeleide hoogpolymere verbindingen, zoals pentosanen, cellulose, hemicellulose, pectine — alle celwandstoffen — en zetmeel mogen niet buiten beschouwing blijven. Hoewel positieve gegevens hierover niet bekend zijn, is voor sommige van deze stoffen wel waarschijnlijk te maken, dat ze complexen met boorzuur moeten aangaan.

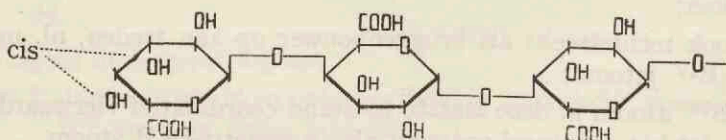
Cellulose, dat is opgebouwd uit β -glucose resten, waarin de opeenvolgende OH-groepen steeds trans-posities innemen, lijkt hierdoor voor complexvorming niet in aanmerking te komen.



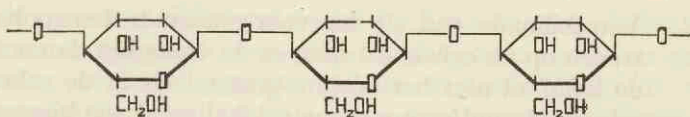
Zetmeel is opgebouwd uit α -glucoseresten, waarin twee OH-groepen in cis-positie staan. Wel wordt op één dezer OH-groepen voor de ketenvorming beslag gelegd, echter niet in één der eindstandige groepen, zodat deze groep een molecuul boorzuur zou kunnen binden.



Polygalacturonzuur, één van de belangrijkste bouwstenen van pectine, is vergelijkbaar met zetmeel. Ook hier komen alleen aan één eindgroep twee cis-standige OH-groepen voor, waarvan men complexvorming mag verwachten. In hoeverre ook de COOH-groep hierbij nog een rol speelt valt niet te voorspellen.



Mannaan. In tegenstelling met de vorige typen bevatten hier de opbouwende α -mannoseresten twee cis-standige OH-groepen, welke niet aan de ketenvorming hoeven deel te nemen, waardoor dus meer dan één groep voor complexvorming beschikbaar is.



Pentosanen kunnen uit de voorgaande typen worden afgeleid, door overal de zijketens (CH_2OH , COOH) te vervangen door een H-atoom. In principe kunnen zich dus hierbij dezelfde mogelijkheden voordoen als bij de hexosanen.

Borium als sporenelement. Zoals door STAUDINGER is opgemerkt, moeten alle hoogpolymere ketens door eindgroepen begrensd worden. Uit het voorgaande volgt, dat boorzuur bij sommige koolhydraten als eindgroep kan fungeren en daarbij tevens de ketenvorming zou kunnen afsluiten. Ook het optreden van borium als sporenelement zou langs deze weg verklaarbaar worden. Men heeft zich vroeger wel verwonderd over de geringe hoeveelheden, welke voor de opbouw van de plant nodig, maar ook reeds voldoende zijn. Denkt men zich echter het optreden van borium hoofdzakelijk beperkt tot de hydroxylverbindingen en neemt men daarbij aan, dat vastlegging in de weefsels alleen door hoogpolymeren geschiedt, dan kunnen bij de meeste hiervan slechts sporen borium verwacht worden.

Om de gedachten te bepalen willen we voor enkele bekende ketenvormers de B-gehalten berekenen voor het geval zich per molecuul één van de eindgroepen met boorzuur zou verbinden:

	mol. gewicht	berekend B-gehalte
cellulose	100.000—300.000 (STAUDINGER)	3—10 m %
zetmeel	100.000—160.000 (STAUDINGER EN HUSEMANN)	6—10 m %
pectine	100.000—200.000 (SCHNEIDER)	5—10 m %

Voor een waardering van deze cijfers, kunnen ze vergeleken worden met gehalten, die in de practijk gevonden worden. Zo ligt het gemiddelde boriumgehalte voor de meeste plantensoorten tussen 1 en 10 m %, wat in grootte-orde overeenstemt met bovenstaande cijfers.

Beziet men in dit verband ook enkele planten, welke reserveorganen vormen, dan vindt men voor:

aardappels	± 1 m %
bieten	$\pm 1,5$ — $2,5$ m %

terwijl het gehalte van de meeste zaden op < 1 m % geschat kan worden. Berekend op zetmeel zouden deze gehalten alle aan de lage kant zijn, waarbij natuurlijk bedacht moet worden, dat zetmeel hier slechts een fractie vormt. Tenslotte kan nog vermeld worden, dat in gezuiverde preparaten van appel- en citroenpectine slechts respectievelijk 0,6 en 0,5 m % B gevonden werd. Deze gehalten kunnen echter alleen als minimum gehalten worden opgevat, omdat bij de afscheiding van de pectine door zuren het boorzuurcomplex kan worden verstoord.

Celwandstoffen. Verschillende van de hiervoor genoemde hoogpolymeren treden op als celwandstoffen en de vraag ligt dan ook voor de hand of niet het borium grotendeels in de celwanden of in de grenslaag celwand/protoplasma gelokaliseerd zou kunnen zijn. Om dit na te gaan, zou men moeten beschikken over een methode om celwanden en het daarvan vrije protoplasma, zonder ingrijpende chemische reagentia, dus mechanisch, te scheiden. Een eerste poging in deze richting kan bestaan uit het fijnwrijven en uitpersen van plantenweefsels, waarbij het wel gelukken zal het celvocht en een gedeelte van het protoplasma af te scheiden.

Volgens dit principe werden mosterdplanten (van een proefveldje) voor de helft gedroogd en voor de andere helft gedurende een nacht met 10 % Na_2SO_4 behandeld om te laten plasmolysen. Daarna werden deze planten in een mortier fijngestampt, in een tincturenpers zo scherp mogelijk uitgeperst en enige malen met water nagewassen. De resultaten, die werden verkregen, zijn onderstaand omgerekend op 500 g resp. 350 g vers materiaal:

Stengels.

		gehalte	totaal
500 g	bij drogen → 60 g droge stof	2,3 m % B	1380 γ B
500 g	uitpersen → { 42 " " "	2,9 m % B	1220 γ B
		± 7,5 " " "	(2,0) m % B
	(uit perssap) ¹⁾		

		gehalte	totaal
350 g	bij drogen → 65 g droge stof	2,4 m % B	1560 γ B
350 g	uitpersen → { 38 " " "	2,8 m % B	1060 γ B
		± 20 " " "	(1,5) m % B
	(uit perssap) ¹⁾		

Uit dit proefje mag reeds worden geconcludeerd, dat het B grotendeels in de weefsels is vastgelegd en slechts voor een klein gedeelte in het celvocht voorkomt. Ook is duidelijk, dat er een zekere fractionering heeft plaats gehad.

Nog beter lenen zich bieten voor bovenomschreven doel, omdat deze geschaafd kunnen worden en een groot vochtgehalte bezitten.

		gehalte	totaal.	
2200 g	drogen → 220 g droge stof	1,5 m %	3300 γ B	
2200 g	uitpersen → { 63,5 g pulp	3,8 m %	2400 γ B	
		1850 g perssap	0,036 m %	665 γ B
		10 g bezinksel	0,7 m %	70 γ B
	(stoofdroog)			

Bij een herhaling van deze proef met een ander bietenras werden cijfers gevonden van 2,0—2,5 m % B op droge stof,
4,3—4,7 m % B op pulp,
en gemiddeld 0,044 m % op perssap.

¹⁾ Het ingedamppte perssap bevatte veel natriumsulfaat, zodat de getallen hiervoor weinig nauwkeurig zijn.

Uit de drogestof-cijfers volgt, dat bij het uitpersen slechts een gedeelte van de drogestof in de pulp terecht komt, een ander gedeelte, waaronder eiwitten, opgeloste suikers en zouten, bevindt zich in de perssapfractie. Zeer zeker is langs deze weg geen volledige scheiding tussen celwand en protoplasma te bereiken, maar wel mag aangenomen worden, dat door uitpersen een aan celwanden rijkere fractie verkregen wordt dan bij drogen. Daar ook borium in deze fractie ongeveer tweemaal geconcentreerd is, ligt het voor de hand verband te leggen tussen borium en celwandstoffen. Het moge aan verder onderzoek overgelaten worden dit nauwkeuriger na te gaan.

Mogelijke functies van het B. De voorafgaande beschouwingen, deels veronderstellingen, hebben betrekking op de lokaliteit van het borium. Ook omtrent de functie van dit element kan, op grond van de chemische eigenschappen, slechts een gissing worden gedaan. Zo is te verwachten, dat polymere verbindingen door complexvorming met boorzuur in hun kolloïdchemische eigenschappen meer of minder ingrijpende wijzigingen zullen ondergaan.

Volgens BRUINS (1931, 1932), MC BAIN en TSUN HSIEN LIU (1931) e.a. kan door aanhechting van ionogene plekken de beweeglijkheid (resp. diffusiesnelheid) van kolloïde deeltjes aanzienlijk vergroot worden, waardoor deze vele malen groter kan zijn, dan men volgens de wet van EINSTEIN mag verwachten.

Dezelfde ladingsplekken kunnen in meer verdichte systemen (coacervaten, cytoplasma, membranen) de aanknopingspunten leveren voor de aaneenhechting der ketenmolekulen en dan mede de hydratatie en de waterpermeabiliteit van het systeem beïnvloeden, wat bv. voor pectinemembranen van belang zou kunnen zijn.

Doordat verder het boorzuur alleen complexen aangaat met verbindingen, die aan bepaalde configuratie-eisen voldoen, en het zelf een, onder omstandigheden asymmetrisch, B atoom bevat, kan het bij bepaalde reacties een sleutelpositie innemen en daarbij ook als structuregevend element optreden.

In hoeverre vinden veronderstellingen als deze nu een bevestiging in het in de literatuur beschreven feitenmateriaal?

I. Transport koolhydraten. In het literatuuroverzicht van hoofdstuk I (§ d) is uiteengezet, dat verschillende symptomen er op wijzen, dat bij een tekort aan B een storing van het koolhydratentransport — van de bladeren naar de overige organen — plaats heeft. Door het nauwkeurige onderzoek van JOHNSTON en DORE (1929) kon dit als een kwantitatief verschil tussen gezonde en zieke planten worden vastgesteld, waarbij bleek, dat zowel de afvoer van assimilaten uit het blad, als het transport door de zeefvaten sterk vertraagd of geheel stopgezet werd.

Het is moeilijk hierbij te bepalen of dit een primair effect is, terug te voeren op een verminderde bewegelijkheid van het koolhydraat, of zelfs een verminderde stabiliteit van het koolhydraatkolloïd, dan wel of het secundair veroorzaakt wordt door een beschadiging van de zeefvaten zelf. Het feit, dat bij B deficiënte planten in de zeefvaten een opeenhoping plaats vindt van gomachtige stoffen (callose), het-geen o.a. door ETHEL ROWE (1936) voor de biet is beschreven, doet vermoeden, dat ook dit een primair effect is in bovenomschreven zin.

Borium en celwandstoffen. In het voorgaande werd langs verschillende wegen getracht de aanwezigheid van borium in celwandstoffen plausibel te maken. Zo is op pag. 86 voor enige hoogpolymeren de mogelijkheid van complexvorming met boorzuur besproken, welke bv. voor cellulose negatief uitviel, voor pectine positief. Verder werden op pag. 88 enkele proeven vermeld, die ten doel hadden na te gaan of het borium meer speciaal in de celwanden gelokaliseerd kan zijn.

II. Permeabiliteit membranen. Er zijn echter nog twee argumenten aan te voeren, die op een nauwe betrekking tussen borium en celwand wijzen. Anatomisch onderzoek heeft uitgewezen, dat bij boriumtekort de celwanden het eerst aangetaast worden en eventueel geheel collabereren (Hoofdstuk I, § d3). In vele gevallen kon bovendien worden vastgesteld, dat de aantasting begon bij de middenlamel en in de hoekpunten, waar verschillende cellen bijeenkomen. Deze gedeelten van de celwand zijn rijk aan pectine, wat een belangrijke aanwijzing kan inhouden.

Het tweede argument wordt gevonden in de bekende proeven van SCHMUCKER (1935), die vond, dat pollenbuizen bij onvoldoende toevoer van B uit elkaar barsten. Hij trok hieruit de conclusie, dat het borium de zwellen en de permeabiliteit der plasma-kolloïden kan beïnvloeden en uitte verder het vermoeden, dat complexen van boorzuur en suikers een rol zouden spelen bij de vorming van pectine in de wand van de pollenbuis. Of daarbij het borium deel uit ging maken van de celwand liet hij echter in het midden.

Ook uit de ziekteverschijnselen, die zich voordoen bij een tekort aan B, kan men aanwijzingen halen, welke het verband tussen B en membranen schijnen te bevestigen. Steeds worden de jonge weefsels het eerst verstoord (vegetatiepunt). WARINGTON (1923) omschreef dit als volgt: „Whereas death under normal conditions occurs first in the lower parts of the plant, ‚dying off’ progresses from the apex and travels downwards, so that activities of boron appear to be closely connected with the healthy development of permanent from meristematic tissue”. Het is een bekend feit, dat de celwanden van jonge weefsels rijk zijn aan pectinstoffen, terwijl bij het

ouder worden, c.q. het verhouten, het gehalte aan cellulose en hemicellulosen (lignine) groter wordt.

Een verdere bevestiging voor het verband tussen borium en membranen wordt gevonden in een mededeling van MINARIK en SHIVE (1939), dat het watergehalte der bladeren van *Pisum Sativum* afneemt, naarmate de boraatconcentratie in de voedingsoplossing hoger is. Ook plotselinge verwelkingsverschijnselen passen in de voorstelling, dat bij gebrek aan B de membranen onvoldoende stabiel en permeabel zijn.

Beschouwt men tot slot de overeenkomst in deficiëntieverschijnselen bij Ca- en B-tekort, welke bij beide van ingrijpende aard zijn, dan is de verleiding groot, dit te zoeken in een regelende functie van deze elementen bij de membranen. Hiervoor werd reeds de veronderstelling uitgesproken, dat Ca en B elkaar in deze niet kunnen vervangen, maar wel kunnen aanvullen. Schematisch kan men zich dit verklaren, door de grenslaag celwand-membraan als een (auto)complexcoacervaat voor te stellen, waarin de stabiliteit van het systeem afhangt van een goede equilibrering van positieve en negatieve ladingsplekken. Neemt men de negatieve ladingsplekken weg (boraatgroepen), dan vervallen de attractieve krachten, waardoor de coacervatie wordt opgeheven en het systeem uiteenvalt. Hetzelfde heeft plaats indien te weinig meerwaardige kationen (Ca) aanwezig zijn. Ook dan worden de attractieve krachten verzwakt of opgeheven, hetgeen in de permeabiliteit of stabiliteit der membranen tot uiting moet komen. Natuurlijk is de rol van het calcium niet beperkt tot deze grenslaag en is zijn betekenis voor het protoplasma minstens even groot.

III. Borium *oligodynamisch element.*

De derde mogelijkheid, die uit de chemische eigenschappen van het borium werd afgeleid, betrof de sleutelpositie, die het bij bepaalde omzettingen in de plant zou kunnen innemen. Deze sleutelpositie kan het enerzijds te danken hebben aan zijn structuurgevende werking, anderzijds zouden de met complexvorming gepaard gaande milieuveranderingen (pH en hydratatie) bepaalde reacties kunnen katalyseren. FREY-WYSSLING (1938) zegt hierover: „Besonders interessant sind jene Fälle, wo kleinste Mengen eines Ions (z.B. Cu), *o l i g o d y n a m i s c h*, stimulierend ins Zellgeschehen eingreifen. Hier muss man annehmen dass Haftpunkte besonderer Art von solchen Ionen in einer optimalen Hydratationszustand versetzt werden; ob die Stimulatoren an solchen Stellen selbst chemische Verbindungen eingehen ist unbekannt. In grösseren Mengen sind sie gewöhnlich giftig, woraus zu schliessen ist, dass sie das Molekulargerüst in ungünstigem Sinne beeinflussen, wenn sie an zahlreichen Haftpunkten zugleich eingreifen”.

In hoeverre de stofwisseling, bv. de eiwitsynthese, direct of indirect door borium beïnvloed kan worden, onttrekt zich voorlopig nog aan onze waarneming. Toch is ook hiervoor in het feitenmateriaal

een aanknopingspunt te vinden. Het anatomisch onderzoek naar de B-gebrekverschijnselen heeft nl. uitgemaakt, dat het ophouden van de kerndeling in de meristemen mede een kenmerkend verschijnsel is voor B-tekort. Men kan zich zeer goed voorstellen, dat hierbij enzymwerkingen in het spel zijn, waarbij B als bestanddeel der nucleïne-zuren optreedt. Hierin komen immers ribosegroepen voor, welke met drie cis-standige OH-groepen voor complexvorming met boorzuur in aanmerking komen.

Hiermee komt men echter op het terrein van het *m e c h a n i s m e* van de levende cel, een onderwerp dat pas na het onderzoek naar de *s t r u c t u u r* hiervan aan de orde kan komen.

We hebben in het voorgaande getracht tot een scherpere omlijning te komen van de mogelijkheden, die ten aanzien van de werking van borium in de plant bestaan. Ook al is het beeld dat gegeven werd niet volledig en gebaseerd op veronderstellingen, deze veronderstellingen berusten aan de andere kant op exacte gegevens en hebben voldoende aanrakingspunten met het feitenmateriaal dat biochemisch, botanisch en anatomisch verzameld is.

Zeer zeker moet deze voorstelling nog worden getoetst aan organisch-chemisch en kolloïdchemisch onderzoek. Duidelijk is echter, dat het borium, hoewel sporenelement, door zijn mogelijk veelzijdige werkzaamheid voor de plant even belangrijk is als de zgn. hoofdvoedingselementen en met recht *o l i g o d y n a m i s c h* element genaamd kan worden, d.w.z. een element, dat in zeer kleine hoeveelheden een grote activiteit ontwikkelt. In het kort zouden we zijn mogelijke betekenis voor de plant in de volgende punten samen kunnen vatten:

1°. In de meristemen (vegetatiepunt, jonge bladeren) moet een voortdurende toevoer van borium zijn voor de opbouw van de jonge weefsels, waarbij het voor een deel bij de celwanden terecht komt.

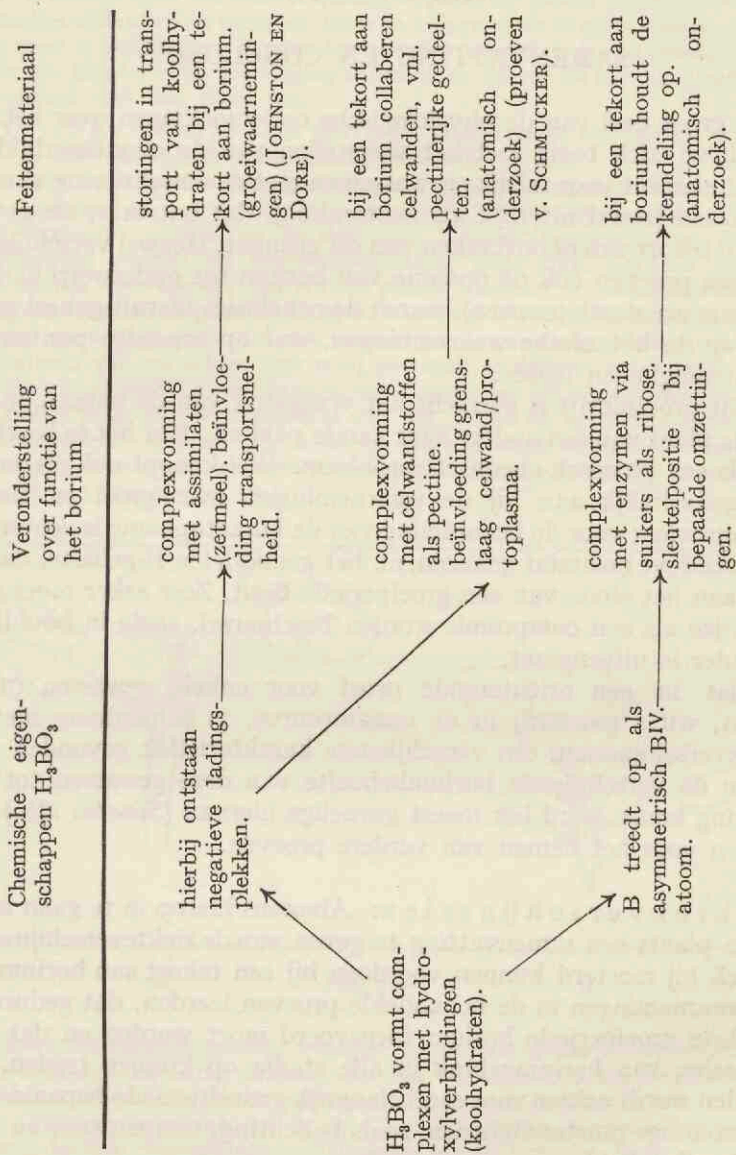
Het zal daarin waarschijnlijk eerder bij stoffen als pectine gezocht moeten worden, dan bij cellulose, d.w.z. meer in de grenslaag celwand/protoplasma dan in de „Gerüst“stoffen.

2°. Een ander gedeelte, waarschijnlijk gebonden aan enzymen, kan omzettingsreacties van suikers en koolhydraten katalyseren en schijnt als zodanig ook van belang te zijn voor de kerndeling.

3°. Het bevordert de transporteerbaarheid van koolhydraten naar andere delen van de plant, waar:

- a. weefsels in een groeistadium verkeren;
- b. reservestoffen worden ondergebracht.

Schema:



HOOFDSTUK VIII

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Een groot deel van de physiologische onderzoekingen over het borium hield zich bezig met het vaststellen van de onontbeerlijkheid van dit element voor talrijke gewassen en met de omschrijving van het ziektebeeld (zowel uiterlijk als anatomisch), dat ontstaat, als gevolg van een tekort aan of ontbreken van dit element. Hoewel verschillende van deze proeven ook de opname van borium tot onderwerp hadden (bv. de concentratieproeven), waren de conclusies hieruit geheel gebaseerd op de botanische waarnemingen, wat op sommige punten tot tegenstrijdigheden leidde.

In dit proefschrift is getracht het vraagstuk van de boraatopname door de plant van een andere kant aan te pakken, door het te beschouwen als een fysisch-chemisch probleem. Wel knoopt ook dit onderzoek gedeeltelijk aan bij de waarnemingen over groei en ziekteverschijnselen; voor de beoordeling van de boraatopname is echter een kwantitatieve maatstaf gekozen, nl. het gemiddelde B-gehalte, dat de plant aan het einde van een groeiperiode bezit. Zeer zeker moet deze werkwijze als een compromis worden beschouwd, zoals in hoofdstuk VA nader is uiteengezet.

Nadat in een oriënterende proef voor enkele gewassen (mais, tomaat, witte mosterd) in de opnamecurve, in samenhang met de gebrekverschijnselen, een vergelijkende karakteristiek gevonden was, waarin de verschillende boriumbehoefte van deze gewassen tot uitdrukking komt, werd het meest gevoelige hiervan (*Sinapis alba*) uitgekozen voor het nemen van verdere proeven.

G e b r e k v e r s c h i j n s e l e n: Alvorens hierop in te gaan is het op zijn plaats een samenvatting te geven van de ziekteverschijnselen, die zich bij mosterd kunnen voordoen bij een tekort aan borium. De groeiwaarnemingen in de behandelde proeven leerden, dat gedurende de gehele groeiperiode borium toegevoerd moet worden en dat verschijnselen van boriumgebrek in alle stadia op kunnen treden. Dit optreden wordt echter voor een belangrijk gedeelte mede bepaald door de uitwendige omstandigheden zoals belichting, temperatuur en relatieve vochtigheid.

K i e m p l a n t e n. Reeds bij kiemplanten kan door een tekort aan B de groei zeer sterk geremd worden of zelfs volkomen tot stilstand komen. De wortels zijn dan niet vertakt, dragen weinig haarwortels, vertonen eigenaardige knikken en hebben stompe uiteinden. Ze worden spoedig bruin en rotten weg. Het

kiemblad wordt eerst donkergroen of zelfs paars van tint, maar begint al spoedig te vergelen en te verdrogen. Het vegetatiepunt verdort. Deze verschijnselen werden bij de betrokken proeven door een lage pH in de hand gewerkt.

Jeugd stadium. Vegetatieperiode. Bij normale pH geven geringe sporen borium, zoals die in gedestilleerd water aanwezig zijn, nog enige groei. Wanneer deze toevoer volkomen regelmatig plaats heeft, ontwikkelen de plantjes zich uiterlijk normaal, maar ze blijven sterk in groei achter. Al naarmate meer B beschikbaar is, vertakken de wortels zich beter en groeit de plant verder uit. Zonder extra toevoeging van borium, bleven de planten steeds klein en kwamen niet aan bloei toe.

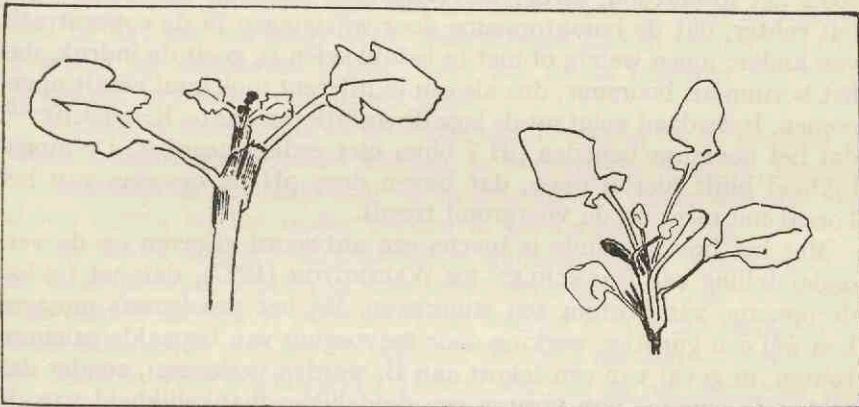
Typische gebreksymptomen treden eerst op, indien

a. de toevoer van B onregelmatig geschiedt.

b. de uitwendige omstandigheden grote schommelingen ondergaan.

ad a. Wanneer na een periode van geringe B toevoer, de voorziening geheel wordt stopgezet, zetten pas de eigenlijke deficientieverschijnselen in. Het vegetatiepunt verdort, de wortelontwikkeling staat stop, bladeren vergelen. Heeft daarna weer toevoer van borium plaats, dan kan de hoofdknop zich niet verder ontwikkelen en gaan zijknoppen uitlopen. Dit kan, vooral in het jeugd stadium, aanleiding geven tot een ogenschijnlijk weelderige bladontwikkeling. De bladeren zijn nu echter niet goed gevormd en blijven betrekkelijk klein.

Kenmerkend hierbij is, dat verschillende bladstelen tot één verenigd schijnen. Wat anders in de lengte uitgegroeid zou zijn, zit nu op een samengestelde gemeenschappelijke stengel. (fig. 15b). In grensgevallen schijnt het vegetatiepunt niet af te sterven, maar heeft een verdikking van de stengel beneden het vegetatiepunt plaats (fig. 15a).



a.

Fig. 15.

b.

In latere ontwikkelingsstadia, wanneer de planten al een zekere lengtegroei bereikt hebben, kan onder invloed van een tekort aan B het vegetatiepunt eveneens afsterven en lopen de zijknoppen in de oude bladoksels uit.

ad b. Plotselinge warmte en droogte kan bij planten, die reeds een geringe resistentie hebben, verwelkingsverschijnselen teweeg brengen. Deze verwelking begint zowel bij het vegetatiepunt als bij de bladeren, die hard en leerachtig droog worden, doordat de assimilaten niet meer afgevoerd kunnen worden. Tevens beginnen de bladeren van de randen af te vergelen.

Bloeistadium. Bloemen schijnen bijzonder vatbaar voor warmte en droogte. Ze verdorren of wel in de knop, waarbij ze wit verdrogen, of tijdens het

uitkomen en bloeien. In een nog later stadium, wanneer de vruchtzetting reeds begonnen is, blijven de hauwtjes klein en vergelen, terwijl er geen zaad gevormd wordt.

B o r a a t o p n a m e: Uit de proeven met opklimmende boorzuurconcentraties bleek, dat in het traject van 50—200 γ B per liter de boraatopname nagenoeg lineair ten aanzien van de boorzuurconcentratie in de voedingsoplossing verloopt. Zeer waarschijnlijk geldt dit verloop nog tot 10.000 γ B per liter, bij welke concentratie zich reeds beschadigingsverschijnselen door een te veel aan B voordoen. Bij $\pm 50 \gamma$ per liter vertoont de opnamecurve evenwel een knik, om daar beneden weer vrijwel lineair te verlopen. Mede op grond van groei- en ziekteverschijnselen, kan deze concentratie beschouwd worden als de laagste gebezigde concentratie, waarbij de mosterd zich nog geheel normaal kan ontwikkelen. Een verklaring voor de vorm van de opnamecurve kan met behulp van de beschikbare gegevens niet worden gegeven.

Uit de andere proeven, waarin de invloed van Ca^{++} -, H^+ - en fosfaat-ionenconcentratie op de boraatopname werd onderzocht, kon geen noemenswaardige beïnvloeding hiervan worden vastgesteld, behalve misschien voor het geval van pH-waarden van 7 of hoger. Zeker is een afhankelijkheid van de boraatopname van een gelijk geladen ion, zoals het fosfaat-ion, eerder te verwachten dan van Ca^{++} of H^+ . Het feit echter, dat de boraatopname door wijzigingen in de concentratie van andere ionen weinig of niet te beïnvloeden is, geeft de indruk, dat het borium als boorzuur, dus als een indifferent molecuul wordt opgenomen. Inderdaad volgt uit de lage dissociatieconstante $K = 6,3 \cdot 10^{-10}$, dat het boorzuur beneden pH 7 bijna niet gedissocieerd is. De mogelijkheid blijft hierbij open, dat boven deze pH de opname van het boraat-ion meer op de voorgrond treedt.

Met het bovenstaande is tevens een antwoord gegeven op de veronderstelling van BRECHLEY EN WARINGTON (1927), dat het Ca -ion de opname van borium zou stimuleren. Bij het proefgewas mosterd kon wél een gunstige werking door toevoeging van bepaalde calciumzouten, in geval van een tekort aan B, worden verkregen, zonder dat echter de opname van borium een duidelijke afhankelijkheid van de calciumconcentratie vertoonde. Het lijkt daarom op het ogenblik aannemelijker het gunstige effect van calciumtoevoeging niet te zoeken in een secundaire beïnvloeding van de boraatopname, maar in het primaire effect van de gewijzigde $\text{Ca} : \text{Na}$ resp. $\text{Ca} : \text{H}$ verhouding op de plant. Wanneer, met andere woorden, de boorzuurconcentratie van de voedingsoplossing zo laag is, dat de plant aan de grens van haar bestaansmogelijkheden toe is, kan het aanbrengen van een voor de plant optimale $\text{Ca} : \text{Na}$ verhouding de gevaarlijke zone van het boriumtekort verschuiven naar een lagere boorzuurconcentratie. Dit zou tevens willen zeggen, dat de grensconcentratie, waarbij symptomen van boriumtekort merkbaar worden, niet in absolute maat kan

worden opgegeven, maar bepaald wordt door de verhouding van de andere in de voedingsoplossing aanwezige ionen.

Verdeling van borium over de verschillende organen. Op grond van de resultaten der opnameproeven, werd, voor het nagaan der verdeling van het borium in mosterd, een concentratie van 50 γ B per liter gekozen voor het laten groeien der benodigde planten. Deze concentratie leek het gunstigst voor dit doel, omdat ze voldoende is voor een normale ontwikkeling en anderzijds zo laag, dat in de plant geen nodeloze ophoping van borium plaats vindt. Om tevens een inzicht te verkrijgen in het verloop van het boriumgehalte gedurende de groei, werden planten in verschillende stadia, van het kiemplantstadium af tot volledige rijping, geoogst en in details geanalyseerd. In grote trekken werd hierbij de volgorde (wat betreft boriumgehalte), gevonden door MC LEAN EN HUGHES (1936), bevestigd, nl.:

wortels = stengels (beneden) < stengels (boven) < jongste blad < ouder blad. Hieraan kan nog de volgende reeks worden toegevoegd: oudste blad > jongste blad = bloesems > vruchtwand > zaad.

In tegenstelling met onderzoeken van BERTRAND EN SILBERSTEIN (1939), BOBKO EN ZERLING (1938) e.a. werd het gehalte der bloemen hier niet hoger gevonden dan van het blad, want dit sloot zich geheel aan bij dat van het jonge blad. Daarentegen bleken mosterdplanten, gegroeid op onbemeste grond, weer wel in de bloemen een hoger B-gehalte te hebben dan in het blad.

Typisch is verder, dat — op droge stof berekend — de stengels en wortels, naarmate ze ouder worden, in boriumgehalte dalen, hetgeen vermoedelijk samenhangt met de verhouting der celwanden. De bladeren nemen bij het ouder worden in boriumgehalte toe.

Om verder ook een vergelijking te kunnen maken tussen gezonde en zieke planten, werden in deze proef series ingelast met toevoeging van resp. 0 en 10 γ B per liter. Deze werden in het bloeistadium — overeenkomende met het 3e stadium der 50 γ planten — geoogst en op dezelfde wijze geanalyseerd. Hierbij werd de indruk gevestigd, dat eerst wanneer het gehalte der jongste weefsels tot beneden 1,0 milli % aan B gedaald was, hierin duidelijke symptomen van boriumtekort optreden. Dit stadium werd door de 10 γ planten eerst bereikt tijdens de bloei (jongste blad en bloesems 0,8 milli %), door de planten zonder toevoeging van borium al tijdens het vegetatieve stadium (oudste blad 1,0; jongste blad 0,6 milli % B). Deze planten kwamen dan ook niet aan bloeien toe en de groei was bij het oogsten al practisch tot stilstand gekomen.

Beschouwingen over de rol van het borium in de plant. Uit het feit, dat boriumgebrekverschijnselen steeds het eerst in de jonge plantendelen (vegetatiepunt, bloemen, jonge

bladeren) voorkomen, volgt dat het borium voor de opbouw hiervan nodig is en verder, dat het in de plant weinig beweeglijk is en tijdens de groei wordt vastgelegd. De hiervoor besproken proef over de verdeling van het B over de verschillende organen, laat zien, dat het stadium waarin gebrekverschijnselen optreden in de eerste plaats wordt bepaald door de mate, waarin het B voor de plant wordt beschikbaar gesteld. Dezelfde proef laat ook zien, dat de verhouding wortel : rest plant, uitgedrukt in de droge stofopbrengst, tijdens de groei voortdurend afneemt, t.w.:

in het 1e stadium (vegetatief)	1 : 6,3
in het 2e stadium („)	1 : 7,3
in het 3e stadium (bloei)	1 : 9,0
in het 4e stadium (na afrijping zonder blad) .	1 : 13,3

Naarmate de plant dus ouder wordt, worden aan de toevoer door de wortels hogere eisen gesteld. Het optreden van deficiëntieverschijnselen tijdens de bloei of later, hoeft daarom geen reden te zijn om de rol van het B speciaal gebonden te denken aan de voortplanting. Ook de tijdens de groei toenemende boriumbehoefte, uitgedrukt in een concentratiegrens, vindt voor een deel zijn verklaring in het afnemende relatieve wortelgewicht.

Enmaal aannemende dat het borium door de plant in de vorm van boorzuur wordt opgenomen, kan men trachten de functie van het borium in de plant af te leiden van de chemische eigenschappen van het boorzuur. Men komt dan hierover tot de volgende veronderstellingen:

- I. Vergroting van de transportsnelheid van suikers en koolhydraten, door complexvorming met boorzuur.
- II. Beïnvloeding van de stabiliteit en permeabiliteit van jonge cellwanden door aanhechting van negatieve groepen aan membraanstoffen als pectine.
- III. Sleutelpositie van boorzuur bij bepaalde reacties, welke zou kunnen berusten op:
 - a. de affiniteit voor polyalcoholen met twee cis-standige OH-groepen,
 - b. de mogelijkheid voor B om als asymmetrisch atoom op te treden,
 - c. milieuveranderingen bij complexvorming (pH en hydratatie).

Gaat men na, welke punten van aanraking deze veronderstellingen hebben met het op biochemisch, botanisch en anatomisch gebied verzamelde feitenmateriaal, dan blijkt dat hierin argumenten worden gevonden, die de eerste twee veronderstellingen schijnen te steunen. Zo vonden JOHNSTON & DORE (1929) dat bij tomatenplanten een tekort aan B tot uiting komt in een sterke storing van het kool-

hydratentransport. Waarnemingen, die betrekking hebben op de tweede veronderstelling, zijn het collaberen van celwanden bij B-gebrek en het openbarsten van pollenbuizen in B-vrije oplossingen (SCHMUCKER 1935). Moeilijker is het voor het derde punt een bevestiging te vinden, aangezien dit meer een mechanisme *in* dan de structuur *van* de levende cel betreft. Zeer waarschijnlijk valt hier ook verband te leggen met een storing in de kerndeling, welke ook een der meest beschreven symptomen van B-gebrek is.

Conclusies.

1. De *boriumbehoefte* van een gewas kan in vergelijkende proeven (watercultures) worden uitgedrukt in de per gewichtseenheid opgenomen hoeveelheid borium (gemiddeld over de gehele plant) bij bepaalde concentraties. Dit vormt geen absolute maar alleen een relatieve maatstaf. De vergelijking is doorgevoerd voor witte mosterd, tomaat en mais.

2. De *gevoeligheid voor boriumtekort* kan worden vastgelegd in een concentratiegrens (gegeven de verdere samenstelling van de voedingsoplossing), die echter in de loop van een groeiperiode verschuift en bv. in het bloeistadium hoger ligt dan in het begin. Dit is onderzocht voor mosterd.

3. De *opname van borium* door mosterd is in een groot concentratietraject bepaald en bleek bij benadering lineair ten aanzien van de boorzuurconcentratie te verlopen. Bij de onder 2) genoemde grensconcentratie vertoont de curve een knik, om daar beneden weer lineair te worden.

4. De *invloed van andere ionen op de boraatopname* is onderzocht voor: a. het Ca-ion.

b. het H-ion (pH afhankelijkheid).

c. het fosfaat-ion.

Hierbij kon, binnen de foutengrens, geen verband gevonden worden tussen de boraatopname en de calcium- of fosfaat-ionenconcentratie. Evenmin werd een afhankelijkheid gevonden van de pH beneden pH 7, waarbij de mogelijkheid open blijft, dat boven pH 7 een ver grote boraatopname plaats heeft. Op grond van deze resultaten wordt waarschijnlijk geacht, dat het borium als ongedissociëerde molekulen boorzuur door de plant wordt opgenomen.

5. De *verdeling van borium in mosterd over de verschillende organen* geeft, gerangschikt volgens opklimmend B-gehalte, de onderstaande volgorde te zien:

zaad < wortels = stengels (beneden) < stengels (boven) < vruchtwand < bloesems = jongste blad < ouder blad.

Waarschijnlijk is het borium voor een groter gedeelte gelocaliseerd in de celwanden of in de grenslaag celwand/protoplasma dan in het verdere protoplasma zelf.

6. In een bespreking van de *rol van het borium in de plant* zijn de chemische eigenschappen van het boorzuur in verband gebracht met de meest karakteristieke symptomen van boriumtekort bij de plant. De veronderstellingen over de functie van het B betreffen:

- a. de transportsnelheid van koolhydraten,
- b. beïnvloeding van de stabiliteit en permeabiliteit van jonge cellwanden,
- c. sleutelpositie bij bepaalde omzettingen in de plant.

LITERATUURLIJST

1e GEDEELTE

Samenvattende artikelen:

- BRENCHLEY, W. E., 1927, Inorganic plant poisons and stimulants, second edition Cambridge Agricultural Monographs.
- EATON, F. M., 1935, Boron in soils and irrigation waters and its effect on plants. United States Department of Agriculture, Washington D.C. Technical Bulletin No 448. (hoofdzakelijk een bespreking van beschadiging door teveel).
- DENNIS, R. W. G. (en DENNIS, A. C.), Boron and plantlife I. (Dec. '35 en Jan. '36) Boron and plantlife II. (Sept. Oct. '37) Boron and plant life III. (Febr. Mrt Apr. '39) The Fertiliser, Feeding Stuffs and Farm Supplies Journal.
- DENNIS, R. W. G. en O'BRIEN, D.G., 1937, Boron in agriculture. The West of Scotland Agricultural College. Plant Husbandry Department.
- LÖHNIS, M. P., 1937, Plant development in the absence of boron. Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool. Deel 47, verh. 3.
- BRANDENBURG, E., 1939, Über die Grundlagen der Boranwendung in der Landwirtschaft. Phytopathologische Zeitschrift. 12, 1 (1939).

Bibliographie:

- WILLIS, L. G., 1939, Bibliography of references to the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Uitgegeven door het Chilean Nitrate Educational Bureau Inc. New York, N.Y. (Broadway 120), (derde druk).
- HARDING, O. en SCHMIDT, C. M., 1936—1938, Boron as a plant nutrient. A bibliography of literature published and reviewed. American Potash Inst. Inc. Washington D.C.

Alfabetische lijst.

- AGULHON, H., Recherches sur la présence et le rôle du Bore chez les végétaux. Diss. Parijs (1910).
- ÅSLANDER, A., Dependence of cultivated plants on reaction and nutrient content of soils. Z. Pflanzenern. D. u. Bod. A 23, 362—81 (1932).
- BECKENBACH, J. R., WADLEIGH, C. H. en SHIVE, J. W., Nutrition studies with corn I. Soil Sci. 47, 469, (1936) en II, 45, 403, (1938).
- BERGER, K. C., en TRUOG, E., Boron determination in soils and plants. Using the quinalizarin reaction. Ind. Eng. Chem. An. Ed. 11, 540, (1939).
- BERTRAND, G., Sur le rôle des infiniments petits chimiques en agriculture. Annales de l'institut Pasteur 26, 852 (1912).
- BERTRAND, G. en AGULHON, H., Sur la recherche de très petites quantités de bore dans l'organisme et dans les mélanges complexes. Bull. Soc. Chim. 4e série, 7, 90, (1910a).
- Sur le dosage de l'acide borique dans les mélanges complexes et, en particulier, dans les cendres d'origine organique. Bull. Soc. Chim. 4e série, 7, 125 (1910b).
- Sur une méthode permettant le dosage de quantités extrêmement petites de bore dans les matières organiques. Bull. Soc. Chim. 4e série, 15, 197, (1914).

- BERTRAND, G., en WAAL, H. L. DE, Recherches sur la teneur comparative en bore de plantes cultivées sur le même sol. *Ann. Agron.* 6, 537, (1936).
- BERTRAND, G., en SILBERSTEIN, L., Nouvelles déterminations de la teneur en bore de plantes cultivées sur le même sol. *Ann. Agron.* 7, 505, (1937).
- BLACKMAN, F., Optima and limiting factors. *Ann. Bot.* 19, (1907).
- BOBKO, E. V., MATVEEVA, T. V. en SYVOROTKIN, G. S., Recherches sur le rôle du bore dans les plantes. *Ann. Agron.* 5, 801, (1935).
- BOBKO, E. V. en ZERLING, V. V., Influence du bore sur le développement reproductif des plantes. *Ann. Agron.* 8, 175, (1938).
- BÖESEKEN, J. en VERMAAS, N., *J. Phys. Chem.* 35, 1477, (1931).
- BRANDENBURG, E., Über die Grundlagen der Boranwendung in der Landwirtschaft. *Phyt. Zeitschr.*, Berlin XII, H. 1. (1939).
- Eenige gevallen van physiologische ziekten der bieten I. *Meded. Inst. Suikerbietenteelt, Bergen op Zoom*, 1, 4, (1931).
- BRENCHLEY, W. E., en WARINGTON, K., The role of boron in the growth of plants. *Ann. Bot.* 41, 167 (1927).
- BRIOUX en JOUIS. *Ann. agron.* 6, 307, (1936).
- BRUINS, H. R., Die Diffusion Kolloider Teilchen I. (Abnorm grosse Diffusionsgeschwindigkeiten in hydrophylen Solen). *Kolloid Zeitschr.* 54, 265—72 ('31) Die Diffusion Kolloider Teilchen, II, 54, 272—78 (1931); III, 57, 158 (1931); IV, 59, 263, (1932).
- BUNGENBERG DE JONG, H. G., La coacervation et son importance, en biologie. *Actualités Scientifiques et Industrielles. Série Herrmann* 397 et 398, (1936).
- DENNIS, R. W. G. en O'BRIEN, D. G., Boron in Agriculture. The West of Scotland Agric. College, *Bull. No. 5*, (1937).
- EATON, F. M., Boron requirements of cotton. *Soil Sci.* 34, 301, (1932).
- FEIGL, F., *Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktionen.* Leipzig (1931).
- FREY-WYSSLING, A., *Submikroskopische Morphologie des Protoplasmas und seiner Derivate.* Berlijn (1938).
- GARNER, W. W., en ALLARD, H. A., Effects of abnormally long and short alternations of light and darkness on growth and development of plants. *Journ. Agric. Res.* 42, 10, 629—651, (1931).
- GENNEP, V. C. VAN, De symptomen van physiologische ziekten van *Lupinus luteus* L. *Diss. Utrecht* (1936).
- GOTTSCHALL, R., Über die Bestimmung kleinster Mengen von Borsäure in Böden, Düngemitteln u. Ernteprodukten. *Diss. Göttingen* (1935).
- GROSSENBACHER, K. A., en LIVINGSTONE, B. E., Cryptotrophic malnutrition of sorghum in solution culture. *Am. Journ. Bot.* 23, 588, (1936).
- HAAS, A. R. C. en KLOTZ, L. J., Some anatomical and physiological changes in citrus produced by boron deficiency. *Hilgardia*, 5, 175, (1931).
- HARGUE, J. S. Mc en CALFEE, R. K., Further evidence that boron is essential for the growth of lettuce. *Plant Phys.* 8, 305 (1933).
- HERMANS, P. H., Über die Konstitution der Borsäuren und einiger ihrer Derivate. *Z. anorg. allgem. Chem.*, 142, 83, (1925).
- Zur Stereochemie der Böeseken'schen sauren Borsäureverbindungen der Diöle. *Rec. Trav. Chim.* 57, 333, (1938).
- HOAGLAND, D. R., The absorption of ions by plants. *Soil Sci.*, 16, 225—246, (1923).
- HOAGLAND, D. R., en MARTIN, J. C., A comparison of sand and solution cultures with soils as media for plant growth. *Soil Sci.*, 16, 367—388, (1923).
- HOAGLAND, D. R. en SNYDER, W. C., Nutrition of strawberry plant under controlled conditions. *Proc. Am. Soc. Hort. Sc.* 30, 288 (1933).

- HONERT, T. H. VAN DEN, Onderzoekingen over de voedingsphysiologie van het suikerriet. Meded. Proefstation v. d. Java-Suikerindustrie No. 40, 1e bijdrage, (1932).
- Onderzoekingen over de voedingsphysiologie van het suikerriet. Meded. Proefstation v. d. Java-Suikerindustrie, No 23, 2e bijdrage, (1933).
- HOTTER, E., Über das Vorkommen des Bors im Pflanzenreich und dessen physiologische Bedeutung. Landw. Vers. Sta. XXXVII, 437—58 (1890.)
- HUDIG, J. en LEHR, J. J., Einige Bemerkungen über Chilesalpeter in Beziehung zur Borfrage. Bodenk. u. Pflanzenern. 9/10, 552—624, (1938).
- JACOB, J. C. s', Anorganische beschadigingen bij *Pisum sativum* L. en *Phaseolus vulgaris* L. Diss. Utrecht. (1927).
- JAY, H., Sur le dosage de l'acide borique. Compt. rend. II tome, 121, 260, (1895).
- Sur la dispersion de l'acide borique dans la nature. *ibid.* p. 896.
- JOHNSTON, E. S., Potato plants grown in mineral nutrient media. *Soil Sci.*, 26, 173—178, (1928).
- JOHNSTON, E. S., en DORE, W. H., The influence of boron on the chemical composition and growth of the tomato plant, *Plant Phys.* 4, 31, (1929).
- KOLTHOFF, I. M., Die Komplexzerfallskonstanten der Verbindungen der Borsäure mit Salzen einiger organischer Oxysäuren, *Rec. Trav. Chim.* No 9/10, 607—619, (1926).
- Die Massanalyse II. Berlijn (1931).
- KLEIN, G., Handbuch der Pflanzenanalyse I, Wenen (1932).
- LÖHNIS, M. P., Borium-behoeft en Borium-gehalte van cultuurplanten. *Chem. Weekblad*, 33, (1936).
- Plant development in the absence of boron. Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool, Wageningen, Deel 47, verh. 3. (1937).
- LUNDEGÅRDH, H., Die Nährstoffaufnahme der Pflanze, Jena (1932).
- MACKE, W., Untersuchungen über die Wirkung des Bors auf *Helodea canadensis*. *Zeitschr. Bot.* 34, 241, (1939).
- MARTIN, J. P., Boron Deficiency Symptoms in Sugar Cane. *The Hawaiian Planters' Record*, XXXVIII, 95—107, (1934).
- MAZÉ, P., Recherche d'une solution purement minérale capable d'assurer l'évolution complète du maïs cultivé à l'abri des microbes. *Ann. Inst. Pasteur*, 33, 139 (1919).
- MCBAIN, J. W. en TSUN HSIEN LIU. Diffusion of electrolytes-non-electrolytes and colloidal electrolytes. *J. Am. Chem. Soc.* 53, 59, (1931).
- MC HARGUE, H. S. en CALFEE, B. K., Determination of boron spectroscopically. *Ind. Eng. Chem. An. Ed.* 4, 385, (1932).
- MCLEAN, R. en HUGHES, W. L., The quantitative distribution of boron in *Vicia faba* and *Gossypium herbaceum*. *Ann. appl. Biology*, 23, 231, (1936).
- McMURTREY JR, J. E., The effect of boron deficiency on the growth of tobacco plants in aerated and unaerated solutions. *J. Agric. Res.*, 38, 371, (1929).
- MES, M. G., Fysiologische Siektesimptome van Tabak. Diss. Utrecht (1930).
- MINARIK, C. E., en SHIVE, J. W., The effect of boron in the substrate on calcium accumulation by soybean plants. *Amer. Journ. Bot.*, 26, 827—831, (1939).
- MORRIS, H., Physiological effects of boron on wheat. *Bull. Torrey Bot. Club* 58, 1—30, (1931).
- OVERBEEK, J VAN, Die Symptome des Bormangels bei Zea Mays. Mededeelingen van het phytopathologisch laboratorium „Willie Commelin Scholten“, 13, 29 (1934).
- PELIGOT, E., De l'action que l'acide borique et les borates exercent sur les végétaux. *Compt. rend. LXXXIII*, 686—8 (1876).

- RATHJE, W., Zur Kenntnisse der Phosphate, I. Über Hydroxylapatit. *Bodenk. u. Pflanzenernährung*, 72, 121, (1939).
- ROBINSON, K. L., A method for the determination of small quantities of boron in plant material. *The Analyst* 64, 324—328, (1939).
- ROWE, E., A study of heartrot of young sugarbeet. *Ann. of Bot.* 50, 738, (1936).
- RUSSEL, Sir E. JOHN, Soil Conditions and Plant Growth. 7e dr. (1937).
- SCHARRER, K., en GOTTSCHALL, R., Zur Methodik der Bestimmung kleinster Mengen Borsäure. *Z. Pflanzenern. D. u. Bodenk.* 39, 178—297, (1935).
- SCHLEDE, A., SCHMIDT, W. en KINDT, H., Zur Kenntniser Kalziumphosphate und Apatite. *Z. Elektroch.*, Berlin 39, 633—41, (1932).
- SCHMUCKER, T., Zur Blütenbiologie Tropischer Nymphaea-Arten, (Bor als unterschiedener Faktor). *Planta*, 18, 642—650, (1933).
- Über den Einfluss von Borsäure auf Pflanzen, insbesondere keimende Pollenkörner. *Planta*, 23, 264—283, (1935).
- SCHREVEN, D. A. VAN, Uitwendige en inwendige symptomen van boriumgebrek bij tabak. *Tijdschr. over Plantenziekten*, 40, 98—128 (1934).
- Uitwendige en inwendige symptomen van boriumgebrek bij tomaat. *Tijdschr. over Plantenz.* 47, 1—26, (1935a).
- Physiologische proeven met de aardappelplant. *Landbouwkundig Tijdschr.* 47, No. 579, 706—726, (1935b).
- De gezondheidstoestand van de aardappelplant onder den invloed van twaalf elementen. *Diss. Wageningen* (1939).
- SCHROPP, W., Die Eisenversorgung der Pflanzen bei Wasserkulturversuchen. *Z. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenkunde*, Berlin, A, 33, 38—79, (1934).
- Zur Eisenversorgung der Pflanzen bei Wasserkulturversuchen. *Bodenkunde u. Pflanzenernährung*, 9/10, 653—665, (1938).
- SCHROPP, W., en ARENZ, B., Über die Wirkung von Bor und Mangan auf das Wachstum der Maispflanze. *Phyt. Zeitschr.*, Berlin, XI, 588 (1938).
- SCHULEK, E., en VASTAGH, G., Beiträge zur quantitativen Bestimmung der Borsäure. *Z. anal. Chem.*, I, 84, 175, (1931); II, 87, 165, (1932).
- SMITH, S., Determinations of small amounts of boron by means of quinalizarin, *Analyst*, 60, 735, (1935).
- SOMMER, A. L., The search for elements essential in only small amounts for plant growth. *Science*, 66, 482 (1927).
- SOMMER, A. L., en LIPMAN, C. B., Evidence on the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants. *Plant Phys.*, 1, 231, (1926).
- SOMMER, A. L. en SOROKIN, H., Effects of the absence of boron and of some other essential elements on the cell and tissue structure of *Pisum Sativum*. *Plant Phys.*, 3, 237, (1928).
- STAUDINGER, H., Die hochpolymeren organischen Verbindungen, Berlin (1932).
- STETTbacher, A., Colorimetric determination of boron in fertilizers and soils, by means of p-nitrobenzeneazochromotropic acid (the so-called Chromotrop 2B). *Mitt. Lebensm. Hyg.* 29, 201—17, (1938).
- STILES, W., On the relation between the concentration of the nutrient solution and the rate of growth of plants in waterculture. *Ann. Bot.*, 29, 89, (1915).
- On the interpretation of the results of water culture experiments. *Ann. Bot.*, 30, 427, (1916).
- SWANBACK, T. R., The effect of boric acid on the growth of tobacco plants in nutrient solutions, *Plant Physiology* 2, 475, (1927).
- TABER ELTINGE, E., Effect of boron deficiency upon the structure of *Zea Mays*, *Plant Phys.*, 17, 765 (1936).

- THYGESEN, J. E., The inner complex compounds of boric acid. *Z. anorg. allgem. Chem.* 237, 101—12, (1938).
- UNVERDORBEN, O. en FISCHER, R., Beitrag zur Bestimmung kleiner und kleinster Bormengen. *Bodenk. und Pflanzenern.* 13, 177—93 (1939).
- WARINGTON, K., The effect of boric acid and borax on the broadbean and other plants. *Ann. Bot.* 37, 629 (1923).
- The changes induced in the anatomical structure of *Vicia Faba* by the absence of boron from the nutrient solution. *Ann. Bot.* 40, 27, (1926).
- The influence of length of day on the response of plants to boron. *Ann. Bot.*, 47, 429, (1933).
- Studies in the absorption of Calcium from nutrient solutions with special reference to the presence or absence of boron. *Ann. Bot.* 48, 743 (1934).
- WILCOX, Determinations of Boron in natural waters and Plant materials. *Ind. Eng. Chem. An. Ed.*, 2, 358—61, (1930).
- Electrometric titration of boric acid. *Ind. Eng. Chem. An. Ed.* 4, 38—9, (1932).
- WITTSTEIN, D. en APOIGER, F., Entdeckung der Borsäure im Pflanzenreiche. *Ann. Chem. Pharm.* CIII, 362—4 (1857).
- ZORKIN, F. P., Sensitive reaction for boric acid. *J. appl. chem. U.S.S.R.* (in German 1506) (1936).

ILLUSTRATIES *

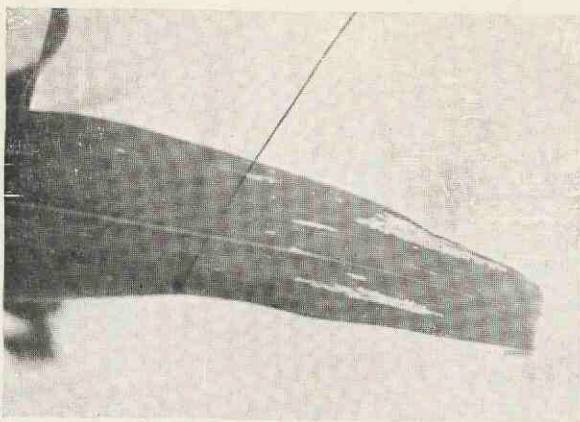


Foto 1. Boriumgebrekverschijnselen bij mais.
Het mesophyll is beschadigd. De bladeren vertonen
witte strepen.



Foto 2. Boriumgebrekverschijnselen
bij mais.
Het mesophyll is beschadigd. De bladeren
vertonen witte strepen.

* *Cliché's welwillend afgestaan door Verlag Chemie, Berlin.*

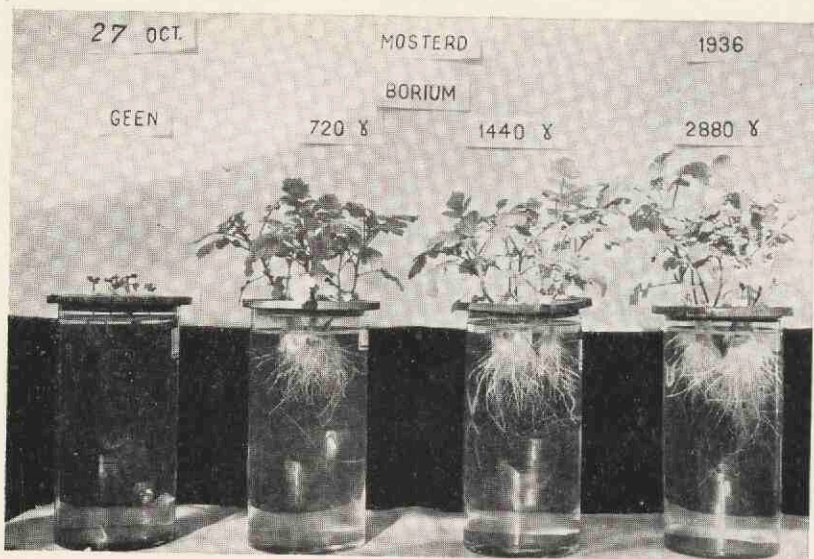


Foto 3. Boriumgebrek uit zich bij mosterd in een sterke groeivertraging. De wortelontwikkeling wordt bij opklimmende boorzurfgiften beter.

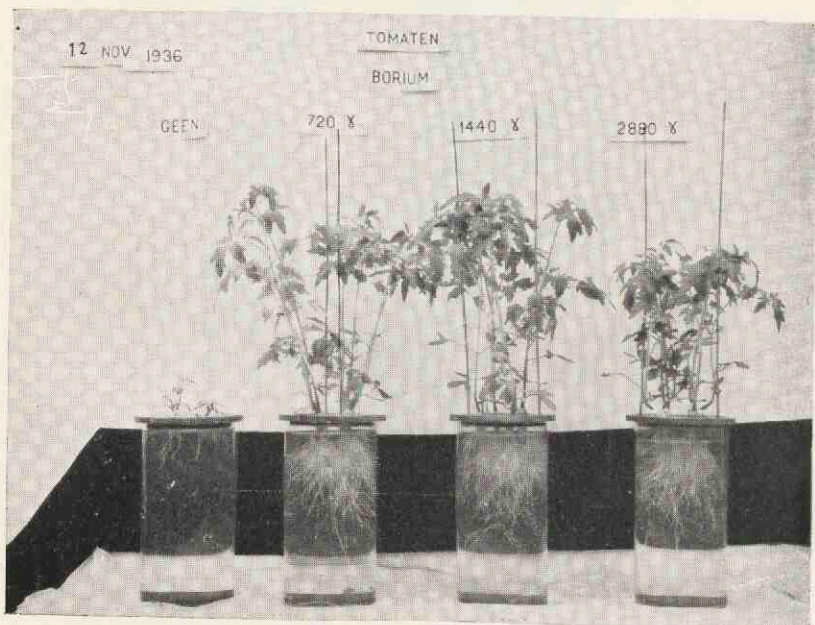


Foto 4. Tomaten in watercultuur. De planten zonder borium blijven sterk achter.

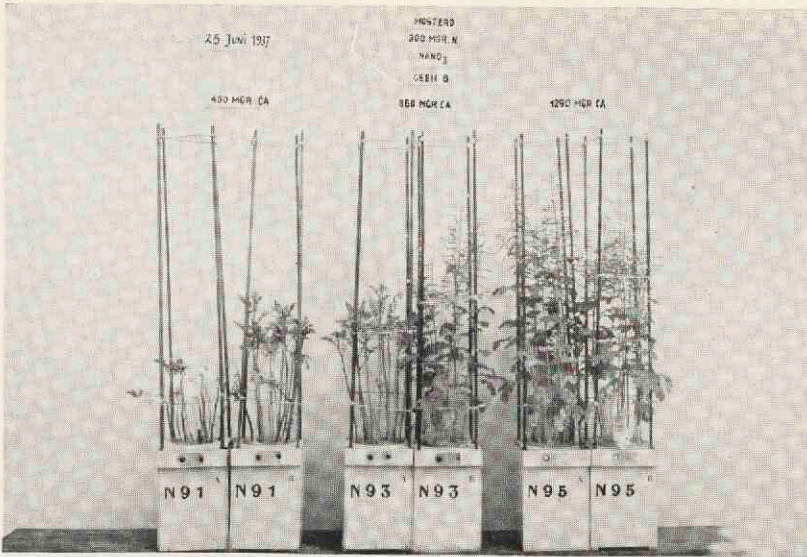


Foto 5. Proef met mosterd op glaszand.
De verschillende planten kregen geen borium, maar opklimmende giften CaCl_2 . Terwijl bij de potten met 430 en 890 mg Ca nog boriumgebrekverschijnselen optraden, waren de planten met 1290 mg Ca volkomen gezond en leverden een goede zaadopbrengst.

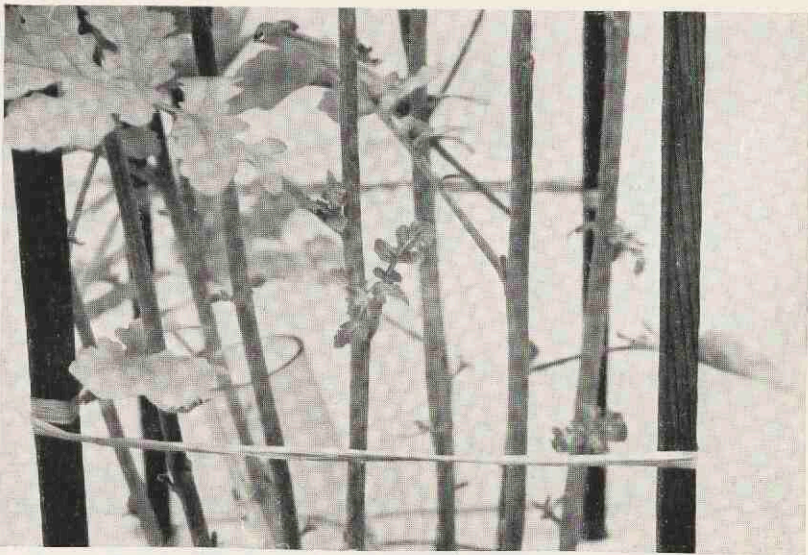


Foto 6. Bij mosterdplanten, die door boriumtekort beschadigd waren, liepen later de zijknoppen in de oude bladoksels uit.

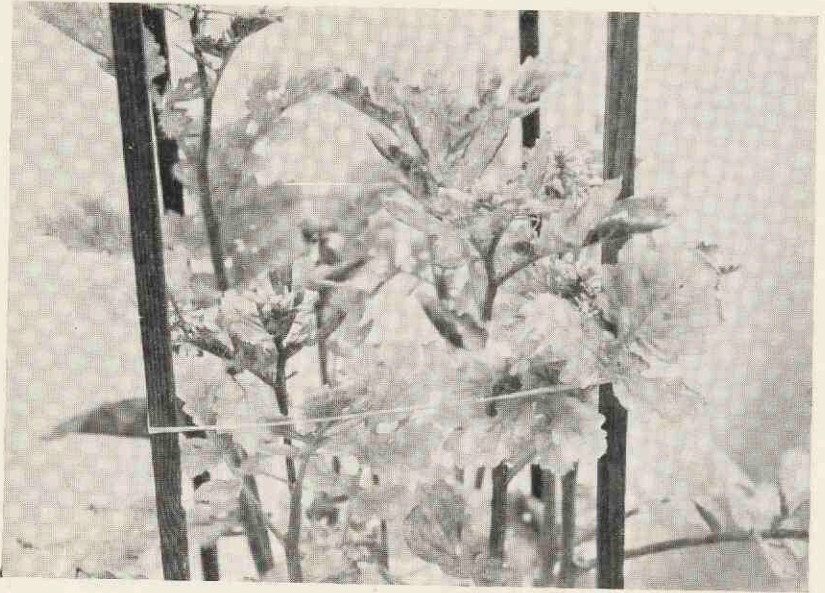


Foto 7. Boriumgebrekverschijnselen bij mosterd in het bloeistadium. De bloemen en bloemknoppen worden wit en verdrogen geheel.

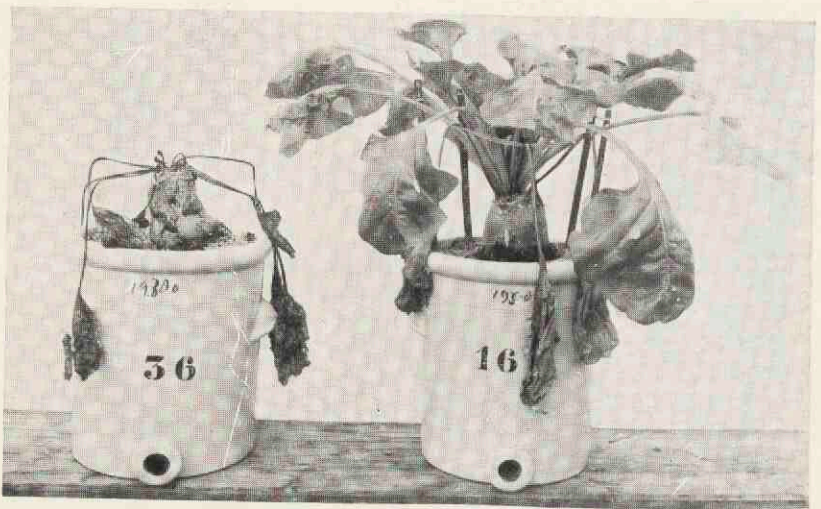


Foto 8. Voederbieten: links bemest met synthetische natronalpeter, rechts bemest met Chilialpeter.

II

OVER DE BETEKENIS VAN BORNIUM VOOR DE
LANDBOUW

(SPECIAAL MET BETREKKING TOT DE NEDERLANDSE LANDBOUW)

INHOUD

INLEIDING EN SAMENVATTING	Blz. 111
HOOFDSTUK I.	
BORIUM EN GROND	116
<i>a.</i> De voorraden van de Nederlandse gronden.	
HOOFDSTUK II.	
BORIUM EN GROND	131
<i>b.</i> Over de boriumhuishouding van de grond.	
HOOFDSTUK III.	
BORIUM EN LANDBOUWGEWASSEN	147
HOOFDSTUK IV.	
BORIUM EN BEMESTING	165
SUMMARY	185
LITERATUUR	190

INLEIDING EN SAMENVATTING

BORIUM EN GROND

Bij het schrijven van een overzicht over het voorkomen van borium in grond, de vorm waarin het daarin aanwezig is en de manier waarop het in omloop blijft, stuit men aanstonds op de moeilijkheid, dat, in het landbouwkundig over borium verzamelde materiaal, wel veel aandacht is besteed aan de p l a n t, maar betrekkelijk weinig aan de g r o n d. In de hierop betrekking hebbende hoofdstukken (I en II) is getracht deze leemte aan te vullen met gegevens, welke langs andere weg verkregen zijn, om hiermee, voor het bijzondere geval der Nederlandse gronden, een enigszins samenhangend overzicht te verkrijgen.

Een belangrijk uitgangspunt is hierbij het geochemisch vastgestelde feit, dat zeewater gemiddeld veel rijker is aan borium dan de aardkorst, waarvan de gemiddelde gehalten op resp. 10^{-3} en 10^{-5} % B geschat kunnen worden. In het bijzonder hebben GOLDSCHMIDT en PETERS waardevol materiaal verzameld over het voorkomen van borium in gesteenten en gronden en gevonden, dat mariene sedimenten aanzienlijk rijker aan B zijn, dan gesteenten en sedimenten van magmatische oorsprong. Ook recente zeekleiafzettingen, hoewel minder rijk aan B dan de geologisch oudere sedimenten, blijken aanzienlijk meer B te bevatten dan de van magmatische gesteenten afgeleide kleirijke verweringsproducten. Op grond hiervan zou men voor rivierkleigronden een laag B-gehalte mogen verwachten, waarbij evenwel rekening dient te worden gehouden met een mogelijke vermenging met zeeklei. (Zeer waarschijnlijk is dit laatste het geval met verschillende gronden op de oude zeesedimenten van het Rijnland). Steunend op dit materiaal mag men ook voor de Nederlandse zeekleigronden verwachten, dat ze rijker zijn aan B dan onze rivierkleigronden en dat onze zandgronden vermoedelijk tot de allerarmste gerekend moeten worden.

Landbouwkundig vindt men hiervoor een bevestiging in de verbreiding van de bekende deficientieziekten, hartrot (bij bieten) en bruin (bij koolrapen) over de diverse grondtypen. De gegevens hierover, voorzover bekend, zijn samengesteld in een hartrot-kaart van Nederland, welke voorkomt op pag. 119. Hierbij is dus het hartrot als indicator aangenomen voor de boriumrijkdom van de grond. Inderdaad blijkt deze ziekte op onze zandgronden veelvuldiger en in heviger mate voor te komen dan op rivierklei, terwijl hartrot in onze zeekleiprovincies nagenoeg onbekend is. Neemt men het bruin van koolrapen als indicator, dan vindt men ook op verschillende rivierkleigronden

ernstige verschijnselen van boriumtekort (zoals bv. in de Bommelerwaard), op zeeklei echter nog steeds niet (vbd de streek rond Berlikum in Friesland).

Ondertussen dient hierbij niet alleen rekening te worden gehouden met de absolute B-voorraden, maar ook met de beschikbaarheid der verschillende vormen, waar het B in voorkomt, voor de plant. Hiermee komt men op het terrein van de boriumhuishouding in de grond. Voor de kleigronden — in het bijzonder zeeklei — mag aangenomen worden, dat het borium hier vrijwel homogeen verdeeld in voorkomt, hetgeen zeker de beschikbaarheid ten goede moet komen. De boriumrijkdom der zandgronden berust grotendeels op hun toermalijngehalte, voor een klein gedeelte ook op het in de organische stof (humus) gebonden borium. Dit laatste is uit een oogpunt van beschikbaarheid het belangrijkste, al moet aangenomen worden, dat door hydrolyse ook borium uit toermalijn met merkbare snelheid vrijkomt, althans in de bouwgrond. Dit wordt aangetoond aan de hand van groeiproeven op glaszandsoorten met verschillend toermalijngehalte (hoofdstuk II, pag. 132).

Daar juist de zandgronden, ten aanzien van de boriumvoorziening, het ergst tekortschieten, werd getracht een inzicht te krijgen over de hierin bestaande voorraden, waartoe verschillende typische hartrotgronden op hun toermalijngehalte werden onderzocht (I, pag. 123). Hierbij werden toermalijngehalten gevonden van 0,01⁵—0,08 %, overeenkomende met B-gehalten van 0,0005—0,0025 %. Bij vergelijking met petrografische gegevens over het voorkomen van toermalijn in verschillende gebieden van Nederland (EDELMAN, VAN BAREN, CROMMELIN), vallen de in hartrotgronden gevonden toermalijngehalten niet lager uit. Alleen op grond van de minerale reserve-voorraden in zandgronden, kan men dan ook nog geen verklaring geven voor het optreden van B-deficiente en verschillende hartrot-frequentie, hetgeen bv. blijkt bij een vergelijking van de toermalijnrijke gronden in Limburg en het N—O van N.-Brabant, met de aan dit mineraal armere zandgronden in het Noorden des lands.

Van de verschillende factoren, die het beschikbaar komen van borium bepalen (zie hoofdstuk II), is de structuur van de grond van zeer grote betekenis, omdat hier niet alleen het inwendig oppervlak, maar ook de waterhuishouding van de grond mee samenhangt. Meer in het algemeen kan gezegd worden, dat een slechte structuur het optreden van plantenziekten, ook deficiëntieziekten, in de hand werkt. Een belangrijke rol moet voorts worden toegekend aan de organische stof, waarvoor in hoofdstuk II, pag. 142 een hypothese wordt aangegeven. Aangenomen mag worden, dat het in de grond bewegelijke borium in evenwicht is met het organisch adsorptiecomplex en dat de beschikbaarheid van dit borium ook samenhangt met de fysische en kolloïdchemische toestand van dit complex. Hieruit zou dan een verklaring te geven zijn voor het feit, dat zowel bij grote droogte, als

bij overkalken van de grond (en daarmee gepaard gaand uitvlokken van de humus), het aanvankelijk beschikbare borium gefixeerd wordt, hetgeen tot uiting komt in het optreden van deficiëntieverschijnselen.

Omdat verder het organisch complex mede de structuur en de waterhuishouding van de grond helpt bepalen, is het handhaven van een juist kationevenwicht ook voor de boriumomloop van belang. Wat betreft het gehalte van het organisch complex aan borium, wordt in hoofdstuk I, pag. 127 een schatting gemaakt, welke uiteenloopt van 0,001—0,003 %. Hogere gehalten zijn hierbij evenwel niet uitgesloten.

Op grond van bovenstaande wordt tevens begrijpelijk, waarom op de humusrijkere zandgronden in het Noorden (veenkoloniale gronden) nog geen boriumgebrekverschijnselen zijn waargenomen. Twee andere factoren mogen hierbij echter niet over het hoofd worden gezien. Ten eerste de door EDELMAN aangegeven mogelijkheid, dat speciaal de kuststrook van ons land met het regenwater een niet onbelangrijke hoeveelheid borium toegevoerd krijgt (hoofdstuk II, p. 137). In de tweede plaats het feit, dat op de Drentse zandgronden steeds een dankbaar gebruik werd gemaakt van Chilisalpeter, dat zoals bekend boriumhoudend is (0,03 % B).

Vatten we tot slot de schattingen over de boriumvoorraden in de verschillende grondtypen samen, dan laten zich (onder voorbehoud) de volgende gehalten aangeven:

zeeklei	gemiddeld	0,01	% B
rivierklei	„	0,002	% „
zandgrond	a. in toermalijn	0,0005—0,0025	% B
	b. in org. stof	0,0001—0,0002	% „

BORIUM EN LANDBOUWGEWASSEN (hoofdstuk III).

Het voorkomen van B-gebrekverschijnselen heeft zich in Nederland tot nog toe in hoofdzaak beperkt tot het hartrot bij bieten en het bruin bij koolrapen. Gezien de verbreiding der bietencultures in Nederland (bijna 100.000 ha in 1939), is vooral een bespreking van het hartrot, voor zover althans nieuwe gezichtspunten te vermelden zijn, op zijn plaats. Het onderzoek hiernaar betrof in de eerste plaats de samenhang tussen het optreden van hartrot en het boriumgehalte van biet en blad, waarvoor zowel het materiaal van potcultures, als van veldproeven op B geanalyseerd werd. Uit deze onderzoekingen bleek, dat het B-gehalte van de biet weinig aan schommelingen onderhevig is (noch t.o.v. de bemesting, noch t.a.v. de gezondheidstoestand der planten) en gemiddeld 0,002 % B bedraagt. Daarentegen bleek het blad wel sterk te reageren op verschillende bemesting en daarmee samenhangend op de gezondheidstoestand van de plant. Bij gezonde planten, afkomstig van veldproeven, was het boriumgehalte van het blad 0,003—0,004 % B, bij hartrotzieke planten lager dan 0,003 % tot \pm 0,002 % toe. Physiologisch bezien geeft dit sterk de indruk, dat

het hartrot van de biet niet primair in de wortel optreedt, maar in het blad, waarna de beschadiging van de wortel secundair tot stand komt door storingen in de stofwisseling, resp. het voedseltransport.

In de tweede plaats werden onderzoeken uitgevoerd over het verband tussen hartrot en bietenras bij voederbieten. Na enkele oriënterende proeven, werd in 1939 een uitgebreide proef met 29 bietenrassen genomen op humushoudende zandgrond (gescheurd grasland), waarbij aparte series met kalksalpeter en Chilisalpeter waren aangezet. Afgezien van individuele verschillen voor de afzonderlijke rassen, bleken de hoogprocentige bietenrassen (van hoog drogestof-gehalte) vatbaarder te zijn voor een tekort aan B, dan de lager procentige rassen, waarbij speciaal groep 18 (dus met 18 % droge stof) een sterke aantasting door hartrot vertoonde (zie grafische voorstelling van de percentages licht en zwaar aangetaste bieten op pag. 160). In overeenstemming met de zwaardere aantasting bij groep 18 gaf ook het blad een lager B-gehalte te zien, dan bij de andere groepen. Het is echter niet waarschijnlijk, dat de verschillende resistentie voor hartrot in een uiteenlopende boriumbehoefte der diverse rassen gezocht zou moeten worden, of in een uiteenlopende totale boriumbehoefte (gerekend in het per ha opgenomen B). Factoren, die mogelijk het verschil in resistentie veroorzaken, zijn een ongelijke bladproductie alsook verschillen in de doorworteling van de grond.

BORIUM EN BEMESTING (hoofdstuk IV).

Uit het voorgaande mocht blijken, dat voor bieten en koolrapen de boriumvoorziening door de grond in vele gevallen al niet meer toereikend is, zodat hier boriumbemesting noodzakelijk is. Een belangrijke vraag, die zich hierbij voordoet, is in hoeverre ook voor andere gewassen gevaar bestaat voor een tekort aan beschikbaar borium. In hoofdstuk I, p. 123, is een schatting gegeven van de voorraad B, welke zich per ha in de bouwvoor bevindt. Op grond hiervan wordt afgeleid, dat bij een jaarlijkse onttrekking van 500 g B per ha door de elkaar opvolgende gewassen, de voorraad in onze zandgronden nog toereikend is voor een periode van 30—150 jaar.

Historisch beschouwd hangt het optreden van deficiëntieziekten, als gevolg van een tekort aan sporenelementen, samen met de ontwikkeling van het bemestingswezen en kunnen meer in het bijzonder drie factoren hiervoor verantwoordelijk worden gesteld:

1. Het naar verhouding afgenomen gebruik van organische meststoffen, die behalve door hun gehalte aan sporenelementen ook door het op peil houden van de structuur, het in omloop houden van deze elementen bevorderen.
2. De intensivering van de landbouw, door een toenemend gebruik van kunstmeststoffen, waardoor t.a.v. sommige sporenelementen hogere eisen aan de voorziening door de grond gesteld werden.
3. Het gebruik van gezuiverde en synthetische producten, waar-

door het evenwicht tussen hoofd- en neveneementen ernstig verstoord werd.

Een bespreking van diverse meststoffen doet zien, dat de natuurlijke kalizouten, Chilisalpeter, Thomasslakkenmeel en tot op zekere hoogte ook superfosfaat een bepaald gehalte aan sporenelementen bevatten. Borium blijkt hierbij alleen in belangrijke mate voor te komen in de kalizouten en Chilisalpeter. Sinds ook de kalizout-industrie is overgegaan tot de zuivering van haar producten, komen ook deze practisch niet meer als leverancier van B in aanmerking en is Chilisalpeter de enig overblijvende „natuurlijke” meststof, die dit element in belangrijke hoeveelheid (0,03 %) bevat. Het toenemend verbruik van synthetische meststoffen laat zich ook in Nederland gelden en het is zeker geen toeval, dat het eerste optreden van hartrot en bruin bij koolrapen — althans de ernstige verbreiding daarvan — omstreeks 1930, samenging met een sterk toegenomen gebruik van synthetische meststoffen, hetgeen voor de nitraatmeststoffen tot uitdrukking komt in de volgende cijfers:

1922/23	totaal N-verbruik 25.200 ton
	16 % synthetische nitraten (84 % Chilisalpeter).
1931/32	totaal N-verbruik 63.900 ton
	93 % synthetische nitraten (7 % Chilisalpeter).

Na het ontdekken van de oorzaak der genoemde ziekten (BRANDENBURG 1931) was men in dit opzicht gewaarschuwd en nam het gebruik van Chilisalpeter weer toe, terwijl ook borax als bestrijdingsmiddel van hartrot toepassing vond. Uit potproeven en veldproeven (zie speciaal tabel 34, p. 179, vergelijking chilisalpeter-synthetische nitraten), kwam vast te staan, dat in de meeste gevallen, ter voorkoming van hartrot, met een geregeld gebruik van chilisalpeter kan worden volstaan, zodat deze meststof ook ten aanzien van dit detailpunt zijn betekenis voor de Nederlandse landbouw heeft behouden. Gevallen waarin het B-gehalte van Chilisalpeter niet toereikend is komen voor, wanneer de voorraad beschikbaar B door slechte structuur, fixatie door overkalking of jarenlange bemesting met synthetische producten sterk is gedaald, waarbij dan bemesting met borax aangewezen is, evenals in vele gevallen voor de koolrapencultuur. Gewezen wordt hierbij op de moeilijkheid om de benodigde hoeveelheid borax gelijkmatig over het veld te verdelen, welke moeilijkheid voor natuurlijke meststoffen niet bestaat. Mede in verband met de geringe rendabiliteit van boraxbemesting, wordt het gebruik van minder oplosbare boraten in overweging gegeven, terwijl in een meer algemeen verband, ook ten opzichte van andere sporenelementen, een ruimere toepassing van natuurlijke meststoffen wordt aanbevolen, daarbij ook in het bijzonder het oog hebbende op meststoffen van organogene herkomst en de verwerking van de stedelijke afval. Zeer zeker schuilen in de toepassing van synthetische en gezuiverde producten grote gevaren, niet alleen voor de landbouw, maar ook voor de voeding van mens en dier.

HOOFDSTUK I

BORIUM EN GROND

DE VOORRADEN

Volgens CLARKE (1924) bestaat de aardkorst voor

- 50 % uit zuurstof,
- 25 % „ silicium,
- 22 % „ aluminium, ijzer, calcium, magnesium, natrium en kalium,
- 3 % „ waterstof, titaan, koolstof, chloor, broom, fluor, fosfor, zwavel, mangaan, barium, strontium en stikstof,

terwijl de overige 72 elementen nog geen 0,5 % in beslag nemen. Hiertoe behoort ook het borium, hetgeen reeds op een voorkomen op bescheiden schaal wijst. BERG (1932) heeft voor de elementen van de laatste groep een schatting gemaakt, waarbij borium met $1 \cdot 10^{-5}$ % ongeveer midden in de rij der elementen komt te staan en nog niet eens tot de zeer zeldzame gerekend behoeft te worden, waar hij groepen met 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} % en enkele nog zeldzamere edelgassen onderscheidt.

Vast staat dat zeewater relatief veel rijker is aan boraten, dan de aardkorst. De oudste opgave hierover is van DIEULAFAIT (1877), die 0,2 g B als minimum gehalte per m^3 opgaf. Volgens BERTRAND en AGULHON (1914) bevat $1 m^3$ zeewater 56,3 g H_3BO_3 (± 10 g B), hetgeen overeenkomt met 0,03 % B in zeezouten. GOLDSCHMIDT en PETERS (1932) onderzochten water uit de Atlantische Oceaan, uit de „Irminger See” bij Groenland en uit de Noordzee bij Helgoland en vonden in alle drie monsters B-gehalten, die van dezelfde orde waren als door BERTRAND en AGULHON gevonden, nl. 0,001 % in zeewater en 0,03 % op zeezout. Zij merken daarbij nog op, dat dit in goede overeenstemming is met de grootte-orde der boriumberichten, die door BILTZ en MARKUS (1910, 1911) in de zoutafzettingen van Stassfurt gevonden zijn. Afwijkende cijfers werden gegeven door IGELSRUD, THOMPSON en ZWICKER (1938), die in de kustwateren in het N.O. van de Stille Oceaan gehalten vonden van 0,0001—0,0005 % B, en een gemiddeld B-gehalte in zeezout van 0,0024 %.

Gezien het grote verschil in gehalte van aardkorst en zeewater behoeft het niet te verwonderen, dat enigszins belangrijke ophopingen van boraten eigenlijk alleen voorkomen als indamprest van zeewater en natuurlijke wateren, welke ten dele van vulkanische oorsprong zijn. Speciaal in Californië en Tibet komen alkalische meren voor, waaruit borax in grote hoeveelheden wordt gewonnen. Het bekende Borax Lake bevat zelfs 5 % boraat (CLARKE) als B_4O_7 .

Voor het voorkomen van borium in gronden zijn we grotendeels aangewezen op de analyses van GOLDSCHMIDT en PETERS (1932), die met de vonkenspectrograaf talrijke gesteenten, sedimenten en de as van verschillende land-, zee- en zoetwaterplanten onderzochten. Zoals op grond van het hoge B-gehalte van zeewater te verwachten was bleken sedimentaire ijzerertsen van mariene oorsprong en zeeklei-afzettingen een betrekkelijk hoog B-gehalte te bevatten tot 0,1 % B_2O_3 toe. Hierbij viel echter op, dat de geologisch oudere afzettingen rijker aan B zijn, dan de jongst gevormde sedimenten. Zo bevatten de eerstgenoemden gemiddeld 0,1 % B_2O_3 , terwijl in jongere zeeklei in doorsnee 0,03 % B_2O_3 gevonden werd.

Gesteenten en sedimenten van magmatische oorsprong bleken veel armer aan borium te zijn, hetgeen moge blijken uit de volgende samenvatting van de analyses van GOLDSCHMIDT en PETERS.

Eruptiefgesteenten:

Gemiddeld in 14 Duitse granieten	0,001	% B_2O_3
Gemiddeld in 11 Duitse gabbro's	0,001	% B_2O_3
Basalten, augiet, andesiet, obsidiaan enz.	0,0005—0,001	% B_2O_3

Mineralen uit magmatische gesteenten:

o.a. muscoviet en biotiet	0,0005—0,001	% B_2O_3
Kwartsmineralen	0,0000	% B_2O_3

Sedimenten:

Ijzerertsen (zoet water) meestal minder dan	0,0005	% B_2O_3
Bauxiet en kaolien	0,0005—0,001	% B_2O_3
Kiezelsedimenten (behalve van mariene oorsprong)	0,0000	% B_2O_3
Kalkstenen gemiddeld	0,001	% B_2O_3

Plaatselijk komen zeker gesteenten voor die rijker zijn aan borium, maar in de meeste van deze gevallen gaat het waarschijnlijk om pneumatolytische contactmineralen.

Ook gronden werden door hen op borium geanalyseerd, waarbij zij vonden, dat verweringsgronden op graniet en basalt aanmerkelijk armer aan B zijn, dan de holocene kleigronden en verweringsgronden op de oude zee-sedimenten van het Rijnland.

Verweringsgronden op graniet	0,0005—0,001	% B_2O_3
Verweringsgronden op kwartsiet	0,005 —0,01	% B_2O_3
Holocene kleigronden	0,005 —0,01	% B_2O_3
Roodaarden	0,001 —0,005	% B_2O_3

Het verschillende B-gehalte van gesteenten van magmatische en mariene oorsprong komt goed uit in de gewichtsverhouding $Al_2O_3 : B_2O_3$

Magmatische gesteenten	15000— 30000
Kleirijke verweringsproducten	35000—120000
Zeeklei-afzettingen (paleozoisch)	150
Zeeklei-afzettingen (recent)	500
Mariene ijzersedimenten	30

NEDERLAND

Op grond van bovenstaande onderzoeken kan men voor de kleigronden in Nederland met vrij grote waarschijnlijkheid aangeven, van welke grootteorde hun boriumrijkdom is.

Voor de zeekleigronden, die tot de jongere afzettingen gerekend worden, zou hieruit een percentage van ongeveer 0,01 % B aangenomen mogen worden. De rivierkleigronden langs de Rijn sluiten zich aan bij het Rijnland, waarvoor GOLDSCHMIDT EN PETERS een gehalte van 0,005—0,01 % B_2O_3 opgeven, overeenkomende met gemiddeld 0,002 % B, een gehalte dat relatief hoog is door menging met zeeklei.

Voor de zandgronden laat zich een schatting moeilijker maken, omdat ze van verschillende herkomst zijn (aangeslibd, stuifzanden, zeezand). We zullen hiervoor later langs andere weg een schatting trachten te maken, maar voorlopig aannemen, dat ze van magmatische oorsprong zijn en dus naar verhouding armer aan B dan de rivierklei.

Het blijkt dan dat deze, in grote trekken aangegeven verschillen, zich ook uiten in de praktijk van de landbouw. Als indicator op het B-niveau van de grond kennen we twee gewassen, die het gevoeligst zijn voor een tekort aan borium, t.w. bieten en koolrapen. Van deze zijn bieten weer het meest geschikt voor een vergelijking, omdat ze op groter schaal dan koolrapen en op alle grondsoorten verbouwd worden. Koolrapen reageren misschien sterker (zie hoofdstuk III), maar hierover ontbreken voldoende gegevens.

Hartrot, het kenmerk van boriumtekort bij bieten, werd in Nederland bv. reeds in 1929 vastgesteld te Vinkel-Nistelrode ¹⁾, in 1931 te Beesel (L.) ²⁾ en in 1932 o.a. bij Oploo-St. Anthonis ³⁾ (N.-B.) en Ell-Hunsel-Zwartbroek (L.) ²⁾, in welke laatste buurt ook weldra bruin van koolrapen werd geconstateerd. Het is achteraf niet meer met zekerheid na te gaan of de hier genoemde gevallen van hartrot ook de alleroudste gevallen in Nederland zijn. Dikwijls zal immers onbekendheid met de oorzaak ook de herkenning bemoeilijkt hebben. Vrij zeker mag echter worden aangenomen, dat het voor 1930 alleen om verspreide gevallen ging, terwijl na 1932 van vele kanten berichten binnen kwamen over het voorkomen van deze plantenziekte, waarvan men de bestrijdingsmethode sinds 1931 (BRANDENBURG) kent.

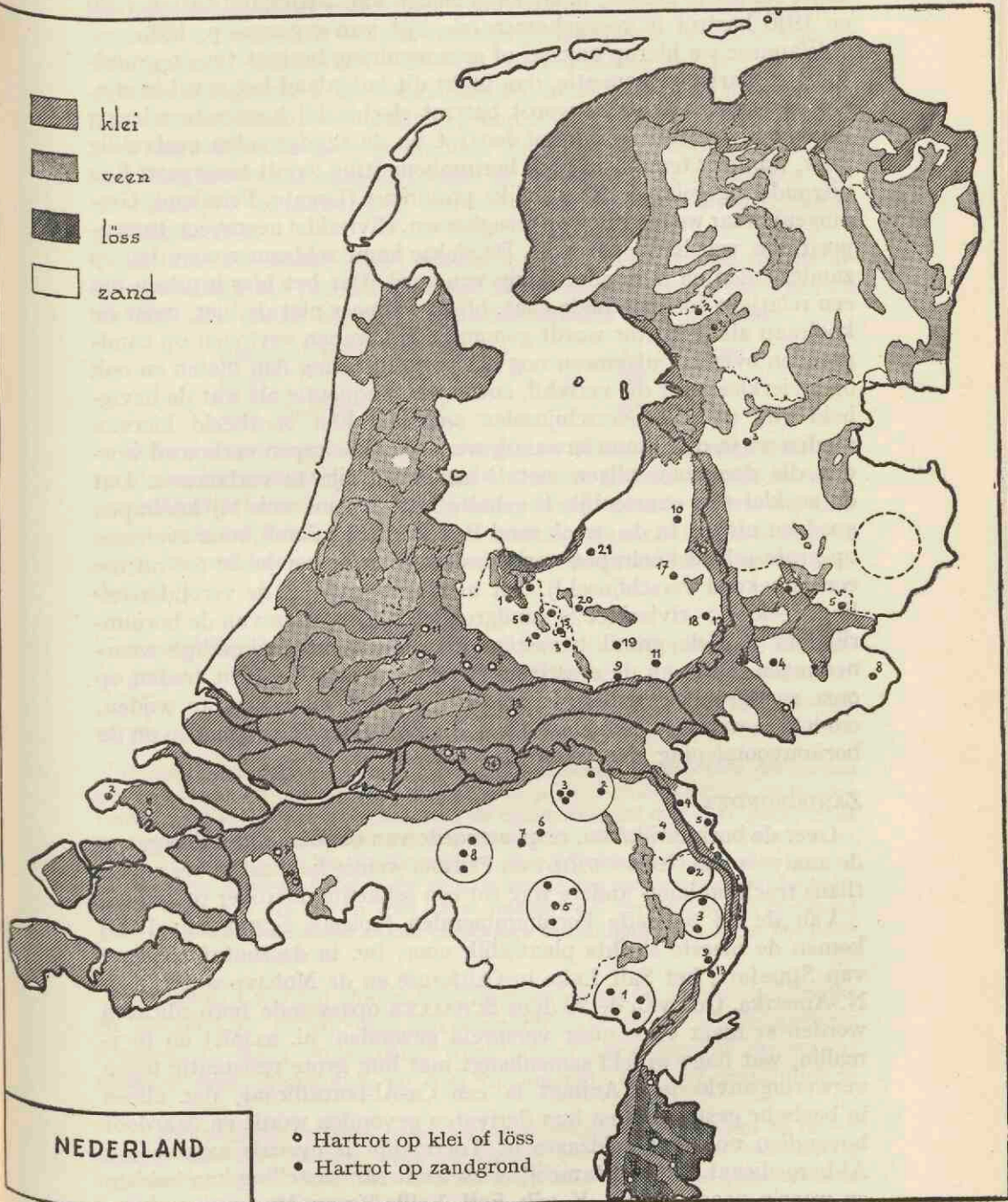
Met de gegevens, die mij welwillend beschikbaar werden gesteld door de Plantenziektekundige Dienst, het Inlichtings Bureau voor Chilisalpeter en H.H. landbouwconsulenten ⁴⁾ was het mogelijk een

1) Volgens mededeling van den heer PETERS, Hoofd van de L. Landbouwschool te Oss.

2) Volgens Ir. DEWEZ, Rijks-landbouwconsulent voor Limburg.

3) Volgens den heer SPRENKELS, Hoofd van de L. Landbouwschool te St. Anthonis.

4) Gaarne zeg ik allen, die mij bij het samenstellen van deze kaart behulpzaam waren, hiervoor dank.



Hartrot-kaart van Nederland.

kaart samen te stellen, in welke gebieden van Nederland tussen 1930 en 1940 hartrot is voorgekomen (zie lijst van gegevens p. 128).

Wanneer we hierop nagaan of er samenhang bestaat tussen grondsoort en hartrot-frequentie, dan blijkt dit inderdaad het geval te zijn. Op onze zeekleigronden wordt hartrot slechts bij hoge uitzondering gevonden. Daarentegen komt hartrot op de zandgronden veelvuldig voor, wanneer tenminste geen boriumbemesting wordt toegepast. Een uitzondering geldt de Noordelijke provincies (Drente, Friesland, Groningen), waar we later nog op terugkomen. Rivierklei neemt een tussenpositie in, wat hartrot betreft. De ziekte komt zeldzamer voor dan op zandgronden en is minder hevig van aard. Dat het hier intussen om een relatieve toetsmethode gaat, blijkt wanneer niet de biet, maar de koolraap als indicator wordt genomen. Koolrapen vertonen op zandgronden over het algemeen nog heviger aantasting dan bieten en ook op rivierklei geldt dit verschil, zowel wat frequentie als wat de hevigheid van de ziekteverschijnselen aangaat. Een voorbeeld hiervan vinden we in de Bommelerwaard, waar veel koolrapen verbouwd worden, die doorgaans alleen met B-bemesting zijn te verbouwen. Dat de zeeklei een aanzienlijk B-gehalte heeft, komt ook bij koolrapen goed tot uiting. In de streek rond Berlikum (Friesland), waar eveneens op grote schaal koolrapen verbouwd worden, is het bruin tot nu toe een onbekend verschijnsel ¹⁾. Tot hiertoe wordt dus de veronderstelling: zeeklei > rivierklei > zandgronden ten aanzien van de boriumrijkdom van de grond bevestigd door de landbouwkundige waarnemingen. Daar nu de ernstigste B-tekorten aan het licht treden op onze zandgronden, willen we thans hier meer aandacht aan wijden, om iets te weten te komen over het B-gehalte van deze gronden en de boriumvoorziening der planten.

ZANDGRONDEN

Over de boriumrijkdom, resp. armoede van onze zandgronden geven de analyses van GOLDSCHMIDT en PETERS weinig houvast en we zullen thans trachten langs andere weg tot een schatting hierover te komen.

Van de 56 bekende boriummineralen (volgens SCHALLER; 1929) komen de meeste slechts plaatselijk voor, bv. in de zoutafzettingen van Stassfurt, het Salt Lake in Californië en de Mohave woestijn in N.-Amerika. Ook van de 20 door SCHALLER opgesomde boro-silicaten worden er maar twee meer verspreid gevonden, nl. axiniet en toermalijn, wat ongetwijfeld samenhangt met hun grote resistentie tegen verweringsinvloeden. Axiniet is een Ca-Al-borosilicaat, dat alleen in basische gesteenten en hun derivaten gevonden wordt en daardoor bovendien nog zeer zeldzaam is. Toermalijn is evenals axiniet een Al-borosilicaat, dat een tamelijk wisselende samenstelling kan hebben en waarin naast Li, Na, K ook Fe^{II}, Fe^{III}, Mg en Mn kunnen voor-

¹⁾ Volgens Ir. VERHOEVEN van de Plantenziektkundige Dienst te Wageningen.

komen. Het komt in verschillende variëteiten in vrijwel alle klastische gesteenten voor en is bekend om zijn pleochroïsme, wat één van de belangrijkste kenmerken voor het determineren is. Het boriumgehalte is ongeveer 3 %. Reeds RÉNARD heeft er in 1889 op gewezen, dat het voorkomen van borium in gronden is te wijten aan de verwerking van toermalijnhoudende gesteenten. Zien we voor het ogenblik van de kleine kleifractie in zandgronden af, dan mogen we wel zeggen, dat de eigenlijke boriumreserve van deze gronden op hun toermalijngehalte berust.

DENNIS EN O'BRIEN (1937) vonden in Schotland een duidelijk parallelisme tussen het percentage bruin bij koolrapen en het door ELDER EN MC CALL (1936) bepaalde toermalijngehalte van de grond:

normaal toermalijngehalte	14 %	bruin
laag „ „	34 %	„
zeer laag of afwezig	61 %	„

Hoewel DENNIS en O'BRIEN betwijfelen of het toermalijn hiervoor rechtstreeks verantwoordelijk moet worden gesteld of alleen maar een indicator is voor de boriumrijkdom van de grond, menen wij deze laatste veronderstelling te moeten verwerpen, zoals in hoofdstuk II bij de bespreking van de boriumomloop in de grond nader wordt verdedigd ¹⁾.

Toermalijnbepaling in grond. Het leek ons nu gewenst enkele specifieke hartrotgronden op toermalijngehalte te onderzoeken, te meer waar een chemische totaalanalyse moeilijk uitvoerbaar is ²⁾. Deze bepaling geschiedde aldus:

De gronden werden verdeeld in fracties van verschillende grootten, die werden gewogen, waarna de fractie van 50—250 μ voor mineralogisch onderzoek verder werd verwerkt. Hiervoor werd de organische stof met H_2O_2 geoxydeerd en de resterende zandfractie met salpeterzuur houdend zoutzuur gewassen en gedroogd. Hieruit konden met bromoform (s.g. 2,9) de zware mineralen worden afgescheiden, waarvan het gewicht voor de berekening van het toermalijngehalte moest worden bepaald. Van deze zware fractie werd vervolgens een preparaat gemaakt in Canada balsam en het percentage toermalijnkorrels onder het polarisatiemicroscop geteld.

Onderzocht werden enkele hartrotgronden uit N.-Brabant, Utrecht en Gelderland, terwijl ook een veenkoloniale grond uit Sappemeer (Groningen) werd onderzocht, waar echter geen hartrot op geconstateerd was. Aanstonds zij hier opgemerkt, dat om verschillende

¹⁾ Een dergelijk verband tussen toermalijngehalte en bv. hartrot bij bieten kan in Nederland moeilijk meer vastgesteld worden, omdat vrijwel overal B-bemesting wordt toegepast. Ook de gegevens van vroeger jaren kunnen onderling niet vergeleken worden.

²⁾ Gaarne zeg ik op deze plaats dank aan Professor C. H. EDELMAN, die mij op zijn instituut werkruimte en apparatuur ter beschikking stelde, alsmede aan Dr R. D. CROMMELIN voor zijn hulp bij het determineren.

redenen de nauwkeurigheid van het eindresultaat niet groot kan zijn. Ten eerste geschiedt de telling op honderd tot honderdvijftig korrels, waarbij vrij grote schommelingen in onderlinge verhouding kunnen voorkomen. De bepaling houdt verder geen rekening met de grootte der korrels — die alleen beperkt is door de zeef-grens 50—250 μ — en met het s.g. der korrels, dat van 2,9 tot ± 4 kan variëren. Ten slotte is voor de omrekening op het totaal aangenomen, dat het toermalijn vrij gelijkmatig over alle fracties verdeeld is. Dat dit laatste niet tot ernstige fouten aanleiding behoeft te geven, moge blijken uit de fractieverdeling der onderzochte gronden, waarbij de fractie tussen 50 en 250 μ de hoofdschotel vormt.

TABEL 1.
Fractieverdeling der op toermalijn onderzochte gronden.

Plaats	Proefveld- houder	Fractieverdeling						Som van 50— 250 μ
		< 50 μ	50— 150 μ	150— 250 μ	250— 500 μ	500— 1000 μ	1 mm	
Vinkel	V. D. WESTE- LAEKEN	8	8	50	33	1,2	—	58%
Vinkel	HELVOIRT	8	16	48	27	1,6	—	64%
Vinkel	SANDERS	7	10	49	32	1,9	—	59%
Schayk	V. SON	7	12	54	24	2,5	0,2	66%
St. Anthonis	CORNELISSEN	8	14	50	26	2,8	0,1	64%
Oploo		16	20	34	24	5,5	0,8	54%
Diessen	REITHOVEN	15	28	43	13	1,4	0,2	71%
Soest	WANTENAAR	6	9	51	31	2,6	0,2	60%
Wageningen	(DORSCHKAMP)	7	9	18	32	29	6	27% ¹
Eerbeek	WILLEMS	16	40	33	8	2,3	0,6	73%
Ampsen	ROOD	12	12	40	28	8	0,7	52%
Sappemeer	E. G. MULDER	11	29	43	13	4	—	72%

¹) Bij de DORSCHKAMP-grond werd ook de fractie van 250—500 μ in de bepaling opgenomen, zodat hier de som 59 % bedroeg.

De fractieverdeling van deze gronden ontloopt elkaar niet zoveel, zodat op grond hiervan een onderlinge vergelijking toegestaan is. Uit de verschillende tellingen laat zich een middelbare fout (van het gemiddelde) van ± 13 % afleiden, zodat we in ieder geval uit de bepaling de grootteorde van het toermalijngehalte kunnen afleiden.

In onderstaande tabel zijn aangegeven het gehalte aan zware mineralen en de afzonderlijke tellingen, waaruit het toermalijngehalte, afgerond op honderdste procenten, is berekend. De tellingen zijn hier aangegeven op het totale aantal korrels en niet zoals gebruikelijk op het aantal doorzichtige korrels. Bij de telling werden ook verschillende op het eerste gezicht ondoorzichtige korrels als toermalijnen herkend.

TABEL 2.
Toermalijngehalte van enkele hartrot-gronden.

Proefveld	Provincie	% zware fractie	% toermalijn op zware fractie		Percentage toermalijn	
					op zware fr. gemiddeld	op grond
Vinkel (W)	N.-Brabant	0,25	15;	15	15	0,04
Vinkel (H)	"	0,47	20;	13	16,5	0,08
Vinkel (S)	"	0,28	16;	21	18,5	0,05
Schayk . . .	"	0,32	14;	19; 21	18	0,06
St. Anthonis	"	0,42	14;	20	17	0,07
Oploo . . .	"	0,44	11;	10	10,5	0,05
Diessen . . .	"	0,35	14;	15	14,5	0,05
Soest . . .	Utrecht	0,25	7;	7	7	0,02
Wageningen	Gelderland	0,62	5,4;	3,8	4,5	0,03
			2,8;	6,1		
Eerbeek . .	"	0,28	4;	7	5,5	0,015
Ampsen . .	"	0,53	8;	10	9	0,05
Sappemeer ¹⁾	Groningen	0,60	6;	10	8	0,05

¹⁾ Een veenkoloniale grond, die niet tot de hartrotgronden gerekend moet worden.

Het toermalijngehalte kan dus nog binnen betrekkelijk wijde grenzen variëren, nl. van 0,01⁵—0,08 % en hiermede het B-gehalte van de betreffende gronden van 0,0005—0,0025 % (0,5—2,5 m %). Bij vergelijking met de gegevens van GOLDSCHMIDT EN PETERS komt het eerste gehalte kennelijk in de buurt van het cijfer voor een magmatisch gesteente (0,001 % B₂O₃ = 0,0003 % B), terwijl het hoogste gehalte meer overeenstemt met het cijfer voor verweringsgronden op zandsteen (0,005—0,01 % B₂O₃ = 0,0015—0,003 % B).

Uit de tellingen kan men wellicht de indruk krijgen, dat de noordelijke provincies armer zijn aan toermalijn, dan de zuidelijke. Om hierover een meer algemeen beeld te krijgen, kunnen we belangrijke gegevens ontleenen aan het werk van EDELMAN (1933), die voor Nederland verschillende petrografische provincies onderscheidde en hun standaardsamenstelling, betrokken op zware fractie, aangaf. Weliswaar zijn deze petrografische provincies niet geografisch scherp begrensd en kunnen ze op verschillende plaatsen al of niet vermengd optreden, voor de verbreiding van toermalijn laten ze in grote trekken wel een conclusie toe.

Allereerst blijkt, dat in het stroomgebied van de Maas het percentage hoog is, hetgeen tot uiting komt in de cijfers voor:

B-Eysden-groep met 15 % toermalijn (gerekend op door-
B-Elsloo-groep met 10 % „ zichtige korrels in de
B-Limburg-groep met 30 % „ zware fractie.)

Bij een latere bewerking van dit gebied door EDELMAN EN VAN BAREN (1935) bleek ook het Brabantse stroomgebied van de Maas nog vrij veel toermalijn te bevatten, gemiddeld 15 %. Waarschijnlijk mag dan ook het vrij hoge gehalte van de in tabel 2 vermelde Brabantse gronden, die alle in de Oosthoek gelegen zijn, hiermede in verband gebracht worden.

Kenmerkend voor het stroomgebied van de Rijn zijn de
 B-Lobith-groep met 2 % toermalijn en de
 B-Saussuriet-groep. met 2 % toermalijn,

terwijl ook de latere onderzoeken van EDELMAN (1934) en van CROMMELIN (1938) in het stroomgebied van de Rijn, Lek, Waal en Merwede dit gehalte bevestigden.

Verder kunnen de meeste diluviale zanden in Nederland samengesteld gedacht worden uit de A-groep (2 % T.), de X-groep (3 % T.) en de B-Saussuriet-groep, waarbij in het Noorden de minder verbreide B-Scheemda-groep (25 % T.) het toermalijngehalte kan ophogen, terwijl in Midden-Nederland en Noord-Brabant ook de invloed van de B-Elsloo en B-Limburg-groep merkbaar is. Het is daardoor moeilijk een algemene uitspraak over deze gronden te geven. Wel kunnen we uit de literatuur de gegevens voor enkele gebieden samenstellen, waarbij de volgende gemiddelden gevonden worden:

Overijsel, Achterhoek	3 %	(EDELMAN '33)
Hilversumse heide	4 %	(„)
Noord-Brabant	6 %	(„)
Noord-Brabant (Oosthoek)	6 %	(v. BAREN '34)
Veluwe	2 %	(„)
Gelderse Vallei	3 %	(CROMMELIN '38)

We kunnen deze gegevens niet verder omrekenen, omdat alleen doorzichtige korrels zijn meegerekend en omdat het percentage zware mineralen niet bekend is. Ze doen echter vermoeden, dat de Noordelijke gronden armer zijn aan toermalijn, dan de Zuidelijke.

KLEIGRONDEN

In aansluiting op de voorafgaande beschouwingen over de minerale reserve van zandgronden willen we ook nog enkele opmerkingen maken over de vorm, waarin borium in de klei voor zou kunnen komen. Ook hiervoor leveren de analyses van GOLDSCHMIDT EN PETERS enige aanknopingspunten. Waar het oorspronkelijke B-gehalte der magmatische gesteenten zeer laag is, gaat het hier waarschijnlijk niet om bepaalde boriummineralen, maar om ingesloten borium, hetzij dat dit op mengkristalvorming berust, hetzij dat aan roosterstoornissen gedacht

moet worden. Kwarts schijnt volgens deze analyses hiervoor niet in aanmerking te komen, wel wordt medegedeeld, dat biotiet en amfibool wat borium schijnen op te kunnen nemen. Ook in muscoviet, bauxiet en kaolien werd een gering percentage aan B gevonden. Dezelfde auteurs menen verder, dat de in kleisteen en glimmerschisten aangetroffen toermalijnen daarin nieuw gevormd zouden kunnen zijn uit de in zeewater voorkomende boraten (metamorfe omzettingen). Waarschijnlijk klinkt dit echter alleen voor die gevallen, waarbij temperatuurverhoging in het spel was. Ook het primair voorkomen van toermalijn in de kleifractie lijkt op grond van zijn fysische eigenschappen niet erg waarschijnlijk. BARTH, CORRENS EN ESKOLA geven in „Die Entstehung der Gesteine” (1939) enkele voorbeelden van de verdeling van mineralen over de verschillende fracties. Kwarts schijnt beneden 2μ niet meer voor te komen, sterk lichtbrekende mineralen eveneens beneden 2μ niet meer. In een enkel voorbeeld van een blauwe zeeklei kwam zirkoon en toermalijn alleen boven 20μ voor. De rijkdom van de zeeklei berust op de uit het zeewater, bij het uitvlokken der kleideeltjes, meegenomen boraten, hetgeen een homogene verdeling doet veronderstellen. Hoewel hierbij niet aan een adsorptie in de zin van uitwisselbare anionen in de dubbellaag der deeltjes gedacht hoeft te worden, lijkt een adsorptie van boorzuur op of in de buitenste roosterlaag aannemelijk.

B IN HUMUS

Weinig aandacht is tot nu toe besteed aan het B-gehalte van de organische stof-fractie van de grond. Gezien het voorkomen van borium in bijna alle plantensoorten, bestaat de mogelijkheid, dat bij het humificeringsproces een concentratie van asbestanddelen, waaronder ook borium, plaats heeft. Daar tussen humificerings- en inkolingsproces een zekere paralleliteit verwacht mag worden, onderzochten we eerst enkele koolsoorten op hun borium-gehalte (titrimetrisch), waarbij het volgende gevonden werd.

TABEL 3.
Boriumgehalte van turf en koolsoorten.

	% B	% as	% B op as
Turf (hoogveen)	0,0007 %	1,42 %	0,048 %
Turf (laagveen)	0,0018 %	8,92 %	0,020 %
Bruinkool	0,0020 %	7,35 %	0,027 %
Steenkool	0,0006 %	5,29 %	0,011 %
Anthraciet	0,0003 %	3,03 %	0,011 %
<i>Gottschall (1935)</i>			
Bruinkool	0,0103 %	13,48 %	0,139 %
Steenkool	0,0008 %	7,18 %	0,011 %

Deze enkele cijfers laten niet toe een conclusie te trekken over een eventuele concentratie van B, hetzij in de kool of in de as. Wel laat zich een schatting geven voor het B-gehalte van humuszuur, waar bruinkool voor het grootste deel uit humuszuren bestaat (zie bv. KREULEN; 1939). Nemen we bovenstaande waarden van 0,002—0,01 als basis aan, dan zou een humusandgrond met 5 % humus van 0,0001—0,0005 % B bevatten, op grond van zijn gehalte aan organische stof. Dit percentage zou in grootteorde overeenkomen met het B-gehalte van magmatische gesteenten (0,0003 %) en dus niet te verwaarlozen zijn.

Nadat we erin geslaagd waren, met de colorimetrische analyse-methode (deel I, pag. 40) met chinalizarine hoeveelheden van 1—10 γ , met een nauwkeurigheid van ± 10 % aan te tonen, onderzochten we nog nader het B-gehalte van de organische stof in de reeds eerder vermelde hartrotgronden.

Hiervoor werd telkens 5 g grond met 1—2 cm³ n NaOH alkalisch gemaakt, gedroogd en in platina verast, waarna met in totaal 100 cm³ gedestilleerd water geëxtraheerd werd (opkoken in Pt-schaal). Het extract, dat alkalisch moest reageren, werd dan afgefiltreerd en met toevoeging van nog 1 cm³ n NaOH in platina ingedampt, in een droogstoof gedroogd en tot tegen het smeltpunt verhit, om resten organische stof te vernietigen. De zoutrest kon daarna zoveel mogelijk droog in een destillatiekolf worden overgebracht, nagespoeld met 0,5 cm³ water en 1—1,5 cm³ st. zwavelzuur. Gedestilleerd werd met 10 cm³ methylalkohol, terwijl tijdens de destillatie nog 10 cm³ werd bijgedruppeld. Het destillaat vingen we op in 5 cm³ 0,1 n NaOH, waarna het op het waterbad werd drooggedampt, nogmaals zwak gegloeid en daarna opgenomen in 2 cm³ 0,005 % oplossing van chinalizarine in sterk zwavelzuur en verdund met 2 cm³ zwavelzuur van een s.g. 1,62. Deze oplossing kon na een uur staan vergeleken worden met een geijkte standaard-cuvet.

Hierbij werden de volgende resultaten verkregen: (zie Tabel 4).

In bovenstaande bepalingen zijn tevens enkele contrôlebepalingen verwerkt. Bijzondere waarde als zodanig heeft nog een analyse van de Sappemeer-grond volgens de titrimetrische methode. Hiervoor was met behulp van CCl₄ de organische stof grotendeels van het zand afgescheiden, zodat hierin een bepaling als in plantaardig materiaal kon worden gedaan. Langs deze weg werd tweemaal 1,9 m % B gevonden. Eveneens werd uit Diessen-grond met CCl₄ een fractie met 30 % organische stof afgescheiden, waarin resp. 1,3, 1,5 en 1,5 m % B (op organische stof) werd gevonden.

Aangezien we bij plantaardige analyses de ervaring hadden opgedaan, dat een alkalisch extract van plantenas een lager B-gehalte opleverde dan de rechtstreeks met H₂SO₄ en methylalkohol gedestilleerde as, werden ook enkele grondmonsters na alkalische verassing van de organische stof met verdund H₂SO₄ geëxtraheerd, weer alkalisch gemaakt, gefiltreerd en daarna als boven verder verwerkt. Hierbij werden waarden gevonden, die weliswaar hoger lagen dan de met

TABEL 4.

B-gehalte in organische stof-fractie van hartrot-gronden.

Proefveld	% org. stof	γ B per 5 g grond	m % B op org. stof	m % B op grond (ongerekend B in minerale reserve)
Vinkel (W) . .	4,8	3,1; 3,0	1,3 m %	0,06 m %
Vinkel (H) . .	3,9	3,8; 3,5	1,9 m %	0,07 m %
Vinkel (S) . .	4,9	3,0; 3,9	} 1,4 m %	0,07 m %
" " ¹⁾ . .	—	3,1; 3,8		
Schayk	5,4	2,9; 2,7	1,0 m %	0,06 m %
St. Anthonis . .	3,4	3,9; 4,1	} 2,0 m %	0,07 m %
" ²⁾ . .	—	2,9; 3,5		
" ³⁾ . .	—	3,2; 3,7		
" ⁴⁾ . .	—	3,4; 3,4		
Oploo	6,3	4,0; 3,6	1,2 m %	0,08 m %
Diessen	4,6	2,9; 3,0	1,3 m %	0,06 m %
		3,3; 2,8		
Soest	4,7	3,1; 3,3; 4,4	1,4 m %	0,07 m %
Wageningen . .	3,3	3,8; 4,4; 3,6	2,4 m %	0,08 m %
Eerbeek	4,6	3,9; 3,2	1,5 m %	0,07 m %
Ampsen	9,8	7,3; 6,6	} 1,4 m %	0,14 m %
		6,0; 6,8		
Sappemeer . .	16,5	9,4; 10,0	1,2 m %	0,19 m %
		11,0		

1) Opgelost in 2 inplaats van 4 cm³ zwavelzuur — chinalizarine.

2) Uitgevoerd met 10 inplaats van 5 g grond.

3) Met NaOH een humusextract gemaakt van 5 g grond en geanalyseerd.

4) Met NaOH een humusextract gemaakt van 10 g grond en geanalyseerd.

alkalisch extraheren verkregene, maar die slecht reproduceerbaar bleken te zijn, zodat hieraan geen waarde kan worden toegekend.

We willen op grond hiervan aan bovenstaande cijfers geen grotere nauwkeurigheid toekennen dan van $\pm 30\%$. Voor een onderlinge vergelijking der gronden zou derhalve een diepergaand onderzoek over de te volgen extractiemethode en de optredende homogeniteitsverschillen der grondmonsters nodig zijn. De cijfers leveren ons echter een indruk over het boriumgehalte van de humusfractie in de grond, welk gehalte we op 1—3 m % (0,001 tot 0,003 %) kunnen schatten. Het gehalte aan organisch gebonden borium ligt daardoor voor de meeste zandgronden nog beneden 0,1 m % (0,0001 %), hetgeen uit een oogpunt van reserve naast de minerale reserve een geringe rol speelt. Wel moet bij de beoordeling der cijfers rekening worden gehouden met het feit, dat de grondmonsters aan het einde van een groeiperiode (op niet met B bemeste percelen) genomen waren. Uitzonderingen vonden we bij de gronden Ampsen en Sappemeer, waar de grotere boriumrijkdom samengaat met een hoger gehalte aan organische stof.

Voor de boriumomloop kan het organisch gebonden borium van grote betekenis zijn (zie hoofdstuk II) en waarschijnlijk ligt dan ook de verklaring voor het geringe optreden van hartrot op de zandgronden in onze Noordelijke provincies voor een belangrijk deel in het hoge gehalte aan organische stof van vele veenkoloniale gronden. Een typisch voorbeeld hiervan vormt de grond uit Sappemeer. Dat de grond uit Ampsen tot de hartrot-gronden gerekend moet worden vindt, blijkens een mededeling van Ir. CLEVERINGA, zijn oorzaak in structuurbederf, samenhangend met vergraving en slechte ontwatering.

LIJST VAN GEGEVENS, BEHORENDE BIJ DE HARTROT-KAART
OP PAG. 119.

PLAATSEN IN NEDERLAND, WAAR IN DE LOOP DER LAATSTE TIEN
JAAR HARTROT WERD WAARGENOMEN.

Groningen.

In N.-Groningen komt hartrot op klei- en zavel-gronden alleen sporadisch voor (Ir. MEYERS). In Z.-Groningen werden geen gevallen van hartrot geconstateerd (Ir. DIJKSTRA).

Friesland.

Ook in Friesland werden tot nu toe geen verschijnselen van borium tekort waargenomen (Ir. SPITHOST).

Noord-Holland.

Gegevens ontbreken.

Zuid-Holland.

Hartrot komt practisch niet voor (Ir. v. RIEL, Ir. v. D. MEER).

Zeeland.

Volgens de beschikbare gegevens komt hartrot alleen sporadisch voor. (Ir. DROOGENDIJK). Een enkel geval kwam ons ter ore — Zierikzee (1) en Haamstede (2) dit laatste op zand. (Hr. v. HEEL).

Drente.

Geen mededelingen over B-tekort. Volgens de beschikbare gegevens zou hartrot hier niet voorkomen en ook moeilijk tot uiting kunnen komen, door een vrij regelmatig gebruik van chilisalpeter.

Overijsel.

Volgens Ir. VELDMAN werd boriumtekort op meerdere plaatsen in O.-Overijsel gevonden, zeer weinig of niet langs de Vecht. Gedetailleerde opgaven ontbreken.

Bekend zijn drie gevallen op zandgrond, nl. te Steenwijk op het landgoed „de Eeze" (1), te Willemsoord (2), waar bruin in koolrapen werd gevonden (Ir. VERHOEVEN) en te Dalfsen (3).

Gelderland.

Achterhoek: Volgens Ir. CLEVERINGA komt hier hartrot niet in belangrijke mate voor, alleen op plekken waar duidelijke fouten in de structuur bestaan. Waargenomen werden de volgende gevallen:

- (1) Etten bij Terborg¹⁾. Zware rivierklei. Hartrot op gekalkte strook, zelfs bij permanente bemesting met chilisalpeter (1934).
- (2) Nijbroek. Lichte kleigrond. Proefveld met drie kalktrappen en drie graden van hartrot. (1934).
- (3) Hummelo. Esgrond. Vooral op kalkrijke percelen. (1935).
- (4) Zelhem. Esgrond. Ondoelmatige groundbewerking. (1935).
- (5) Neede. Op heideontginning plaatselijk hartrot op een hoogliggende zandoerbank met structuurbederf in de bouwvoor. (1935).
- (6) Ampsen bij Lochem. Vergraven zandgrond, slechte ontwatering en daarmede samenhangend structuurbederf. (1936).
- (7) Harreveld. Ontgonnen bouwland, overstroming met beekwater en daaropvolgend structuurbederf.
- (8) Winterswijk. (Opgave Ir. VERHOEVEN) (1936).

Veluwe: Ook hier werden gevallen van hartrot bekend.

- (9) Wageningse berg. Slechte structuur, lage pH, (1935) zandgrond.
 - (10) Epe, zandgrond (1937, 1938). (Ir. VERHOEVEN).
 - (11) Schaarsbergen, zandgrond. (Proefveld Chili-Mij).
 - (15) Scherpenzeel, zandgrond.
- Ir. ADDENS deelde nog de volgende gevallen mee, merendeels op pas ontgonnen grond: (17) Apeldoorn, (18) Eerbeek-Hall, (19) Ede, (20) Barneveld, (21) Putten. De laatste drie waren van minder ernstige aard. In Nunspeet was de aantasting van koolrapen door bruin zo hevig, dat deze cultuur moest worden stopgezet!

Rivierklei: Verder werden nog enige gevallen bekend op rivierklei nl.

- (12) Brummen (IJssel) (1935; opgave Ir. VERHOEVEN).
- (13) Geldermalsen. Bruin in koolrapen. (Idem).
- (14) Brakel in Bommelerwaard. Volgens Ir. VERHOEVEN komt het bruin in koolrapen in de gehele Bommelerwaard langs de rivieren voor (16).

Utrecht.

Dr. VAN DAALen deelde ons de volgende gevallen van borium-gebrek mee.

Zandgrond: (1) Soest, (2) Hoogland, (3) Renswoude, (4) Woudenberg, (5) Leusden, (6) Achterveld.

Rivierklei: (7) Houten, (8) Bunnik, (9) Werkhoven, (10) Montfoort (proefveld Chili-Mij).

Humeuze klei: (11) Harmelen, door overkalking. Dit is een oud geval van voor de ontdekking van de oorzaak.

Borium tekort komt in de zandstreken herhaaldelijk voor, op de klei meer verspreid en minder dikwijls. Op de zandgronden wordt het meestal op de oude bouwlanden aangetroffen.

Noord-Brabant.

In N.-Brabant komt hartrot zeer verspreid voor op de zandgronden. Het Inlichtings Bureau voor Chilisalpeter legde hier op de volgende plaatsen proefvelden aan.

- (1) Schaaik, (2). Zeeland (reeds in 1932).
- (3). Omgeving Vinkel, Loosbroek, Nistelrode.
- (4). Omgeving St. Anthonis, Oploo.
- (5). Omgeving Eindhoven, Waalre, Acht, Nuenen.
- (6). Schijndel, (7). Boxtel.
- (8). Omgeving Tilburg, Udenhout, Diessen.

¹⁾ In 1938 deden zich te Etten op drie proefvelden hartrotverschijnselen voor.

Ook op het West Brabants kleigebied (overgang naar zand) kwamen gevallen van hartrot voor (9) in de omgeving van Kruisland en (10) ten Zuiden van Rozendaal.

Limburg.

Volgens Ir. DEWEZ kwam hartrot in de laatste 4—5 jaren zeer veel voor. Bij de zandgronden het sterkst op min of meer overkalkte, humusrijke en goed vochthoudende zandgronden. Zeer ernstige gevallen kwamen voor:

(1). Omgeving Weert, Swartbroek, Ell, Stamproy, Hunsel. Hierbij kan opgemerkt worden, dat Swartbroek evenals Zeeland en Vinkel in N.-B. tot de oudst bekende gevallen van hartrot behoren.

(2). Omgeving Venray, Leunen, Oostrum, Meerlo, Oirlo, Castenray.

(3). Omgeving Sevenum, Horst, Amerika.

Verder op lichte humusarme zandgrond.

(4) Heijen, (5) Siebengewald, (6) Well, (7) Arcen, (8) Velden, alle langs de Maas evenals (9) Kesseleik en (13) Beesel.

Vele gevallen op de lössgronden in Zuid-Limburg waren minder erg in aantasting, dan de gevallen op humusrijke zandgrond. (10).

Ook op verweringsgrond werd hartrot aangetroffen in de omgeving van Witten, Margraten en St. Geertruid (11).

Tenslotte kwam een zeer ernstig geval voor bij suikerbieten op beekkleigrond onder Nieuwstadt. (12).

HOOFDSTUK II

OVER DE BORIUM-HUISHOUDING VAN DE GROND

Nadat in het vorige hoofdstuk een schatting werd gemaakt over de boriumvoorraad van de grond, rijst de vraag in hoeverre dit borium beweeglijk — en dus voor de plant opneembaar — is. Hiermede komen we op het terrein van de boriumomloop in de grond, waarvoor de volgende factoren van belang zijn:

1. Hydrolyse van boro-silicaten.
2. Toevoer van B door het inspoelen van regenwater.
3. Vastlegging van B door Ca(OH)_2 of CaCO_3 .
4. Structuur en watervoorziening.
5. Afvoer van B door de plant.
6. Afvoer van B door uitspoelen.

1. *Hydrolyse van boro-silicaten.*

In hoofdstuk I werd opmerkzaam gemaakt op het toermalijngehalte van zandgronden, waaruit de meeste landbouwgewassen blijkbaar nog voldoende B kunnen putten (zie hierna de uitputtingsproef, pag. 135). Door mineralogen wordt vaak in twijfel getrokken, of de geringe verwerking van toermalijn voor de plant van enige waarde kan zijn, zulks op grond van de ervaring, dat toermalijn een zeer resistent mineraal is, zelfs bestand tegen de inwerking van sterke zuren. Zo menen DENNIS & O'BRIEN (1937) dat het B uit toermalijn waarschijnlijk niet voor de plant beschikbaar komt. Waar zij aan de andere kant waargenomen hebben, dat in Schotland op gronden met een normaal toermalijngehalte minder bruin wordt gevonden dan op gronden waar toermalijn zelden of niet voorkomt, menen zij het toermalijngehalte alleen als een indicatie te kunnen gebruiken voor de B-rijkdom van de grond. Natuurlijk hoeft het voorkomen van B niet beperkt te zijn tot toermalijnen, maar kunnen ook silicaten verontreinigd zijn met boraat, waarbij men aan mengkristalvorming of aan toevallige roosterstoornissen kan denken.

Over het vrijkomen van B uit toermalijn kan men zich uit de volgende proefjes enig idee vormen. Vooraf zij opgemerkt, dat op de meeste zandgronden bij een gewas als mosterd B-gebrekverschijnselen nagenoeg niet voorkomen. In 1937 (HUDIG EN LEHR 1938) voerden wij met mosterd op zuiver glaszand een proef uit, waarbij enerzijds duidelijke deficientieverschijnselen optraden, maar waarvan analyse aantoonde, dat per pot met 2,5 kg glaszand nog vrij aanzienlijke hoeveelheden borium door de planten waren opgenomen, nl. van 214

tot 488 γ B per pot. Hierbij waren geen klei- of humusfracties in het spel, terwijl met de chemicaliën en het gedestilleerde water hoogstens enkele γ 's B ingebracht konden zijn. Bij mineralogische analyse bleek dit zand (geleverd door de glasfabriek Leerdam) ongeveer 0,03 % toermalijn te bevatten. Dat dit gehalte betrekkelijk hoog is, moge blijken uit een vergelijking met enkele andere glaszandsoorten, t.w.:

Glaszand „Leerdam” (afkomstig uit Mol, België)	0,028 %	toermalijn
Glaszand „Maastricht”	0,004 %	„
Glaszand „Hohenbocka” grof } ¹⁾	0,000 %	„
„ „Hohenbocka” fijn }	0,010 %	„

Glaszand „Sazava” (Bohemen) in gebruik bij de glasfabriek Kavalier voor de bereiding van B-vrij glas 0,001 % „

Proef 1. Om de samenhang tussen toermalijngehalte en B-gebrekverschijnselen na te gaan, werd in 1939 een proef opgezet met de glaszandsoorten „Leerdam”, „Maastricht” en „Sazava”, terwijl bovendien „Sazava” met 0,06 % toermalijn ($< 50 \mu$) werd ingelast.

De proeven werden in duplo uitgevoerd met mosterd als gewas. Als bemesting werd gegeven 0,536 g CaHPO_4 , 0,248 g KCl, 0,307 g MgSO_4 , 0,031 g MnSO_4 en 0,9 g NaNO_3 met enkele dr. FeCl_3 opl., alles als pro analyse zouten.

Aanvankelijk stond de mosterd op „Sazava” beter dan „Maastricht” en veel beter dan „Leerdam”. Later wijzigde zich het aanzien der planten aanzienlijk en in het bloeistadium traden bij de planten op Sazava- en Maastrichtzand ernstige gebrekverschijnselen op. En wel kwamen de bloemen bij „Sazava” zeer onvolledig uit en verdroogden grotendeels. Ook het blad vertoonde typische ziekteverschijnselen. Op Maastricht-zand stonden de planten het slechtst van de gehele serie, werd de bloei vroegtijdig gestoord en waren ook de bladeren hard en verdroogd. Daarentegen stonden de planten op Leerdam-zand, hoewel minder uitgegroeid, goed met grote gezonde bladeren; ze bloeiden normaal en zetten vrij goed vrucht. Tenslotte was de stand der planten bij Sazava + toermalijn aanmerkelijk beter dan bij Sazava alleen. Ze waren verder uitgegroeid en bloeiden, maar zetten minder goed vrucht dan op Leerdam-zand.

TABEL 5.
Toermalijn-proef (1). Drooggewicht stengels, blad en hawwtjes.

Zandsoort		Stengels	Blad	Hawwtjes	Totaal
Sazava	A	5,4 g	1,90 g	0,27 g	7,6 g
	B	5,5 „	2,09 „	0,14 „	7,7 „
Sazava + toermalijn	A	5,15 „	1,45 „	1,20 „	7,8 „
	B	6,15 „	1,69 „	1,15 „	9,0 „
Leerdam	A	4,3 „	1,44 „	1,96 „	7,7 „
	B	3,95 „	1,41 „	1,77 „	7,1 „
Maastricht	A	5,05 „	2,54 „	—	7,6 „
	B	5,05 „	2,52 „	—	7,6 „

¹⁾ Dit glaszand kregen wij door bemiddeling van Dr. SCHRÖPP te Weihenstephan, die dit zand voor physiologische proeven gebruikte.

TABEL 6.

Proef 1. Vruchtzetting en zaadvorming bij toermalijnproef.

Zandsoort		Aantal Hauwtjes		Opbrengst zaad	Gemiddelde zaad- opbrengst
		gebrekkig gevormd	goed of vrij goed		
Sazava	A	10	8	106 mg	0,10 g
	B	8	10	93 „	
Sazava + toermalijn	A	7	90	873 „	0,83 „
	B	—	84	780 „	
Leerdam	A	—	135	1526 „	1,49 „
	B	—	111	1458 „	
Maastricht	A	—	—	—	0,00 „
	B	—	—	—	

TABEL 7.

Proef 1. Borium gehalte en totaal opgenomen hoeveelheid per pot.

Zandsoort	Stengels + blad	Hauwtjes	Opgenomen per pot
Sazava	1,7 m %	—	gemiddeld 122 γ
	1,5 m %		
Sazava + toermalijn	2,4 m %	2,6 m %	200 γ
	2,1 m %		
Leerdam	6,8 m %	6,3 m %	520 γ
	7,5 m %		
Maastricht	1,5 m %	—	112 γ
	1,4 m %		

Het verschil in toermalijngehalte komt in de opbrengstcijfers eerst tot uiting bij vruchtwand en zaad, daarentegen wijzen de analysecijfers voor stengel + blad een groot verschil aan voor Leerdam-zand enerzijds en Sazava- of Maastricht-zand anderzijds. Door de toermalijntoevoeging aan Sazava-zand werd de algehele gezondheidstoestand der planten aanmerkelijk verbeterd, zodanig, dat de zaadproductie van 0,10 tot 0,83 g per pot steeg. Ook het boriumgehalte der planten is duidelijk hoger dan dat der planten zonder toermalijntoevoeging, zodat per pot $\pm 80 \gamma$ meer opgenomen werd. Een zekere verwerking blijkt dus tijdens de proef te hebben plaats gehad, al zou men zich het effect groter of althans aequivalent met het effect van Leerdam-zand gedacht hebben. Noodzakelijk is dit echter niet, omdat hierbij ook de fijnheid van verdeling, de toermalijnvariëteit en de graad van voorverwerking een rol zullen spelen. De hier toegepaste toermalijn was een bruine variëteit en nog geheel onverweerd.

In de literatuur vinden we een mededeling van EATON (1935), die

planten liet groeien in fijngepoederd toermalijn, waarbij zich geen B-gebrekverschijnselen voordeden. Ook LÖHNIS (1937) deelt mee, dat toevoeging van fijngepoederde toermalijn aan watercultures in staat was het optreden van ziekteverschijnselen bij bonen en tomaten te voorkomen. Terwijl op zichzelf dus vrijwel vaststaat, dat toermalijnen met een merkbare snelheid hydrolyseren, is het interessanter op te wijzen, dat BASSALIK (1913) een aanzienlijke versnelling van de hydrolyse door bodembacteriën vond. Zo vond hij bij de inwerking van *Bacillus extorquens* op toermalijn, na een inwerkingstijd van 100 tot 200 dagen, een gewichtsverlies van 2 tot 3 %. Op het veld heeft men bovendien nog met de HCO_3 -afscheiding der wortels te maken.

Uitputting van de grond? Met de hydrolyse van boriumhoudende mineralen kan men nu een verklaring geven voor het feit, dat de meeste landbouwgewassen op onze zandgronden nog voldoende B beschikbaar vinden en dat de grond zich ook na een ernstig hartrot-jaar weer ten dele herstelt. Indien men een scheiding zou willen maken tussen onbewegelijk B in de minerale reserve en voor de plant beschikbaar B zou men op grond hiervan moeten aannemen, dat ook andere landbouwgewassen dan bieten en koolrapen spoedig de beschikbare boriumvoorraad zouden verbruiken.

In 1937 voerden HUDIG & LEHR (1938 *a* en *b*) potproeven uit op een arme zandgrond van het proefveld „de Dorschkamp” (Wageningse Berg), waarop in 1935 hartrot was vastgesteld en die ook in jaren niet met borium was bemest. Kenmerkend voor deze grond waren zijn laag gehalte aan organische stof (3,3 %), lage pH (± 5), zijn geringe watercapaciteit (20 % collaps) en het slechte waterverplaatsingsvermogen, waardoor hij voor het nemen van deficiëntieproeven zeer geschikt leek. Zoals in hoofdstuk IV nog nader omschreven wordt, deden zich in deze proeven op Dorschkamp-grond bij bieten ernstige hartrotverschijnselen voor — die voor een belangrijk deel door Chilisalpeterbemesting waren te voorkomen —, terwijl mosterd generlei symptomen van B-tekort vertoonde of in opbrengst op toevoeging van borium reageerde.

Uit de analyses van het verkregen materiaal kon nu berekend worden hoeveel borium deze gewassen per pot hadden opgenomen, welke hoeveelheden we enigermate als een maatstaf kunnen beschouwen voor het „beschikbare borium”.

Voor de bieten bedroeg dit:

(zonder B-toevoeging)	1050—1200 γ B per 7,5 kg.
met 2280 γ B per pot.	2300 γ d.i. 1100 γ extra.
met 4560 γ B per pot.	3400 γ d.i. 2200 γ extra.
met 6840 γ B per pot.	4100 γ d.i. 2900 γ extra.

Bij B-bemesting werd dus ongeveer de helft van de toegevoegde hoeveelheid per pot extra opgenomen. Gerekend op een factor 2 zou

dus het beschikbare borium $\pm 2,5$ mg per 7,5 kg grond bedragen.

Neemt men aan, dat de bovenste grens van de hoeveelheid beschikbaar borium bepaald wordt, door de hoeveelheid die zich in organische binding bevindt, dan bedraagt deze op 7,5 kg grond met 3,3 % organische stof (2,5 m % B) 6 mg B.

Proef 2. Daar nu de mosterd uit 5 kg grond een hoeveelheid borium had opgenomen, die volkomen vergelijkbaar was met die bij bieten (t.w. 800—1000 γ B, ongerekend de hoeveelheid B van het blad, die op 500 γ geschat kan worden), vroegen we ons af of ook mosterd de hoeveelheid beschikbaar B niet in korte tijd zou kunnen uitputten, hetgeen evenzeer deficientieverschijnselen tengevolge zou moeten hebben. Daartoe werden enige series van bovenstaande proef aangehouden en gedurende twee opeenvolgende jaren weer met mosterd beplant. Het verloop van deze proeven in 1937, 1938, 1939 wordt hier kort geschetst ¹⁾.

De proeven werden uitgevoerd in Mitscherlich-potten met 5 kg grond, waaraan in 1937 5 g poederkalk was toegevoegd om de pH op $\pm 6,5$ te brengen. De basisbemesting bestond verder uit 1,2 g $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{aq}$, 0,56 g KCl + 0,40 g als overbemesting, 0,69 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{aq}$, 0,07 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{aq}$ en 2 dr. FeCl_3 (5 %). Na de eerste groeiperiode werd de grond per serie (van 3 potten) verenigd en met ± 7 L gedestilleerd water uitgespoeld om de grootste zoutconcentratie weg te wassen. De grond werd daarna gedroogd en opnieuw over drie potten verdeeld.

In 1938 en 1939 bestond de basisbemesting uit: 1,34 g $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{aq}$, 0,62 g KCl + 0,47 g als overbemesting, 0,77 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{aq}$ en 0,07 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{aq}$. Na de tweede groeiperiode lieten we de potten buiten staan, om de voedingszouten uit te laten regenen. Hierbij is per pot ongeveer 5 l regenwater doorgespoeld, waarna de grond gedroogd is en opnieuw in de zelfde potten werd ingevuld. Het watergehalte van de grond werd steeds op 60 % van de watercapaciteit (collaps) gehouden.

De bemesting bestond verder uit:

- | | |
|---|--|
| I. 1200 mg N als Chilisalpeter ²⁾ (0,03—0,05% B) | } waarvan de helft
bij aanleg, de helft
als overbemesting. |
| II. 1200 „ „ „ synthetische natronalpeter | |
| III. 1200 „ „ „ kalksalpeter | |

Tegen de verwachting in werden bij deze proeven ook na drie jaar geen verschijnselen waargenomen, die zouden wijzen op een tekort aan opneembaar borium, noch wat uiterlijke kenmerken, noch wat opbrengst aangaat. In tegenstelling met bovenvermelde bietenproef (1937) gaven de synthetische nitraten opbrengsten, die volkomen vergelijkbaar waren met die bij boriumbemesting (Chilisalpeter) en alleen kalksalpeter gaf in de loop der drie jaren afwijkingen, die

¹⁾ Voor de techniek dezer potproeven zij verwezen naar HUDIG & MEYER (1919) en HUDIG & LEHR (1939).

²⁾ Op het gehalte aan B en andere sporenelementen in chilisalpeter wordt in hoofdstuk IV nog nader teruggekomen. Voor bijzonderheden hierover zij verwezen naar HUDIG en LEHR (1938 a).

onregelmatig lagen ten opzichte van de natriumnitrat-series, wat we aan de hand van de gemiddelde zaadopbrengsten illustreren:

	1937	1938	1939
Chilisalpeter	13,5 g	12,5 g	11,5 g
Natronsalpeter	13,6 „	12,5 „	11,6 „
Kalksalpeter	14,7 „	11,4 „	13,1 „

Belangrijker zijn de resultaten der B-analyses, waarvan we hier echter alleen de berekende hoeveelheden, die per pot opgenomen werden, voor de drie genoemde jaren willen samenvatten. Daar in 1937 het afgevallen blad niet bewaard was, kunnen we de totaal per pot van 5 kg opgenomen hoeveelheid B alleen vergelijken voor 1938 en 1939.

Totaal opgenomen per pot:	1938	1939
Chilisalpeter (1,7)	2,20 mg B	3,52 mg B
Arcadiansalpeter (1,5)	1,58 „ „	2,41 „ „
Kalksalpeter (1,4)	1,53 „ „	2,48 „ „

Wel was voor 1937 een vergelijking mogelijk voor de hoeveelheid, opgenomen door stengels + vruchtwand + zaad:

	1937	1938	1939
Chilisalpeter	1,07 mg B	1,40 mg B	2,09 mg B
Arcadiansalpeter	1,06 „ „	1,12 „ „	1,60 „ „
Kalksalpeter	0,83 „ „	1,02 „ „	1,39 „ „

Met behulp van deze cijfers laat zich wel schatten hoeveel in 1937 in totaal werd opgenomen, welke schatting hierboven tussen () is aangegeven. Voor de potten met Chilisalpeter zou het nu, op grond van het in deze meststof voorkomende B, zeer aannemelijk lijken, dat bij voortgezette Chili-bemesting de beschikbare B-voorraad toeneemt, al moet hierbij bedacht worden, dat bij het uitwassen van de voedingszouten ook een deel van de oplosbare boraten mee zal gaan. Bij Arcadiansalpeter (synthetische natronsalpeter) en kalksalpeter is bij de bemesting geen borium toegevoegd en het lijkt dus enigszins zonderling, dat inplaats van een vermindering zelfs een toename van de hoeveelheid opgenomen borium wordt gevonden. Men bedenke hier echter bij, dat in potproeven de omstandigheden ook voor hydrolyse, veel gunstiger zijn dan op het veld en dat ook de wijze van voorbehandeling van de grond, alsmede het verloop van temperatuur en vochtigheid gedurende een groeiperiode, van invloed zal zijn op de hydrolyse van de bodembestanddelen, maar deze invloeden onttrekken zich voorlopig aan onze waarnemingen.

In ieder geval leert de proef ons, dat van een rechtstreekse uitputting van de B-voorraad van de grond geen sprake is en dat de gebruikte grond in staat is weer B na te leveren. Belangwekkend is nu de vraag hoe lang de betrokken grond nog tot een dergelijke nalevering in staat

zou zijn. Volgens onze schatting in hoofdstuk I bevat „Dorschkamp”-grond 0,03 % toermalijn, hetgeen overeenkomt met 0,9 m % B, terwijl op grond van het humusgehalte hier nog 0,08 m % bijgerekend mag worden, zodat het totale gehalte rond 1 m % B wordt of 50 mg B per pot van 5 kg. Waar een normale mosterdoogst 1 à 2 mg B per jaar opneemt, zou onze uitputtingsproef dus nog 30 à 40 jaar hebben kunnen lopen op deze hoeveelheid borium, aangenomen natuurlijk, dat de verwerkingssnelheid voldoende groot blijft. Of men dit rechtstreeks op veldproeven mag overdragen valt te betwijfelen, omdat daar de hydrolysesnelheid geringer zal zijn en de planten zich ook met minder tevreden zullen moeten stellen dan in een potproef.

Wel laat zich langs andere weg een schatting maken over de tijd, gedurende welke onze zandgronden nog in staat zullen zijn de planten van borium te voorzien. Het totaal gehalte aan B voor deze gronden werd in hoofdstuk I op 0,5—2,5 m % geschat, hetgeen per ha een hoeveelheid van 15—75 kg borium betekent. Bij een jaarlijks verbruik van 0,5 kg B (zie hoofdstuk IV) betekent dit een leveringsduur van 30—150 jaar. Hoe men dit ook beoordeelt, er blijkt wel uit, dat men aan de B-voorziening van onze landbouwgewassen nog de nodige aandacht zal moeten besteden.

2. *Toevoer van borium door het inspoelen van regenwater.*

EDELMAN (1939) heeft er op opmerkelijk gemaakt, dat zich in het door het regenwater meegevoerde cyclische zout, waarschijnlijk ook borium bevindt. Gerekend op een zelfde samenstelling als zeezout, zou dit cyclische zout ongeveer 0,1 % B_2O_3 bevatten. Voor Nederland zou dit betekenen dat er per ha per jaar gemiddeld 80 g B_2O_3 (= 23 g B) valt, aan de kuststrook zelfs nog aanzienlijk meer, volgens de schatting van EDELMAN \pm 70 g B per ha. Toch moet de betekenis hiervan niet overschat worden, omdat juist de B-armere zandgronden meer het binnenland in gelegen zijn. Ook komt het ons voor, dat de door hydrolyse vrijkomende hoeveelheden B belangrijker zijn dan de door het regenwater ingebrachte. In de hiervoor vermelde toermalijnproef kwam zelfs bij de boriumarmere zanden nog \pm 100 γ B per 2 kg in een groeiperiode vrij, hetgeen omgerekend per ha 150 g B zou zijn en per jaar per ha 500—600 g. Verder kwam bij toevoeging van 1,2 g toermalijn nog ongeveer 80 γ B extra vrij, wat overeenkomt met een verwerking van 0,2 %. Ook BASSALIK (1913) vond in blanco proeven met een duur van ongeveer een half jaar gewichtsverliezen van enkele tiende procenten.

3. *Vastlegging van B door $Ca(OH)_2$ of $CaCO_3$.*

Heeft men aan de verwerking van het minerale complex een rol toegekend in de B-voorziening van de planten, dan blijft daarnaast de mogelijkheid, dat ook de humusfractie hiervoor niet zonder bete-

kenis is. In het voorgaande werd reeds van de veronderstelling uitgegaan, dat het in de humus aanwezige borium gemakkelijker voor de planten beschikbaar komt, dan het borium van de minerale reserve. Voor het organisch gebonden zijn van het „in omloop zijnde” borium pleiten de plantaardige oorsprong van de humus, waardoor deze reeds B kan bevatten en verder de grote affiniteit van boorzuur voor organische hydroxylverbindingen, zodat ook een geleidelijke binding van het door hydrolyse vrijkomende en op andere wijze ingebrachte boraat door humus mogelijk lijkt. Dit zou dan een evenwichtsproces kunnen zijn, dat de boraatconcentratie in de grond regelt. Het op pag. 127 gevonden gemiddelde gehalte van 0,002 % voor humus behoeft in dit opzicht geen beperking te betekenen, omdat het hier om arme gronden ging, waarvan de grondmonsters bovendien aan het eind van een groeiperiode genomen waren.

Proef 3. Waar in de practijk het voorkomen van hartrot sterk gebonden is aan de weersomstandigheden en aan de vochtigheid van de grond, maakten we, als uitgangspunt voor een proef, de veronderstelling, dat in een droge en warme tijd de humusfractie geheel of gedeeltelijk irreversibel indroogt, waardoor de boriumleverantie ernstig gestagneerd zou worden. Om dit na te gaan onderwierpen we de, ook bij de andere potproeven gebruikte, Dorschkamp-grond aan verschillende voorbehandeling.

- I. Luchtdroge grond was gedurende een week in een droogstoof op 30 ° C verwarmd en daarna in droge toestand gedurende 5 maanden bezwaard (vochtgehalte na afloop 0,6 %).
- II. Een ander gedeelte was na droging aan de lucht gedurende dezelfde tijd luchtdroog bewaard (vochtgehalte na afloop 1,2 %).
- III. Een derde gedeelte was op een vochtgehalte van 3 à 4 % gebracht en gedurende 4 maanden in deze toestand gehouden. Daarna werd het vochtgehalte nog iets opgehoogd, zodat het na nog een maand bewaren 6 % was.
- IV. Het vierde gedeelte was op dezelfde manier gedurende 4 maanden op 10 % gehouden, gedurende de 5e maand op 14 %.

Indien nu de vochtigheidstoestand van de grond van invloed is op het beschikbaar komen van borium, dan zouden de bovengenoemde vier fracties reeds bij het begin van de proef een verschillende voorraad aan beschikbaar B gehad hebben. Verder zou, wanneer het indrogingsproces niet geheel reversibel was, de snelheid waarmee B vrijkwam óók samenhangen met de voorbehandeling, hetgeen eerstgenoemd effect zou ondersteunen.

Als proefgewassen werden genomen mosterd — die in verschillende experimenten als reagens op B in de grond was gebruikt — en bieten, omdat deze sterker op eventuele verschillen reageren. Om de resultaten vergelijkbaar te maken, moesten dus de potten bij het aanzetten op gelijk watergehalte gebracht worden. Aanvankelijk werd dit laag gehouden (40 %) en later voor alle potten op 60 % van de watercapaciteit gebracht.

a. Mosterd: in MITSCHERLICH-potten met 5,4 kg grond. Alle series in drievoud. Basisbemesting: 1,34 g $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{aq}$, 0,62 g KCl + 0,47 g overbemesting, 0,77 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{aq}$ en 0,07 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{aq}$. Verder 600 mg N als NaNO_3 (p.a.) en 600 mg als overbemesting. *Geen borium.*

b. Voederbieten: in BRECHLEY-potten met 8,3 kg grond. Alle series in drievoud. Basisbemesting: 2,4 g $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{aq}$, 1,0 g KCl + 0,8 g als overbemesting, 1,2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{aq}$ en 0,12 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{aq}$. Verder 1200 mg N als NaNO_3 (p.a.) en 1200 mg N als overbemesting. *Geen borium.*

Korthedshalve geven we van deze proeven alleen het eindresultaat, wat betreft opbrengst, B-gehalten en opgenomen hoeveelheid B per pot.

TABEL 8.

Voorbehandelings-proef (3). Opbrengstcijfers, gemiddeld per serie van drie potten.

Serie	a. Mosterd		b. Voederbieten		
	Zaad	Totaal	Biet	Blad	Totaal
I (stoofdroom 30°)	12,49 ± 1,02 g	40,3 g	36,5 g	41,2 g	77,7 g
II (luchtdroom)	15,43 ± 0,34 „	45,7 „	52,5 „	39,0 „	91,5 „
III (4—6 % vocht)	16,59 ± 0,19 „	50,1 „	70,0 „	37,7 „	107,7 „
IV (10—14 % vocht)	16,85 ± 0,18 „	50,5 „	61,8 „	41,1 „	102,9 „

Deze opbrengstcijfers laten zien dat de voorbehandeling van de grond tot uiting komt en dat van stoofdrome via luchtdrome naar vochtig bewaarde grond een duidelijke verbetering van opbrengst optreedt. Tussen de beide laatste series zijn geen wezenlijke verschillen aan te wijzen. De vraag is nu echter of deze verbetering van opbrengst tot stand is gekomen door een betere borium-voorziening. Hierover geven ons de volgende analyses informatie.

TABEL 9.

Voorbehandelingsproef (3). B-gehalten en opgenomen hoeveelheden B per pot, gemiddeld per serie.

Serie	a. Mosterd		b. Voederbieten		
	B-gehalte gemiddeld	Opgenomen per pot	B-gehalte		Totaal opgenomen
			Biet	Blad	per pot
„ I . . .	3,5 m %	1,41 mg B	1,5 m %	5,7 m %	2,90 mg B
„ II . . .	3,6 m %	1,64 mg B	1,4 m %	6,0 m %	2,97 mg B
„ III . . .	3,1 m %	1,54 mg B	1,4 m %	5,7 m %	3,13 mg B
„ IV . . .	2,3 m %	1,67 mg B	1,3 m %	6,4 m %	3,43 mg B

De boriumgehalten der planten vertonen geen duidelijke samenhang met de wijze van voorbehandeling van de grond. Bij de totaal opgenomen hoeveelheden B per pot zou men een stijging van het verbruikte borium kunnen aannemen, welke evenwel in verhouding tot de opbrengstvermeerdering ten achter blijft. De stijging van de opgenomen hoeveelheid B kan daardoor evengoed het resultaat zijn van een betere structuur der vochtig gehouden potten, met als gevolg betere doorworteling en grotere opbrengst, als dat omgekeerd de grotere B-opname een betere opbrengst zou kunnen hebben bewerkt.

Dat het resultaat van deze proef niet positief, althans niet duidelijk positief, uitvalt, houdt nog niet in dat humus-boorzuurcomplexen niet bestaan, maar alleen, dat ze bij de pH ($\pm 5,8$), waarbij de proef werd uitgevoerd, voldoende reversibel zijn. We willen ons daarom thans naar een ander verschijnsel wenden, dat ongetwijfeld met het bovenstaande verband houdt en zowel op het veld als in potproeven is geconstateerd.

Bij het bekalken van een grond kunnen zich ernstige verschijnselen van boriumtekort voordoen bij de erop verbouwde gewassen. SCHARRER & SCHROPP (1934) toonden dit in potcultures aan met toevoeging van CaCO_3 , waarbij het effect op zandgrond catastrophaal was en op andere gronden veel minder ernstig bleek te zijn. Deze proeven toonden verder aan, dat het niet zozeer de hoge pH is, welke de boriumvoorziening stoort als wel de aanwezigheid van calcium bij hogere pH. Volgens een mededeling in Jealott's Hill Agr. Res. Bull. (1935) zou ook magnesium bij hogere pH een soortgelijke werking uitoefenen.

Proef 4. In een proef, welke we zelf uitvoerden (1938) met bieten op Dorschkamp-grond met opklimmende giften CaCO_3 , kon duidelijk de invloed van de bekalking in de B-analysecijfers worden nagegaan.¹⁾

TABEL 10.

Proef 4.

B-gehalte bietenblad				Opgenomen per pot.	
g CaCO_3 per pot	eind pH	NaNO_3	$\text{NaNO}_3 +$ 5 mg B	NaNO_3	$\text{NaNO}_3 +$ 5 mg B
geen CaCO_3	5,8	0,0128 %	0,0198 %	4,65 mg	7,49 mg
1 g „	5,9	0,0152 %	0,0195 %	5,90 „	7,30 „
2 „ „	6,1	0,0142 %	0,0192 %	5,39 „	6,00 „
4 „ „	6,3	0,0134 %	0,0180 %	5,12 „	6,81 „
8 „ „	6,6	0,0123 %	0,0139 %	4,70 „	5,54 „
16 „ „	7,2	0,0090 %	0,0137 %	4,07 „	5,87 „

¹⁾ Deze proef, die in viervoud in MITSCHERLICH-potten werd uitgevoerd, (basisbemesting als in vorige proef) leverde de hoogste B-gehalten in bieten op, die wij op deze grond hadden gekweekt, terwijl ook de opgenomen hoeveelheden

Uitvoerige proeven werden gedaan door TRUNINGER (1938), die in de eerste plaats aantoonde, dat kalkhoudend leidingwater oorzaak kan zijn van storingen in de boriumvoorziening („Gelbspitzigkeit" bij vlas). Regenwater en onthard leidingwater toonden deze werking niet. In potproeven met een B-arme grond toonde TRUNINGER verder aan, dat niet alleen bij bieten, maar ook in het geval van witte en rode radijs, spinazie, sterkers en mosterd het effect van B-tekort door bekalken aanzienlijk versterkt wordt. Hierbij bleken physiologisch zure meststoffen als zwavelzure ammoniak deze ongunstige werking weer ten dele teniet te doen, physiologisch alkalische meststoffen als natriumnitrat nog te versterken. De toevoeging van borium kon echter de werking van kalk weer geheel opheffen. Welke verklaring kan men nu voor dit complex van verschijnselen geven? Het zou voor de hand liggen, om de oorzaak van deze vastlegging van aanvankelijk beschikbaar borium (door DENNIS & O'BRIEN 1937 secundair B-gebrek genoemd) te zoeken in een fixatie van borium als calciumboraat, waarvan de oplosbaarheid bij hogere pH afneemt, terwijl de hoge Ca-concentratie de boraat-ionenconcentratie nog verder terugdringt.

In tegenspraak hiermee is echter, dat extra toevoeging van borax of boorzuur op gekalkte gronden weer een aanzienlijke opbrengstvermeerdering kan geven, hetgeen er op wijst, dat dit toegevoegde borium *niet* wordt vastgelegd, althans niet onmiddellijk. Een sprekend voorbeeld hiervan is gegeven door ABATUROWA (1936), die een proef uitvoerde met opklimmende hoeveelheden CaCO_3 (gewas: bieten), zowel met als zonder borium. Uit bijgaande grafiek blijkt, dat bij enkele toevoeging van CaCO_3 de opbrengst over een maximum loopt om dan sterk terug te lopen. Werd naast CaCO_3 ook B toegevoegd, dan namen de opbrengsten geleidelijk toe tot bij de hoogste CaCO_3 -giften. Bij rechtstreekse proeven over de vastlegging van boorzuur door verschillende gronden en CaCO_3 door BOBKO, MATVEEVA, DOUBACHOVA en PHILIPPOW (1936) werd ook geen noemenswaardige fixatie gevonden.

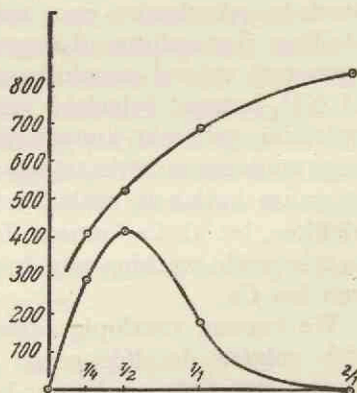


Fig. 1.

Voor de verklaring van het effect zijn nu de proeven van SOLBERG

B per pot zeer hoog zijn. Wij veronderstellen, dat de betreffende partij grond wel gelijk geweest is aan de in vorige proeven gebruikte, maar vermoeden, dat het hogere B-gehalte ontstaan is, doordat deze partij grond gedurende een of twee jaar vochtig bewaard is. Indirect was dit voor ons de aanleiding tot het nemen van de hiervoor besproken voorbehandelingsproef.

(1935) en van ØDELIEN (1937) met *Sphagnum*-turf van groot belang. SOLBERG vond, dat in mengsels van zand en *Sphagnum*-turf gerst, haver, erwten en rode klaver ernstige groeivertragingen ondervonden door grotere hoeveelheden kalk, in enkele gevallen al bij een pH van 5—6!

SOLBERG weet dit aan een direct schadelijke werking van het calcium. ØDELIEN toonde later in soortgelijke proeven aan, dat het hier om een secundair verschijnsel ging, nl. de storing van de boriumvoorziening der planten. Gerst, een gewas dat zeker tot de minst boriumbehoefte gerekend mag worden, kwam op gekalkte *Sphagnum*-turf niet aan arenvorming toe, tenzij extra borium toegevoegd werd. Soortgelijke proeven in 1937 lieten hetzelfde in mindere mate zien voor tarwe en haver bij een pH van 7,3—7,7, terwijl rode en witte klaver reeds bij een pH van $\pm 5,5$ sterk de nadelige invloed van de kalkwerking ondervond.

Bij deze proeven lijdt het geen twijfel, dat het aanvankelijk beschikbare borium in organische binding aanwezig was, zodat de daarop volgende fixatie van borium door kalk opgevat kan worden als een vastlegging (kolloïdchemisch = uitvlokken) van de organische boorzuur-complexen. Dat het vervolgens toegevoegde boraat niet vastgelegd wordt behoeft niet te verwonderen, omdat de complexvorming met de eenmaal uitgevlokte organische stof veel trager zal verlopen. Deze verklaring laat zich nu zeer goed overdragen op humus, temeer waar deze in ontgonnen zandgronden voor een groot deel van ingewerkt veen afkomstig is. Humusstoffen zijn in hun bestaan als kolloïden sterk te beïnvloeden door zout-oplossingen van verschillende samenstelling. Generaliserend mogen we zeggen, dat humuszuren (dus H-humaten) vrijwel onoplosbaar zijn, maar door omzetting in Na-, K- of NH_4 -humaat (afgeleid van één-waardige kationen) kolloïdaal in oplossing gebracht kunnen worden. (Dit geldt, wanneer een niet te hoge zoutconcentratie tevens aanwezig is). Daarentegen hebben twee-waardige kationen, zoals Ca en Mg, weer de neiging de humus uit te vlokken, bv. als Ca-humaat. In de practijk zijn deze dingen bekend als peptiserende werking van het Na en structuurverbeterende werking van het Ca.

We kunnen voorlopig aannemen, dat een humus-boorzuurcomplex zich volgens dezelfde regels zou gedragen als humus zonder meer en dat dus ook een humus-boorzuurcomplex door bekalken grotendeels uitgevlokt kan worden, waardoor het borium zou worden gefixeerd of m.a.w. uit de omloop worden weggenomen. Een dergelijk uitvlokken van Ca-humaat behoeft verder niet noodzakelijk gebonden te zijn aan een hoge pH, maar lijkt ook bij lagere pH en voldoende hoge Ca-concentratie denkbaar. Ook moet de reversibiliteit na indrogen van een dergelijk Ca-humaat geringer zijn dan van bv. Na-humaat. We willen hier niet verder op alle mogelijkheden van een dergelijk systeem ingaan, maar alleen opmerken, dat langs deze weg de tegen-

strijdigheden, welke de boriumhuishouding van de grond betreffen, op eenvoudige wijze te verklaren zouden zijn. Het vraagstuk leent zich echter beter voor een kolloïdchemische dan voor een landbouwkundige behandeling. Helaas ontbrak ons voor het eerste de tijd. Overigens vormt de kolloïdchemie van de humusstoffen nog een verwaarloosd gebied, dat uit een oogpunt van structuur en waterhuishouding zeker bewerking verdient!

4. *Structuur en watervoorziening.*

In het voorgaande hebben we ons de boriumvoorraad van de grond en daarmee het voor de plant beschikbaar zijnde borium als een gegeven iets voorgesteld, waardoor boriumarmoede al of niet bepaald zou zijn. Zoals in Duitsland door GÖRNING en hier te lande door CLEVERINGA (1938) is betoogd, hangt de vruchtbaarheid van een grond niet alleen samen met de analytisch bepaalbare hoeveelheden der voedingselementen, maar evenzeer met de fysische toestand (structuur) van de grond. Het optreden van deficientieverschijnselen kan samenhangen met een absolute armoede aan een bepaald element, maar kan ook in de hand gewerkt worden door gebrekkige structuur, gepaard gaande met een verkeerde watervoorziening, waardoor het betrokken element, hoewel aanwezig, voor de plant niet bereikbaar is. Bij onze potproeven met bieten bleek ons, hoe moeilijk het zelfs hier was een gelijkmatige structuur te handhaven en voor een goede watervoorziening te zorgen. In warme en droge perioden is het waterverbruik door de bieten zo groot, dat de naaste omgeving van de wortels volledig drooggezogen wordt. Gronden met een slechte waterverplaatsing, zoals de in onze potproeven gebruikte Dorschkamp-grond, kunnen het watergehalte plaatselijk niet snel genoeg aanvullen, met als gevolg een blijvend structuurbederf. Op het veld, waar structuur en watervoorziening zeker minder gunstig zijn dan bij potproeven, speelt dit een grote rol en is dit mede één van de factoren, die, naast de klimatologische, het optreden van hartrot en bruin bij koolrapen bepalen.

5. Over de door de planten verbruikte hoeveelheid borium zal in hoofdstuk IV een schatting gemaakt worden.

6. Over de uitspoeling van B uit de grond beschikken we over weinig directe gegevens. BERG (1932) schat het percentage B in de aardkorst op 10^{-5} %, terwijl dit cijfer volgens analyses voor zeewater 10^{-3} % bedraagt. Dit vormt een aanwijzing voor het ook mineralogisch bekende feit, dat de meeste boraten door hun betrekkelijk grote oplosbaarheid worden uitgespoeld en in gronden slechts zelden worden aangetroffen ¹⁾. Toch moet men zich

¹⁾ GOLDSCHMIDT & PETERS overwegen deze mogelijkheid niet. „Für die Herkunft der Borsäure im Meerwasser gäbe es zwei verschiedene Möglichkeiten;

hier afvragen of niet het bufferend adsorptiecomplex in de grond het boraat tijdelijk kan binden en dus het uitspoelingsproces kan vertragen. Ten aanzien van het anorganisch adsorptiecomplex zijn de uitwisselingsreacties van kationen beter onderzocht dan die van anionen, maar zelfs al is een uitwisseling van anionen zeer goed denkbaar, dan lijkt toch het optreden van boraat-ionen als tegen-ionen in een diffuse dubbellaag vrijwel uitgesloten door de lage dissociatieconstante van het boorzuur. Eerder zou men kunnen verwachten, dat het in de buitenste laag van de silicaatroosters een plaats vindt, waar in- of uitwisselingsreacties dan veel langzamer zullen verlopen. Voor het bestuderen van de boriumwerking op kleigronden zal met deze mogelijkheid zeker rekening gehouden moeten worden.

Op zandgronden komt vrijwel alleen het organisch adsorptiecomplex voor binding van het boraat in aanmerking. Zoals in hoofdstuk I is meegedeeld, bevatten de humusfracties van Nederlandse zandgronden gemiddeld ± 2 m % B, hetgeen van dezelfde orde is als het in plantenmateriaal voorkomende gehalte.

Uitwasproeven met boraten werden genomen door KRÜGEL, DREYSPRING en LOTHAMMER (1938), die echter door de toevoeging van superfosfaat nodeloos gecompliceerd werden. Zij mengden gronden van verschillende typen met superfosfaat + borax (en wel op 1,5 kg grond 28,27 mg P_2O_5 en 3,003 mg B_2O_3) en percoleerden deze daarna met hoeveelheden water, die vergelijkbaar waren met de regenval gedurende een jaar. Het bleek hun, dat gemiddeld 78 % van het toegevoegde boraat weer uitgespoeld werd, behalve in het geval van magnesiumboraciet, dat niet uitwasbaar bleek. Terwijl nu verder bij een humeuze zandgrond de regenval van één jaar voldoende was voor het uitwassen van de genoemde hoeveelheid, varieerde de daartoe nodige regenval bij kleigronden van die van anderhalf tot drie jaar. Bij het uitspoelen van onbemeste gronden kwam er van 9 tot 100 γ B per 1,5 kg grond vrij, waarbij de zandgronden ten opzichte van de kleigronden geen bijzondere positie innamen. Bij omrekening per ha bleek van 0,03 tot 0,36 kg B in totaal uitwasbaar te zijn. Voor de twee onderzochte zandgronden waren deze hoeveelheden resp. 0,34 en 0,13 kg B per ha.

Deze proeven wijzen dus op een zekere buffercapaciteit van het adsorptiecomplex, welke echter niet overwegend groot is.

Aan het slot van dit hoofdstuk kunnen nog enige van onze eigen uitspoelingsproeven vermeld worden, die ten doel hadden een indruk te krijgen over de hoeveelheid beschikbaar borium in de grond en de

entweder entstammt die Borsäure des Meerwassers grossenteils noch der Uratmosphäre der Erde, oder aber entstammt sie den Exhalationen flüchtiger Borverbindungen im Gefolge vulkanischer Erscheinungen im Laufe der geologischen Zeiten". Inderdaad kan dus het verschillende gehalte van land en zee niet als een bewijs gelden voor de geringe stabiliteit en uitspoelen van boriumverbindingen uit de grond.

toename hiervan door boriumbemesting. Van dezelfde hartrot-gronden waarvan in hoofdstuk I toermalijntellingen en humusanalyses zijn weergegeven (tabel 2 en 4) waren ook monsters beschikbaar van verschillend bemeste percelen. Deze monsters waren alle genomen aan het eind van een groeiperiode, zodat de gevonden waarden alleen de nawerking van de bemesting en niet de direct na het bemesten bereikte toestand betreffen.

Deze analyses werden uitgevoerd met de curcuma-methode van AGULHON, die alleen grootte-orden aangeeft, maar over een vrij groot traject gebruikt kan worden. Voor het uitwassen werd 0,5 kg grond in een percolatiebuis ingevuld en met één liter gedestilleerd water uitgespoeld (doorlooptijd \pm 8 uur). Deze hoeveelheid water werd in platina ingedampt onder toevoeging van NaOH. De alkalische indamprest werd na drogen gegloeid om de organische stof te vernietigen en vervolgens met sterk H_2SO_4 en methylalcohol gedestilleerd, waarna het overgedestilleerde borium volgens AGULHON bepaald werd.

TABEL II.

Uitwasproeven met verschillend bemeste percelen van enige hartrotgronden. Hoeveelheid B, die door 1 l water uit 500 g grond wordt uitgewassen.

Proefveld	Nitrat- bemesting. Hoeveelheid	Ammon- salpeter	Natron- salpeter	Chili- salpeter	Natronsalpeter + borax
Vinkel (W)	1000 kg/ha	—	5 γ	10 γ	—
Vinkel (H)	1000 "	—	20 γ	40 γ	50 à 60 γ (40 kg)
Vinkel (S)	1000 "	—	15 γ	30 γ	100 γ (20 ")
Schaaik	1000 "	3 γ	—	20 γ	—
Schaaik	0 "			(9) γ	
	400 "			15 γ	
	600 "			15 à 20 γ	
	800 "			25 γ	
	1000 "			20 γ	
	1200 "			15 à 20 γ	
	1400 "			25 γ	
St. Anthonis	800 "	—	10 à 15 γ	20 γ	100 γ (40 ")
Oploo	800 "	—	15 à 20 γ	20 γ	—
Diessen	600 "	10 γ	—	20 γ	—
Soest	600 "	—	15 à 20 γ	20 γ	—
Eerbeek	800 "	10 γ	—	90 γ	—
Ampsen	800 "	15 γ	15 à 20 γ	40 γ	—

¹⁾ Deze bemesting bestond gedeeltelijk uit kalksalpeter.

De boriumbemesting heeft blijkens deze analyses aanleiding gegeven tot een duidelijke verhoging van de hoeveelheid beschikbaar borium, hetgeen zowel tot uiting komt in de regelmatige verschillen tussen Chilisalpeter en de synthetische nitraten (natronsalpeter, ammon-

salpeter en kalksalpeter) alsook in de hogere uitspoelingscijfers bij de naar verhouding zoveel hogere boraxbemesting.

Tevens laat dit materiaal zien, dat de uitspoelende werking van de regen deze verschillen, een half jaar na de toevoeging van B, nog niet genivelleerd heeft, ofschoon toch ook het te velde staande gewas (bieten) een vrij aanzienlijke hoeveelheid borium moet hebben opgenomen. Zeer waarschijnlijk is de uitspoeling door de regen op het veld minder effectief dan op grond van laboratoriumproeven verwacht kan worden. BRANDENBURG (1939) vond op kleigrond een duidelijke naverwerking van borax op het aantal hartrot-gevallen in het volgende jaar. Een dergelijk effect bestaat zeker op zandgronden ook.

In aansluiting aan bovenstaande uitwasproeven werd ook de humusrijke Sappemeer grond aan een percolatie onderworpen, welke thans nog met driemaal één liter gedestilleerd water herhaald werd. Hierbij werd resp. gevonden 80 γ (volgens de chinalizarine-methode 60 γ), 35 γ , 20 γ en 6 γ B, zodat in totaal 140 γ B vrij kwam op een, in de organische stof van 0,5 kg grond aanwezig zijnde, hoeveelheid van $\pm 1600 \gamma$ B. Dit proefje bevestigt onze veronderstelling, dat de organische stof in de grond een belangrijke rol speelt bij de borium-omloop en daarbij een zekere bufferende werking uitoefent. Anderzijds wordt daardoor begrijpelijk, dat de aan organische stof rijkere zandgronden, zoals de veenkoloniale gronden, niet tot de specifieke hartrot-gronden behoren, zolang niet door overkalken het organisch gebonden borium gefixeerd wordt.

HOOFDSTUK III

BORIUM EN LANDBOUWGEWASSEN

Het optreden van B-gebrekverschijnselen heeft zich in de praktijk in Nederland tot dusver beperkt tot enkele knolgewassen, t.w. bieten in alle variëteiten en koolrapen. Verder bestaan ook mededelingen over verschijnselen van boriumtekort bij appels (inwendig „kurk”, BANGA 1938) en bij aardappels (VAN SCHREVEN 1939), welke echter nog nadere bevestiging behoeven. Daar ook in het buitenland de verschijnselen van boriumtekort zich in hoofdzaak voordoen bij de knolgewassen ¹⁾, is de vraag gerechtigd of deze gewassen een uitzonderingspositie innemen. De verklaring hiervan kan zeker niet alleen gezocht worden in een uitzonderlijk hoge boriumbehoefte (uitgedrukt in % B op droge stof), omdat deze in het normale traject van B-gehalten ligt, dat voor landbouwgewassen wordt aangetroffen. Wordt de boriumbehoefte in absolute maat uitgedrukt, dan bestaat bv. voor bieten een aanzienlijk verschil, omdat deze, gerekend per ha, twee tot drie maal zoveel droge stof produceren als andere landbouwgewassen. De belangrijkste reden lijkt ons echter gelegen te zijn in de doorworteling van de grond, welke bij knolgewassen uit de aard der zaak meer plaatselijk is, terwijl gewassen, zoals granen, gelijkmatig over het gehele veld heen staan en dus een groter werkzaam oppervlak bestrijken.

a. DE BORIUMBEHOEFTE VAN DE BIET. VERBAND TUSSEN HARTROT EN B-GEHALTE.

Het gemiddeld in plantaardig materiaal van een bepaald gewas gevonden boriumgehalte zegt nog niets over de boriumbehoefte van dat gewas. Wil men deze uit veldproeven bepalen, dan moeten verschillende zieke en gezonde planten in detail-analyses vergeleken worden, om te zien waar de grens ligt tussen ziek en gezond.

In de afgelopen drie jaar waren we in de gelegenheid talrijke B-analyses te maken van het materiaal van pot- en veldproeven, meren-

¹⁾ Als uitzonderingen kunnen hier genoemd worden tabak (topziekte op Sumatra; KUYPER 1930), bloemkool („cauliflowerbrowning” Delaware County, New York; DEARBORN EN RALEIGH 1935), vlas („Gelbspitzigkeit”; TRUNINGER 1938) en selderij („Cracked Stem”, Florida; PURVIS EN RUPRECHT 1935).

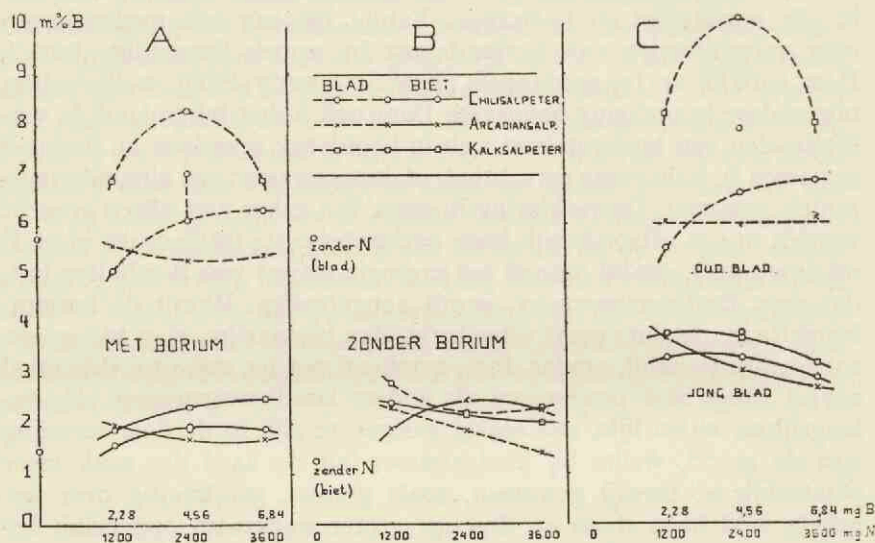
Voor een uitvoerig overzicht over het optreden en de verschijnselen van borium-tekort bij landbouwgewassen kan verwezen worden naar:

DENNIS R. W. G. EN O'BRIEN D. G. Boron in agriculture (1937).

DENNIS A. C. EN DENNIS R. W. G. Boron and plant life (1935—1938).

deels bieten. Aan de hand van een gedeelte hiervan kunnen we verband leggen tussen hartrot en boriumgehalte.

Een illustratief voorbeeld leveren de gehalten van biet en blad, van Barres-voederbieten, welke in potproef 5 (zie pag. 171) verkregen werden. Deze proef werd uitgevoerd met drie nitraatmeststoffen en opklimmende stikstofgiften, waarbij voor de synthetische nitraten ook series waren ingelast met toevoeging van borium. De verhouding B : N was hierbij dezelfde als in de series met Chilisalpeter (15,9 % N; 0.031 % B).



Borium gehalten in m % op droge stof van blad en biet. Proef 5.

Borium gehalte oud en jong blad. Proef 5.

Fig. 2.

Kortheidshalve geven we de resultaten hiervan alleen als grafische voorstelling (A en B) van het B-gehalte (op droge stof) van biet en blad, afgezet tegen de opklimmende hoeveelheden N en B. De hierin afgezette gehalten zijn het gemiddelde van de analyses van drie afzonderlijke planten. Heel duidelijk volgt hieruit, dat het gehalte van de biet zelf weinig variabel is en schommelt om de 2 m %, zowel in het geval van de synthetische nitraten (zonder B) als bij boriumbemesting. Het blad vertoont evenwel grote schommelingen en heeft in het geval van boriumbemesting (Chilisalpeter, Arcadiansalpeter + borax, Kalksalpeter + borax) een aanmerkelijk hoger gehalte, dan zonder boriumbemesting. Dat de kalksalpeter (+ borax)-planten een hoger B-gehalte in het blad hebben, hangt waarschijnlijk samen met hun achterlijke stand, die aan een verkeerd kationen-evenwicht moet worden toegeschreven. Afgezien van enkele licht aangetaste bieten waren de planten

met B-bemesting alle gezond, terwijl die zonder B-toevoeging voor het merendeel door hartrot waren aangetast, zodat we hier als typisch kenmerk voor de hartrot-biet vinden, dat het B-gehalte van de biet practisch normaal is, maar dat het gehalte van het blad laag is in vergelijking met gezonde planten en van dezelfde orde als van de biet.

Vooruitlopend op hetgeen in hoofdstuk IV over synthetische meststoffen gezegd wordt, zij hier gewezen op de punten, die onder B in de grafiek zijn aangegeven voor planten zonder N- en zonder B-bemesting. Deze planten waren, hoewel klein, volkomen gezond en hadden ook een normaal boriumgehalte.

Behalve bovenstaande gemiddelde analyses, werden ook nog detail-analyses gemaakt van oud en jong blad en verder van gezonde en aangetaste gedeelten van bieten. De gehalten van oud en jong blad zijn weergegeven in grafiek C, die laat zien dat het jonge blad een lager gehalte heeft dan het oudere blad en dus tussen dat van biet en ouder blad in ligt.

De detail-analyses van bietenwortels zijn samengesteld in tabel 12, waarin tevens een omschrijving van het geanalyseerde deel is opgenomen. De bieten waren uit alle series gekozen en waren in hoofdzaak verdeeld in boven-, midden- en ondergedeelte.

Terwijl boven geconstateerd kon worden, dat het B-gehalte van de biet niet op de bemesting reageert, vinden we ook generlei samenhang met de gezondheidstoestand (hartrot). Lage B-gehalten in uitgesneden zieke plekken werden niet gevonden.

De in de hier aangehaalde potproef verkregen resultaten werden nu volkomen bevestigd door de analyses van materiaal van proefvelden. In 1937 kregen wij bietenmonsters van verschillende herkomst, verschillende bemesting en verschillende variëteit, waarvan ook weer gemiddelde en detail-analyses gemaakt zijn. Onderstaand volgt hieruit een keuze van de gemiddelde B-gehalten van telkens 5 gezonde en 5 zieke bieten.

Voederbieten.

a. Barres. (afkomstig van proefveld Diessen; Reithoven)

	Biet	Blad
gezonde bieten	2,1 m %	3,1 m %
zieke bieten	1,9 m %	1,7 m %

b. Teutonia.

gezonde bieten (Vinkel; v. Helvoirt)	1,5 m %	3,1 m %
zieke bieten " " "	2,5 m %	1,6 m %
gezonde bieten (Diessen; v. d. Saar)	2,7 m %	3,5 m %
zieke bieten " " "	2,9 m %	2,0 m %

c. Eureka.

gezonde bieten (Dalfsen)	1,5 m %	2,9 m %
zieke bieten "	1,7 m %	2,2 m %
gezonde bieten (Vinkel; Sanders)	1,9 m %	4,2 m %
zieke bieten " "	1,9 m %	2,3 m %

TABEL 12.

Detail-analyses van Bieten-wortels, om een eventuele samenhang tussen B-gehalte en gezondheidstoestand na te gaan.

No.	B-gehalte op droge stof in milli-procenten			Omschrijving.
	a. boven	b. midden	c. onder	
7	1.7	1.5	1.8	a. gezond. b. gezond. c. met aangetaste plekken.
11	3.0	—	2.0	a. houtvaten donkerbruin, vlees enigszins bruinig. c. de verkleuring wordt naar de wortel toe sterker.
15	(2.2)	(3.0)		a. gezond gedeelte. b. uitgesneden zieke plek.
16	1.9	1.4	1.7	a. gezond. b. gezond. c. gezond.
18	2.7	1.7	2.3	a. vrij sterk aangetast. b. praktisch gezond. c. gezond.
23	2.2	1.6	1.9	a. met aangetaste donkerbruine plekken. b. zeer weinig aangetast. c. zwaar aangetast.
30	3.5	2.6	2.4	a. matig aangetast. b. matig aangetast. c. matig aangetast.
<i>d. 2.3 m % zwaar aangetaste plekken.</i>				
33	2.3	1.7	1.8	a. geheel gezond. b. geheel gezond. c. geheel gezond.
39	1.9	1.8	1.4	a. praktisch gezond. b. praktisch gezond. c. licht aangetast.
45	2.1	2.2	2.1	a. kop iets verkleurd. b. praktisch gezond. c. volkomen gezond.
52	3.0	2.3	2.4	a. gezond. b. gezond. c. aangetast.
57	2.7	2.2	1.8	a. met enkele aangetaste ringen. b. praktisch gezond. c. met een aangetast plekje.
58	3.1	2.3	3.0	a. praktisch gezond, iets verkleurd. b. enkele ringen, iets verkleurd. c. gezond.

<i>Suikerbieten.</i>	Biet.	Blad.
Hilleshög (Haamstede) afzonderlijke analyses.		
gezonde biet	1,2 m %	4,3 m %
gezonde biet	1,9 m %	3,8 m %
matig zieke biet	1,9 m %	2,1 m %
matig zieke biet	1,9 m %	2,4 m %
licht hartrot	1,7 m %	2,8 m %
licht hartrot	1,9 m %	2,7 m %

Detail-analyses van aangetaste gedeelten van bietenwortels gaven soms lage gehalten, soms onverwacht hoge. Enkele voorbeelden hiervan volgen hier:

Barres biet, licht hartrot.		
gezond bovengedeelte		1,9 m %
ziek benedengedeelte		1,5 m %
Barres biet, zwaar ziek.		
bovengedeelte met zieke plekken		3,5 m %
beneden gedeelte, gezond		3,3 m %
Teutonia, licht hartrot.		
zieke plekken		1,7 m %
rest van de biet		1,9 m %
Teutonia, zwaar hartrot .		
zwarte rotte plekken		3,6 m %
Jaapjes Groenkraag		
gezonde biet		1,6 m %
zwaar hartrotzieke biet, bovenste zieke gedeelte		3,1 m %
benedenste gezonde gedeelte		2,5 m %
Suikerbiet, ziek.		
bovengedeelte met rotte plek		1,9 m %
middengedeelte met bruine ringen		1,7 m %
benedengedeelte, vrijwel gezond		1,5 m %

Er is dus geen samenhang tussen de gezondheidstoestand van de biet en zijn B-gehalte, wel echter tussen het B-gehalte van het blad en gezondheidstoestand.

Voor de verschillende bieten rassen vinden we bij de gezonde exemplaren geen sterk uiteenlopende cijfers voor het B-gehalte. Zonder uitzondering schommelt het gehalte van de biet om de 2 m %, terwijl het gehalte van gezonde bladeren variëert van 3—4 m % B. Bij gezonde planten wordt dus in de bladeren ongeveer tweemaal meer B (gerekend op droge stof) gevonden dan in de wortels, bij zieke planten kan dit tot beneden het gehalte van de wortels dalen. Dit sluit in, dat het blad de grootste B-behoefte heeft en verder, dat, indien niet voldoende borium beschikbaar is, het blad dit het eerst moet ontgelden. Physiologisch gezien krijgt men sterk de indruk, dat het hartrot van de biet niet primair in de wortel optreedt, maar in het blad (door B-tekort) en dat de beschadiging van de wortel secundair tot stand komt door een storing in de stofwisseling (voedseltransport), als gevolg van de aantasting der bladeren. Inderdaad is bekend, dat

de aantasting steeds begint bij de jonge hartbladeren en zich bij ernstige ziektegevallen over het oudere blad en de biet uitbreidt, hetgeen met het bovenstaande in overeenstemming is. ETHEL ROWE (1936) toonde aan, dat in jonge hartrot-bieten de aangetaste vaatbundelringen corresponderen met een aangetaste bladkrans en dat de invloed van iedere factor, die ongunstig op de bladeren werkt, zich ook zeer spoedig doet gelden in de overeenkomstige vaatbundelring van de biet.

Aardappel: Ook bij de aardappel schijnt een tekort aan borium zich het eerst te uiten in een beschadiging van het vegetatiepunt. Van een vijftiental monsters aardappelknollen varieerde het B-gehalte, evenals bij de biet, zeer weinig (van 0,8 tot 1,0 m %) en dit stond practisch ook niet in verband met toevoeging van borax aan de grond.

Bladmonsters kwamen slechts van één proefveld in ons bezit:

Proefveld Vinkel (St. Anthonis)	aardappel	loof
500 kg natronsalpeter	0,6 m %	2,6 m %
500 kg natronsalpeter + 10 kg borax	1,0 m %	3,9 m %
500 kg chilisalpeter	0,8 m %	3,1 m %

In dit geval blijkt ook het aardappelblad een hoger percentage te hebben dan de knol en meer op bemestingsverschillen te reageren.

Koolrapen: Bij koolrapen doet zich een afwijkend geval voor, dat een uitzondering schijnt te vormen op de normale verschijnselen van boriumtekort. Dit uit zich namelijk hier niet in een beschadiging van het vegetatiepunt, maar onmiddellijk in de knol (bruin).

De analyses van het ons ter beschikking staande materiaal leverden nog weinig houvast hierover:

1936. proefveld St. Anthonis.	knol	loof
Natronsalpeter (bruin)	1,3 m %	1,6 m %
Natronsalpeter (bruin)	1,4 m %	1,2 m %
Natronsalpeter + borax	2,2 m %	3,4 m %
Natronsalpeter + borax	2,5 m %	3,4 m %
1937. proefveld Vinkel		
koolraap volkomen gezond	1,9 m %	2,3 m %
dito bruin, buitenste gezonde helft	2,1 m %	1,3 m %
binnenste zieke helft	2,2 m %	
dito bruin (niet analyseerbaar)		2,4 m %
1937. Proefveld Diessen.		
koolraap, matig bruin		
zwaarst aangetaste gedeelten	3,3 m %	1,5 m %
koolraap, licht aangetast		
gezond gedeelte	3,0 m %	
ziek gedeelte	2,4 m %	2,0 m %

Tenslotte gaf Mej. Dr LÖHNIS ons enkele koolraapmonsters ter onderzoek, welke door haar op glaszand waren gekweekt.

Gezonde knol, hart	1,2 m %	2,5 m %
rand	0,8 m %	
Zieke knol, hart	1,3 m %	2,3 m %
rand	1,3 m %	

Deze cijfers vertonen onderling te weinig overeenkomst, om over de samenhang van bruin in de koolraap en boriumgehalte een conclusie te kunnen trekken, temeer, omdat het hier gaat om gegevens van verschillende herkomst, variëteit en bemesting.

b. WAARNEMINGEN OVER HET VERBAND TUSSEN HARTROT EN BIETENRAS.

In 1938 en 1939 werden door het Inlichtings-Bureau voor Chilisalpeter proeven genomen over de gevoeligheid van verschillende bietenrassen voor boriumtekort, daar uit vroegere proeven gebleken was, dat niet alle variëteiten hier gelijk op reageren. In 1938 beperkte dit onderzoek zich tot twee proefvelden, met slechts enkele bietenrassen, waarvan hier eerst de resultaten worden vermeld.

Het eerste veld was gelegen te Vinkel (proefveldhouder de heer SANDERS) en stond onder leiding van den heer PETERS, hoofd van de L.Landbouwschool te Oss. Hierop werden vier voederbietenrassen verbouwd, t.w.:

Barres Strynö	—	droge stofklasse	12
Teutonia	—	„	14
Eureka	—	„	16
Friese Rijkmakers	—	„	18
Grondsoort:	lichte zandgrond, pH 6,2, humus 5 %.		
Voorvrucht:	gras.		
Basisbemesting:	600 kg kali 40 % en 1000 kg super 14 % per ha.		

De proef werd in duplo uitgevoerd, zowel met 600 kg kalkammonsalpeter als met 800 kg chilisalpeter, grootte der veldjes 100 m². Half Augustus vertoonden zich hier de eerste hartrot-verschijnselen bij Eureka en Friese Rijkmakers, waarna enige weken later ook de andere twee rassen aangetast werden. Bij de tellingen van het aantal hartrot-gevallen werd steeds een scheiding gemaakt tussen zwaar ziek, licht ziek en gezond. Om een indruk te geven over de reproduceerbaarheid der cijfers zijn in tabel 14 de tellingen voor ieder veldje afzonderlijk in procenten aangegeven. Gemiddeld was het resultaat als volgt:

TABEL 13.

	Kalkammonsalpeter		Chilisalpeter	
	zwaar ziek	licht ziek	zwaar ziek	licht ziek
Barres Strynö	15 %	6 %	0 %	0,5 %
Teutonia	13 %	11 %	0 %	1,5 %
Eureka	77 %	11 %	3 %	4 %
Fr. Rijkmakers	33 %	7 %	0 %	4 %

TABEL 14.

Rassen proefveld Sanders, Vinkel (1938). Hartrotaantasting in procenten.

Drogestofgroep	Bietenras	parallel I			parallel II		
		zwaar aanget.	licht aanget.	gezond	zwaar aanget.	licht aanget.	gezond
N-Bemesting: 600 kg Kalkammonsalpeter							
12	Barres S.	21.5	2	76.5	8.5	11.5	80
14	Teutonia	15	12.5	72	10	9.5	80.5
16	Eureka	84.5	6	9.5	69.5	16	14.5
18	Fr. Rijkm.	41.5	2	56.5	24	12.5	63.5
N-Bemesting: 800 kg Chilisalpeter							
12	Barres S.	0	0	100	0	1	99
14	Teutonia	0	1	99	0	2	98
16	Eureka	0	4	96	5.5	3.5	91
18	Fr. Rijkm.	0	3	97	0	5	95

Het tweede rassenproefveld lag te St. Anthonis (houder de heer CORNELISSEN) en stond onder leiding van den heer SPRENKELS, hoofd van de L. Landbouwschool te St. Anthonis. Hier werden drie voederbietenrassen verbouwd, nl.:

Productiva — groep 12

Ovana — „ 16

Friese Rijkmakers — „ 18

Grondsoort: lichte zandgrond, pH 6,4, humus 3,5 %, CaCO₃ 0,03 %.

Basisbemesting: 800 kg kali 40 % en 800 kg super 20 % per ha.

De proef werd in duplo uitgevoerd met resp. 800 kg kalksalpeter, 800 kg natronsalpeter, 800 kg chilisalpeter en 800 kg natronsalpeter + 20 kg borax, grootte der veldjes 20 m². Ook hier werden half Augustus de Friese Rijkmakers het eerst aangetast en volgden enige weken later de andere rassen. De aantasting was hierbij, gezien de resultaten, veel minder hevig (zie ook tabel 16).

TABEL 15.

Aantasting	Kalks.		Natrons.		Chilisalp.		Natrons. + Borax	
	zwaar	licht	zwaar	licht	zwaar	licht	zwaar	licht
Productiva	11 %	29 %	16 %	23 %	0 %	4 %	0 %	0 %
Ovana	0 %	40 %	0 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Fr. Rijkmakers	53 %	38 %	46 %	26 %	0 %	11 %	0 %	0 %

Hierbij geeft de eerste kolom telkens het percentage zwaar aangetaste bieten, de tweede het percentage licht aangetaste weer.

Op deze cijfers komen wij later terug in verband met de gegevens van 1939.

TABEL 16.

Rassen-proefveld Cornelissen, St. Anthonis (1938). Hartvrolaantasting in procenten.

Drogestofgroep	Bieten-ras	parallel I			parallel II		
		zwaar aanget.	licht aanget.	gezond	zwaar aanget.	licht aanget.	gezond
N-Bemesting: 800 kg Kalksalpeter.							
12	Productiva	12.5	25	62.5	10	32	57.5
16	Ovana	0	45	55	0	35	65
18	Fr. Rijkm.	57.5	35	7.5	47.5	40	12.5
N-Bemesting: 800 kg Natronsalpeter							
12	Productiva	20	27.5	52.5	12.5	17.5	70
16	Ovana	0	7.5	92.5	0	2.5	97.5
18	Fr. Rijkm.	47.5	22.5	30	45	30	25
N-Bemesting: 800 kg Chilisalpeter.							
12	Productiva	0	7.5	92.5	0	0	100
16	Ovana	0	0	100	0	0	100
18	Fr. Rijkm.	0	12.5	87.5	0	10	90

In het proefveld, bemest met Natronsalpeter + 20 kg borax kwamen geen zieke planten voor.

Van het proefveld te St. Anthonis werd het plantaardig materiaal ook op boriumgehalte onderzocht. Voor het monsternemen waren van ieder ras en iedere bemesting zes gezonde, zes licht aangetaste en zes zwaar aangetaste bieten (voor zover aanwezig) opgestuurd en hieruit werden weer gemiddelde analysemonsters samengesteld. De afzonderlijke gehalten van biet en blad zijn vermeld in tabel 17. Om deze cijfers overzichtelijker te maken zijn zij in een grafiek (fig. 3) afgezet tegen de nitraatbemesting, in volgorde van de hierbij toegevoegde hoeveelheid borium, eerst voor de gezonde planten, daarna voor de licht aangetaste en vervolgens voor de zwaar aangetaste exemplaren. Ten overvloede zij opgemerkt, dat de synthetische natronsalpeter en kalksalpeter geen borium bevatten.

Uit tabel 17 blijkt, dat de B-gehalten van de bieten noch voor de drie onderzochte rassen, noch voor de verschillende gezondheids-toestanden veel uiteenlopen en geen bepaalde regelmaat vertonen. Gemiddeld is het gehalte van de biet:

- 1,6 m % B voor Productiva.
- 1,4 „ % „ „ Friese Rijkmakers.
- 1,3 „ % „ „ Ovana.

TABEL 17.

Boriumanalyses Rassenproefveld St. Anthonis (1938), (milliprocenten op droge stof).

Ras	Bemesting	Omschrijving	Biet	Blad
<i>Productiva</i>	Chili	Gezond	1,4	3,6
	„	Licht ziek	1,5	2,2
	Nas	Gezond	1,6	3,3
	„	Licht ziek	1,2	2,7
	„	Zwaar ziek	1,2	1,6
	Nas + B	Gezond	2,0	5,8
	Ks	Gezond	1,9	2,7
	„	Licht ziek	1,6	2,4
	„	Zwaar ziek	1,6	1,9
<i>Friese Rijkm.</i>	Chili	Gezond	1,6	4,2
	„	Licht ziek	1,6	2,5
	Nas	Gezond	1,5	3,1
	„	Licht ziek	1,3	3,0
	„	Zwaar ziek	1,3	2,2
	Nas + B	Gezond	1,2	5,5
	Ks	Gezond	1,2	2,9
	„	Licht ziek	1,4	2,7
	„	Zwaar ziek	1,3	2,4
<i>Ovana</i>	Chili	Gezond	1,5	5,1
	Nas	Gezond	1,1	4,2
	„	Licht ziek	1,3	3,2
	Nas + B	Gezond	1,3	4,6
	Ks	Gezond	1,3	3,7
	„	Licht ziek	1,3	2,3

Van meer belang zijn de in het blad gevonden verschillen. Bij *gezond blad* lopen de cijfers voor Friese Rijkmakers en *Productiva* weinig uiteen, terwijl *Ovana* bij de nitraatmeststoffen zonder extra B-toevoeging een duidelijk hoger B-gehalte heeft. Voor de beoordeling van de boriumbehoefte der rassen zijn de cijfers van het blad der aangetaste bieten het belangrijkste (zie tabel 18 en grafiek 3).

TABEL 18.

Rassenproefveld St. Anthonis 1938. B-gehalte in milli procenten in blad.

Ras	Laagste gehalte gezond	Licht aangetast	Zwaar ziek
<i>Ovana</i>	3,7	3,2 — 2,3	??
<i>Productiva</i>	2,7	2,7 — 2,2	1,9 — 1,6
<i>Fr. Rijkmakers</i>	2,9	3,0 — 2,5	2,4 — 2,2

In gevallen van lichte aantasting begint het traject van boriumgehalten ongeveer bij het laagst gevonden gehalte in het blad van gezonde

bieten. Bij zware aantasting ligt het bladgehalte weer duidelijk enkele tiende milli-procenten lager. Bestaat er nu enige correlatie tussen de waargenomen resistentieverschillen en de gevonden analysecijfers? Indien de boriumbehoefte (in m % op droge stof) der drie rassen wordt uitgedrukt als de grens, waarbij een lichte aantasting door hartrot wordt gevonden, dan vinden we voor Friese Rijkmakers gemiddeld 2,7⁵ milli %, voor Productiva gemiddeld 2,4⁵ en voor Ovana gem. 2,7⁵ milli % B. Doen we hetzelfde ten opzichte van zwaar aangetaste

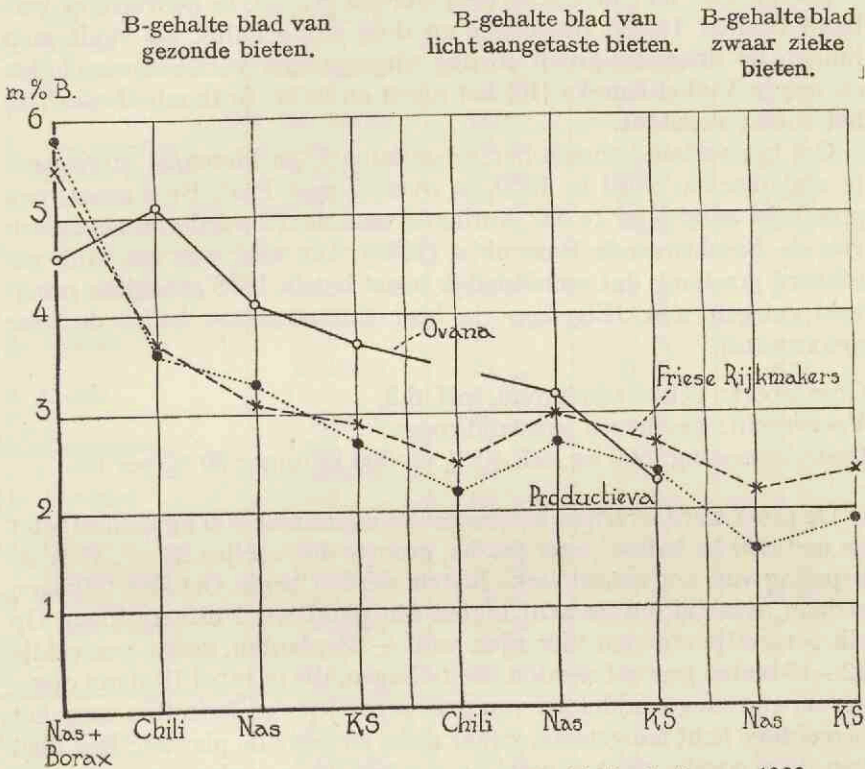


Fig. 3. Overzicht B-analyses Rassenproefveld St. Anthonus-1938.

bieten, dan vinden we voor Friese Rijkmakers 2,3 en voor Productiva 1,7⁵ milli % B. Men zou hieruit kunnen afleiden, dat de boriumbehoefte van de Friese Rijkmakers groter is dan van Productiva. Voor Ovana bestaat hierop door het ontbreken van zwaar aangetaste bieten geen contrôle. Dit beperkte cijfermateriaal geeft echter niet de indruk, dat de relatieve B-behoefte der onderzochte rassen veel uiteenloopt, zodat deze moeilijk ter verklaring van de gebleken resistentieverschillen kan worden gebruikt. Het is niet onmogelijk, dat hierbij de absolute boriumbehoefte — uitgedrukt in de hoeveelheid opgenomen borium per ha — een betere maatstaf zou vormen. Overigens zij hier nog opgemerkt, dat de hartrot-resistentie ook met de alge-

mene gezondheidstoestand der bieten zal samenhangen en bij de hier onderzochte rassen in het geval van natronsalpeter groter is gebleken dan bij bemesting met kalksalpeter (zie speciaal Ovana).

In de proeven van 1938 werd als volgorde van resistentie gevonden: Vinkel: Barres (12) > Teutonia (14) > Friese Rijkmakers (18) > Eureka (16).

St. Anthonis: Ovana (16) > Productiva (12) > Friese Rijkmakers (18).

Hieruit kan niet met zekerheid worden gezegd, in hoeverre er verband bestaat tussen resistentie en drogestof-gehalte. Zo vindt men binnen de drogestof-groep 16 nog uitgesproken variëteitsverschillen en was in Vinkel Eureka (16) het minst en in St. Anthonis Ovana (16) het meest resistent.

Om het verband tussen hartrot-resistentie en bietenras uitvoeriger te onderzoeken werd in 1939, in overleg met Prof. BROEKEMA, een proefveld aangelegd te St. Anthonis met de 29 voederbieten-rassen van de Beschrijvende Rassenlijst (1938). Dit veld was een stuk gescheurd grasland, dat onmiddellijk naast het in 1938 gebruikte proefveld gelegen was. (Eigenaar de heer CORNELISSEN, leider de heer SPRENKELS).

Grondsoort: lichte zandgrond, pH 6,3.

Voorvrucht: gescheurd grasland/rogge.

Onderbemesting: 600 kg kali 40 % en 800 kg super 20 % per ha.

De proef werd in triplo uitgevoerd in series met 800 kg chilisalpeter en met 800 kg kalksalpeter per ha, grootte der veldjes 28 m². Voor de bepaling van het aantal zieke bieten werden begin October tellingen gedaan, waarbij om de acht bieten één plant werd uitgetrokken. Op elk perceeltje stonden vier rijen van \pm 25 planten, zodat per veldje 12—13 bieten geogst werden. De tellingen, die in tabel 19 staan opgegeven, zijn de gemiddelden van drie perceeltjes en betreffen weer het percentage licht aangetaste, zwaar zieke en gezonde planten. Het blad van de geogste planten werd opgestuurd voor analyse en gedroogd.

Hiervoor werd vermeld, dat de proef werd uitgevoerd op gescheurd grasland. Het is een ervaringsfeit uit de praktijk, dat boriumgebrekverschijnselen zich op gescheurd grasland meestal in heviger mate voordoen, dan op in cultuur zijnde akkergrond. In dit geval was de in Chilisalpeter aanwezige hoeveelheid borium dan ook onvoldoende om de ziekteverschijnselen in bevredigende mate tegen te gaan. Voor de beoordeling der resistentie heeft dit echter het voordeel, dat een dubbele maatstaf bestaat en dat de verschillen tussen de diverse rassen, zowel bij kalksalpeter als bij chilisalpeter, meer uitgesproken zijn. Al aanstonds blijkt, dat er een duidelijk onderscheid bestaat tussen de resistentie van de vier drogestof-groepen. Gemiddeld over de gehele groep zijn de volgende cijfers over de aantasting te geven (tabel 20).

TABEL 19.

Bieten-Rassenproefveld St. Anthonis 1939. Hartrot-aantasting in procenten.

Ras	Bemesting	Percentage		
		gezond	licht ziek	zwaar ziek
1. Friso Voederbiet	Chili	67 %	26 %	7 %
	Kalksalp.	—	39 %	62 %
2. Voedersuiker- biet C.B.	Chili	42 %	42 %	16 %
	Kalksalp.	16 %	45 %	39 %
3. Rijmax	Chili	59 %	27 %	15 %
	Kalksalp.	15 %	39 %	46 %
4. Zeelandia	Chili	45 %	33 %	22 %
	Kalksalp.	26 %	20 %	54 %
5. Voedersuikerb. Zwaan en Co.	Chili	49 %	31 %	21 %
	Kalksalp.	25 %	20 %	55 %
6. Kuhn P.	Chili	53 %	11 %	37 %
	Kalksalp.	9 %	28 %	63 %
7. Groeningia	Chili	84 %	11 %	5 %
	Kalksalp.	45 %	23 %	33 %
8. Eureka	Chili	88 %	7 %	5 %
	Kalksalp.	72 %	21 %	8 %
9. Ovana	Chili	91 %	9 %	—
	Kalksalp.	69 %	8 %	23 %
10. Groenkraag	Chili	75 %	17 %	8 %
	Kalksalp.	62 %	22 %	16 %
11. Favoriet	Chili	82 %	12 %	6 %
	Kalksalp.	49 %	27 %	24 %
12. Ceres Groenkraag	Chili	85 %	13 %	3 %
	Kalksalp.	57 %	22 %	22 %
13. Hollandia Groenkraag	Chili	70 %	8 %	23 %
	Kalksalp.	65 %	10 %	25 %
14. Alpha	Chili	67 %	16 %	18 %
	Kalksalp.	30 %	25 %	45 %
15. Teutonia	Chili	74 %	11 %	14 %
	Kalksalp.	65 %	14 %	22 %
16. Corona	Chili	78 %	15 %	7 %
	Kalksalp.	78 %	8 %	14 %
17. Groene Koningin	Chili	97 %	3 %	—
	Kalksalp.	69 %	25 %	6 %
18. Jobar	Chili	80 %	20 %	—
	Kalksalp.	60 %	23 %	18 %
19. Gele Ecken- dorfer C.B.	Chili	93 %	5 %	3 %
	Kalksalp.	73 %	11 %	16 %
20. Bruëlis	Chili	87 %	8 %	5 %
	Kalksalp.	77 %	14 %	9 %
21. Buggenumsche Gele	Chili	84 %	17 %	—
	Kalksalp.	61 %	3 %	36 %
22. Buggenumsche Joordens	Chili	91 %	6 %	3 %
	Kalksalp.	69 %	17 %	14 %

Vervolg TABEL. 19.

Ras	Bemesting	Percentage		
		gezond	licht ziek	zwaar ziek
23. Productiva	Chili	84 %	8 %	8 %
	Kalksalp.	83 %	17 %	—
24. Agrotis	Chili	84 %	12 %	4 %
	Kalksalp.	68 %	12 %	20 %
25. Strijp 8	Chili	92 %	8 %	—
	Kalksalp.	77 %	12 %	12 %
26. Peragus	Chili	96 %	4 %	—
	Kalksalp.	73 %	23 %	5 %
27. Barres CB	Chili	100 %	—	—
	Kalksalp.	58 %	29 %	13 %
28. Ceres	Chili	87 %	13 %	—
	Kalksalp.	81 %	15 %	4 %
29. Hollandia	Chili	96 %	4 %	—
	Kalksalp.	88 %	13 %	—

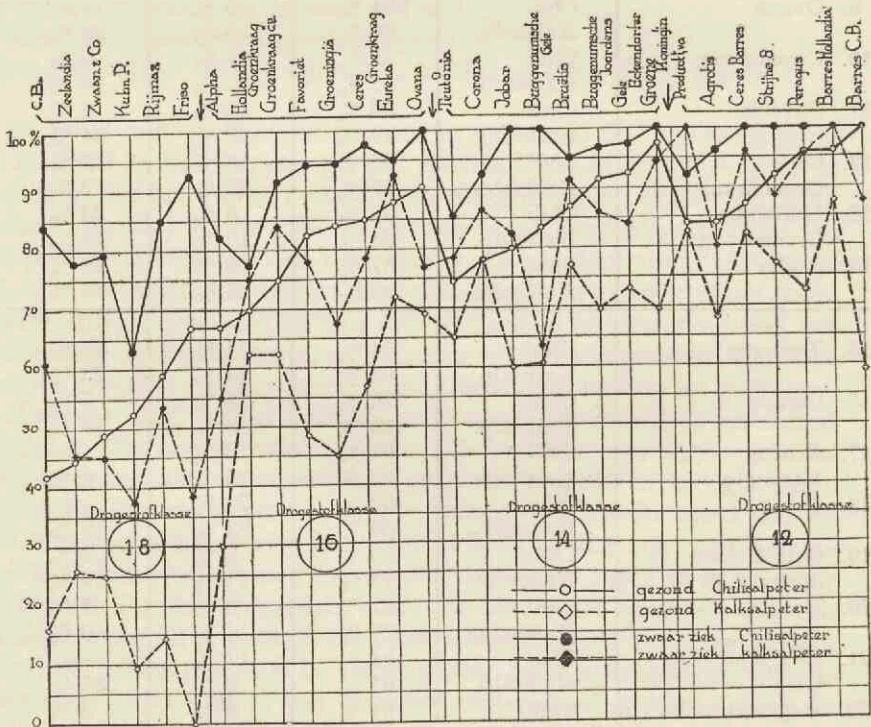


Fig. 4. Rassenproefveld St. Anthonis-1939. Hartrotaantasting in procenten.

TABEL 20.

Rassenproefveld St. Anthonis 1939. Hartrotaantasting in procenten.

Groep	Gezond		Licht aangetast		Zwaar aangetast	
	Ch.	Ks.	Ch.	Ks.	Ch.	Ks.
18	57	19	26	31	18	50
16	80	58	12	19	9	23
14	86	69	11	14	4	17
12	91	75	7	17	2	8

Het is meer in het bijzonder groep 18, die zich van de andere groepen door een geringere hartrot-resistentie onderscheidt. Tussen deze overige groepen zijn de verschillen, hoewel van betekenis, minder groot. In iedere groep komen verder weer individuele verschillen voor, zodat het zeer goed kan voorkomen, dat rassen van een hogere drogestof-klasse een grotere resistentie hebben dan die van de daaropvolgende lagere drogestof-klasse. Alleen voor groep 18 gaat dit niet op. Natuurlijk kan het niet de bedoeling van deze proef zijn tot een afzonderlijke waardering van de variëteiten binnen een bepaalde groep te komen. Hiervoor is het materiaal niet uitgebreid genoeg, terwijl de cijfers voor kalksalpeter en chilisalpeter ook niet parallel lopen. Bij een vergelijking van de resultaten van 1938 met die van 1939 blijkt toch wel een zekere reproduceerbaarheid te bestaan. Bij vervanging van Friese Rijkmakers (1938) door Voedersuikerbiet C.B. (welke uit handelszaad Fr. R. geselecteerd is), vinden we in 1939 bijna dezelfde volgorde voor afnemende resistentie, nl.:

Barres (12) > Eureka (16) > Teutonia (14) > Voedersuikerbiet C.B. (18)

en Ovana (16) > Productiva (12) > Voedersuikerbiet C.B. (18).

Alleen Eureka gaf het laatste jaar een veel gunstiger resultaat. Ovana daarentegen bleek in beide jaren een zeer resistent ras, ondanks zijn hoge drogestof-gehalte, terwijl Friese Rijkmakers (resp. voedersuikerbiet C.B.) in alle gevallen tot de minst resistente behoorde.

Analyses van het rassenproefveld 1939. Daar bij al het tot nu toe verkregen materiaal steeds de bietenwortels weinig in gehalte uiteenliepen, onverschillig ras of gezondheidstoestand, werden van het laatste proefveld alleen de bladeren onderzocht, waarbij ter beperking van het aantal analyses een gemiddeld monster van het begin October geoogste blad, per ras en per soort nitraatbemesting werd gemaakt. Evenals bij de vorige in dit hoofdstuk vermelde analyses, werd de B-bepaling in duplo uitgevoerd; de gemiddelden van deze duplo zijn samengevat in tabel 21. Binnen elke groep variëren de gehalten nog wel iets, gemiddeld over de verschillende groepen liggen de gehalten weinig uiteen.

TABEL 21.

Boriumanalyses Rassenproefveld St. Anthonis (1939). (milliprocenten op droge stof).

	Rassen	Chili blad	Kalksalpeter blad
<i>Drogestof-groep 18</i>	Friso	3,0	2,7
	Voedersuikerb. CB	2,8	2,2
	Rymax	3,4	2,2
	Zeelandia	3,6	2,2
	Voeders. b. Zwaan	2,8	2,4
	Kuhn	2,4	2,0
<i>Drogestof-groep 16</i>	Groeningia	4,2	3,4
	Eureka	3,6	3,2
	Ovana	3,4	2,8
	Groenkraag CB	3,4	2,7
	Favoriet	3,4	3,0
	Ceres Gr. Jaapjes	3,8	3,0
	Hollandia	3,9	2,7
	Alpha	3,1	2,4
<i>Drogestof-groep 14.</i>	Teutonia	3,4	2,6
	Corona	3,6	3,2
	Gr. Koningin	3,6	2,9
	Jobar	4,2	2,9
	Gele Eckendorfer	3,4	2,8
	Bruëlis	3,4	2,8
	Buggenumsche Gele „ Joordens	3,6 4,4	3,0 2,7
<i>Drogestof-groep 12</i>	Productiva	3,7	3,2
	Agrolis	3,8	3,1
	Strynö	4,0	3,2
	Peragis	3,4	3,5
	Barres CB	3,7	3,0
	Ceres Barres	3,8	2,8
	Hollandia	3,7	2,8

TABEL 22.

Rassenproefveld St. Anthonis 1939. Gemiddeld boriumgehalte in blad.

Drogestof klasse	Chilisalpeter	Kalksalpeter
Groep 18	3,0 m %	2,3 m %
„ 16	3,6 m %	2,9 m %
„ 14	3,7 m %	2,9 m %
„ 12	3,7 ⁵ m %	3,1 m %

Alleen groep 18 onderscheidt zich van de andere groepen door een wezenlijk lager gehalte. Aangenomen, dat de relatieve boriumbehoefte voor de verschillende rassen dezelfde is, is dit lage bladgehalte in overeenstemming met de procentsgewijze grotere aantasting bij de hoogste drogestof-klasse. Een verklaring kan echter langs deze weg voor de uitzonderingspositie van groep 18 niet gegeven worden.

Bezien we tot slot nog de opbrengstcijfers voor de 29 rassen, die zijn weergegeven in tabel 23 en hieronder zijn gemiddeld voor de vier drogestof-groepen.

TABEL 23.

Opbrengst vers gewicht van bieten en blad van het bietenrassenproefveld St. Anthonis (1939) in kg per are.

Rassen	Chili bieten	Kalksalp. bieten	Chili blad	Kalksalp. blad
Friso	624	592	172	136
Voedersuikerb. CB	608	524	164	126
Rymax	642	570	192	134
Zeelandia	494	440	186	144
Voeders. b. Zwaan	452	392	224	206
Kuhn	446	418	172	142
Groeningia	770	700	118	116
Eureka	584	530	96	88
Ovana	736	662	136	162
Groenkraag CB	690	574	136	152
Favoriet	746	658	120	112
Ceres Gr. Jaapjes	666	658	122	102
Hollandia	746	674	98	100
Alpha	648	558	176	158
Teutonia	732	590	194	164
Corona	874	690	144	104
Gr. Koningin	750	584	124	96
Jobar	840	590	196	140
Gele Eckendorfer	832	556	154	108
Bruëlis	696	530	200	170
Buggenumsche Gele . . .	676	512	142	118
„ Joordens	698	536	166	148
Productiva	894	650	198	174
Agrolis	854	634	190	152
Strynō	908	660	200	148
Peragis	914	688	162	154
Barres CB	972	742	200	176
Ceres Barres	968	736	188	160
Hollandia	1070	750	202	198

TABEL 24.

Opbrengst vers gewicht rassenproefveld 1939, in kg per are.

Groep	Bieten		Blad	
	Ch.	Ks.	Ch.	Ks.
18	544	489	185	148
16	698	627	125	123
14	762	574	165	131
12	954	694	191	166

Rekening houdend met het drogestof-gehalte der bieten, liggen de bietenopbrengsten niet zo veel uit elkaar, het hoogst voor groep 16. Opvallend is echter het verloop van de bladopbrengst (vers gewicht), welke bij groep 18 het hoogst is, daarna plotseling sterk afneemt bij groep 16 om bij de groepen 14 en 12 weer geleidelijk toe te nemen. Daardoor wordt de opbrengstverhouding biet : blad voor groep 18 sterk afwijkend van die der andere groepen.

TABEL 25.

Groep	Berekende drogestof-opbrengst bieten in kg/are		Verhouding vers gewicht biet : blad	
	Ch.	Ks.	Ch.	Ks.
18	98	88	2,9	3,3
16	112	100	5,6	5,1
14	106	80	4,6	4,4
12	114	83	5,0	4,2

Mogelijk kan in deze afwijkende verhouding, althans voor groep 18, een verklaring gezocht worden voor de geringere resistentie tegen hartrot, vergeleken bij de andere rassen. Ook bleek van de begin October geogste bieten de opbrengst aan drogestof voor het blad van groep 18 ongeveer 30—40 % hoger te zijn, dan voor de andere groepen.

Interessant is het hier nog te wijzen op de proeven van DENNIS EN O'BRIEN (1936) met verschillende koolrapenrassen. Deze onderzoekers meenden de verschillende gevoeligheid voor boriumtekort terug te kunnen voeren op een combinatie van ongelijk relatief wortelgewicht t.o.v. het knolgewicht en de mindere of meerdere vertakking der wortels.

HOOFDSTUK IV

BORIUM EN BEMESTING

INLEIDING.

Het bemesten van de grond met plantaardige en dierlijke afval, ter verhoging van de vruchtbaarheid, schijnt reeds van lang vóór onze tijdrekening te dateren en was bv. bij de oude Arabieren en Romeinen in gebruik. Ook anorganische stoffen, zoals de as van plantaardige en dierlijke afvalstoffen en verder kalk, mergel en gips, afkomstig van natuurlijke vindplaatsen, hebben in de loop der eeuwen als meststof toepassing gevonden, zij het ook meer plaatselijk en minder stelselmatig. Zonder zich van het waarom nauwkeurig rekenschap te geven, zat hierbij toch wel de algemene overweging voor, dat voedingstoffen, die door de plant aan de grond onttrokken waren, op deze wijze weer konden worden aangevuld. Deze opvatting blijkt bv. uit een merkwaardige, door RUSSELL (1937) aangehaalde, passage uit het werk van PALISSY (1563), welke aldus begint: „You will admit that when you bring dung into the field it is to return to the soil something that has been taken away . . .”

De toepassing van anorganische meststoffen schijnt echter lang plaatselijk en tijdelijk van aard te zijn gebleven en ook de ontdekking van GLAUBER (1656), dat salpeter in staat is een aanzienlijke opbrengstvermeerdering te geven, leidde niet tot een gebruik hiervan op grote schaal.

Eerst in de eerste helft van de 19e eeuw verhelderden de inzichten over de anorganische bestanddelen van de plant — dank zij het werk van DE SAUSSURE, BOUSSINGAULT, SPRENGEL, LIEBIG e.a. — zodanig, dat van diverse anorganische meststoffen een meer doelbewust gebruik kon worden gemaakt. De inzichten van deze periode vinden we voor een belangrijk deel reeds bij SPRENGEL in „Die Lehre vom Dünger” (1839), waarin de volgende vijftien, voor de plantengroei onmisbare, elementen worden opgesomd: O, C, H, N, S, P, Cl, K, Na, Mg, Ca, Al, Si, Fe en Mn. Hij was er zich zeer goed van bewust, dat hiermee de lijst van voedingselementen niet afgesloten was, nl. „Zwar hat man bis jetzt nur die 15 vorhin genannten Elementarstoffe gefunden, allein es ist nicht unwahrscheinlich, dass man noch mehrere andere darin entdecken wird, und sollte man sie dann auch stets und unter allen Verhältnissen darin wiederfinden, so berechtigt uns dieses zu der Annahme, dass sie zu ihrer chemischen Constitution eben so unentbehrlich sind, als alle übrigen bisher darin aufgefundenen Elementarstoffe.” Verrassend is, dat SPRENGEL het optreden van de

sporenelementen heeft voorzien en de mogelijkheid bespreekt, dat elementen als F, Li, Cu, en J aan de lijst moeten worden toegevoegd. Voor de bemestingsleer van groot belang is ook zijn „wet van het te veel en te weinig”, welke ten onrechte, als wet van het minimum, aan LIEBIG wordt toegeschreven ¹⁾, maar waarvan in „Die Lehre vom Dünger” reeds sprake is. „So wie nur wegen Mangels irgend eines Nahrungsstoffes im Boden das Aufkommen gewisser Pflanzen unmöglich wird, eben so unmöglich wird auch ihr Wachstum in dem Falle, dass ein Nahrungsstoff in zu grosser Menge darinvorkommt”.

Deze theorie hield dus in, dat zowel een tekort aan als een teveel van één enkel voedingselement schadelijk kan zijn voor de plantengroei, ook al zijn alle andere factoren gunstig daarvoor. Daardoor kan de opbrengst van een gewas beperkt worden door de voedingsstof, die in het minimum is, hetgeen evenzeer geldt voor de hoofdvoedings-elementen als voor die elementen, welke slechts in kleine hoeveelheden nodig zijn.

Hiermede waren de grondslagen voor de bemestingsleer gelegd en men kan dan ook zeggen, dat dit de eerste stoot gaf voor een regelmatig en groter gebruik van anorganische meststoffen. De ontwikkeling van dit verbruik vinden we in grote trekken weergegeven in HONCAMP's „Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre”, dat de volgende perioden onderscheidt:

1830—1840: alleen toepassing van Chilisalpeter en gemalen beenderen,
 1840—1860: guano verheugt zich in een bijzondere belangstelling,
 1860—1880: geleidelijke invoering van superfosfaat en kalizouten,
 1880—1900: toepassing van Thomasslakkenmeel,
 1900—1913: optreden van de synthetische kunstmestindustrie,
 na 1918: sterke toename in het verbruik van synthetische N-producten en kalizouten.

Plantenziekten. Voedingsstoornissen. Met het sterk toegenomen gebruik van kunstmeststoffen is een aanzienlijke productievermeerdering tot stand gebracht, maar zijn tevens verschillende fouten in het bemestingssysteem aan het licht gekomen. Men mag dit niet alleen wijten aan het beperkte inzicht der plantenphysiologen, dat noodzakelijk ook merkbaar was in de bemestingsleer, maar moet hierbij ook rekening houden met het feit, dat de practijk van de bemesting geen gelijke tred hield met de theorie. Beide punten kunnen in verband worden gebracht met het optreden van talrijke, ten dele zelfs onbekende, plantenziekten, die rechtstreeks op voedingsstoornissen zijn terug te voeren. Uit de „wet van het minimum” volgt eigenlijk reeds, dat onbekendheid met alle voor de plant benodigde elementen de mogelijkheid in zich sluit van het optreden van niet nader definiëerbare plantenziekten. In de practijk heeft men zich

¹⁾ Zie C. A. BROWN (1938) Unsolved problems of agricultural chemistry.

om deze mogelijkheid weinig bekommerd en de bemesting gespecialiseerd op slechts enkele elementen, t.w. N, P, K en Ca, welke alleen als noodzakelijk werden beschouwd.

Men heeft nu lange tijd ten aanzien van de andere elementen, meer in het bijzonder de sporenelementen, gemeend, dat de door plantenfysiologen gevonden feiten alleen theoretisch van belang zijn, omdat deze elementen in zo kleine hoeveelheden nodig zijn, dat ze door de grond geleverd kunnen worden. Het optreden van talrijke deficiëntieziekten in de practijk heeft echter het tegendeel bewezen. Men kan hier dan ook aanstonds aan toevoegen, dat de sporenelementen wel in kleine hoeveelheden door de plant worden opgenomen, maar dat ze ook slechts in geringe hoeveelheden in de grond voorkomen.

Uitputting van de grond. Belangwekkend is in dit verband een vergelijking, die BOBKO (1937) maakte tussen hoofd- en sporenelementen, betreffende het voorkomen daarvan in grond en in planten. Op grond van gemiddelde cijfers kwam hij tot een schatting van het aantal jaren, dat de in de grond aanwezige voorraad nog toereikend zou zijn voor de plantenproductie.

TABEL 26.

Element	Totaal gehalte in grond in %	Gehalte in de plant in %	Concentratie-coëfficiënt	Tijd, gedurende welke de voorraad in de grond toereikend is voor de plantenproductie
N	0,5	2	4	375 jaar
P	0,1	0,5	5	300 „
K	2	2	1	1500 „
B	0,0001—0,001	0,001—0,01	1—100	15-1500 „
Mn	0,1	0,01	0,1	15000 „
Zn	0,00001	0,00001	1	1500 „

In hoofdstuk I is voor Nederland een schatting gemaakt over de boriumvoorraad in onze zandgronden, welke bij een normaal verbruik van 500 g B per ha per jaar nog toereikend zou zijn voor \pm 30—150 jaar. Al naar gelang van de maatstaf, die hierbij aangelegd wordt, kan men dit optimistisch of pessimistisch beoordelen, een feit blijft, dat deze gronden in de boriumvoorziening van verschillende knolgewassen reeds thans ernstig tekort schieten.

Historisch beschouwd hangt het optreden van de deficiëntieziekten met de volgende drie factoren samen:

1. Zolang de grond organisch bemest werd, bleef de productie in zekere mate beperkt, waardoor aan de grond geen hoge eisen gesteld

werden, wat de voorziening met sporenelementen aangaat. Ook blijft met de organische bemesting een deel van deze elementen in omloop en, wat nog belangrijker is, wordt de structuur van de grond op peil gehouden. Hierdoor is het inwendige oppervlak van de grond aanzienlijk groter (betere doorworteling) en wordt de minerale reserve voor een groter deel beschikbaar gesteld.

2. Met de intensivering van de landbouw door het toenemende gebruik van meststoffen werden in verschillende opzichten aan de grond hogere eisen gesteld. Een leerzaam voorbeeld is gegeven door BERTRAND (1939), die naging, dat het eerste optreden van hartrot in Frankrijk (PLUCHET 1854) samenging met een intensivering van de bietencultures. Deze intensivering vond nl. zijn oorzaak in het ontoereikend worden van de alcoholproductie uit wijn, als gevolg van een schimmelziekte in de druiven.

3. Ernstig werd het juiste evenwicht in de bemesting pas gestoord door het gebruik van gezuiverde en synthetische producten, waardoor na 1900 en speciaal na de wereldoorlog nieuwe ziekten optraden en andere zich sterk verbreidden. Eén van de eersten, die wees op de uitputting van de grond door het gebruik van synthetische meststoffen was AGULHON (1910). „L'application de tout ou partie de cet engrais, en un mot, l'application de l'engrais chimique pur à la terre a donné lieu à des insuccès frappants. Plus que jamais, l'agriculture a recours aux engrais naturels, recherchant tous les résidus d'industrie et de culture utilisables; tourteaux, résidus de récoltes, excréments, débris végétaux et animaux de toute sorte”. BERTRAND stelde reeds in 1903 op het „Congrès international de chimie appliquée” te Berlijn voor om de gebruikelijke bemesting — met hoofdelementen — aan te vullen met elementen als Mn, Zn, B, J e.a.

Om het toenemende verbruik van synthetische meststoffen te illustreren willen we hier enkele cijfers aanhalen over het gebruik van gezuiverde kalizouten en synthetische nitraten. In Duitsland nam het gebruik van kalizout „40” naar verhouding veel sterker toe dan van kainiet.

TABEL 27.
Verbruik van kalizouten in Duitsland (in tonnen).

	1880	1890	1900	1929
Kainiet	2900	22100	89800	194100
Kalizout „20” . . .	300	700	600	19200
Kalizout „30” . . .	100	100	100	14700
Kalizout „40” . . .	—	—	21600	479200

In Nederland werd van '38 op '39 op 441.500 ton kalimeststoffen slechts 9000 ton kainiet gebruikt (uitgedrukt in tonnen K_2O).

Wat betreft het verbruik van synthetische nitraten geeft een „Mededeeling van het Landbouwkundig Bureau der Staatsmijnen” (19,

1938) ons uitsluitsel over het verbruik van stikstofmeststoffen in Nederland. Hieraan ontlenen we de volgende cijfers.

TABEL 28.
Stikstofverbruik in Nederland.

Bemestings- jaar	Totaal N-verbruik in tonnen N	Aandeel van enige soorten in % van het totale stikstof verbruik			
		Chilisalp.	zwavelz. ammoniak	kalksalp.	kalkammon salpeter
1922/23	25.200	83,3	14,7	1,6	—
1925/26	36.800	49,7	46,8	2,7	—
1928/29	63.800	32,1	41,7	17,3	—
1931/32	63.900	6,6	70,4	17,2	1,2
1932/33	66.400	6,0	60,2	12,5	17,2
1934/35	58.700	11,7	28,9	10,8	43,1
1937/38	85.700	10,5	19,3	9,5	50,5
1938/39	95.500	10,0	6,3	7,9	57,6

Deze cijfers tonen aan, dat zowel het totaal gebruik aan kunstmeststoffen, alsook het percentage aan chemisch zuivere stoffen steeds toeneemt. Het is in dit verband dan ook zeker geen toeval, dat juist omstreeks 1930 het optreden van hartrot in Nederland voor het eerst werd geconstateerd en zich in de volgende jaren sterk verbreidde.

Dat er een aanzienlijk verschil in bijmengsels zal bestaan tussen synthetische producten en natuurlijke meststoffen als stalment en guano, behoeft nauwelijks betoog, omdat deze laatste als stofwisselingsproducten ook de zeldzamere elementen in omloop houden. Volgens v. BRONSART (1938) mag men aannemen, dat met 100 kg stalment ongeveer 40 g Fe, 10 g Mn, 24 g Al en 12 g Ti aan de grond worden toegevoegd. Spectroscopisch lieten zich in stalment nog aantonen Ca, Na, Mg, Si, Ag, B, Cr, Ba, K, Ni, P, Sn, Sr, Zn, V en Cu.

Tot de natuurlijke meststoffen moeten ook Chilisalpeter en de kalizouten gerekend worden, waarbij de eerste waarschijnlijk van organische oorsprong, de kalizouten echter duidelijk van mariene oorsprong zijn. SHIVE (1936) stelde in Chilisalpeter (handelsproduct) de aanwezigheid van niet minder dan 28 sporenelementen vast, t.w. Al, Ba, Bi, B, Br, Ca, Cl, Cs, Cr, Co, J, K, Cu, Li, Pb, Mg, Mn, Mo, Ni, Pt, Si, Sr, Sn, Ti, V, Fe, Zn, S. Hiervan treden kalium, chloor, zwavel, borium en jodium het meest op de voorgrond. In grote trekken werd deze analyse, die gedeeltelijk chemisch, gedeeltelijk spectrografisch was, bevestigd door de spectrografische analyses van BRECKPOT (1937). Volgens JACOB (1939) komen in de kalizouten als voornaamste verontreiniging naast Na ook Mg, Cl, S, Rb, Cs, Cu, Mn, B en J voor. Zoals echter in het geval van borium hieronder wordt aangetoond, worden deze verontreinigingen bij de zuivering der kalizouten voor een groot gedeelte verwijderd.

In zekere zin kunnen Thomasslakkenmeel en Superfosfaat, hoewel producten van de chemische industrie, ook nog tot bovengenoemde groep gerekend worden, omdat de verontreinigingen der natuurlijke uitgangproducten bij het fabricageprocédé voor een gedeelte bewaard bleven. v. BRONSART (1938) vermeldt een gemiddelde analyse van Thomasslakkenmeel, waarin naast Ca, Si en P ook nog Fe, Mn, Mg, B, Ti, V, Cu, J en Li, Na, Sr, Ba, Cr, Ni, Zn waren aan te tonen, de laatste alleen spectrografisch. Volgens v. BRONSART moet er rekening mee gehouden worden, dat sommige sporenelementen hierin in minder goed oplosbare vorm voorkomen, waardoor de werking van deze sporenelementen niet onmiddellijk tot zijn recht komt. Het gehalte aan sporenelementen in superfosfaat is volgens KRÜGEL EN HEINRICH (1939) ten dele afkomstig van pyriet en zinkblenden, waar het zwavelzuur uit gemaakt wordt, voor een ander gedeelte uit de ruwe fosfaten. Gevonden zijn Mg, Fe, Al, S, As, F, Na, Cr, V, Cu, Mn, Pb, Ti, Zn en Ba. Merkwaardig is echter, dat borium hier niet of zeer slecht in vertegenwoordigd is.

Voor het borium kunnen we aan de hand van enkele cijfers aantonen, dat inderdaad de eertijds gebruikelijke „natuurlijke” kunstmeststoffen rijker zijn aan dit element, dan de producten van de chemische industrie. Een eerste voorbeeld is ontleend aan BERTRAND (1938), die analyses vermeldt van ongezuiverde en gezuiverde kalizouten, afkomstig uit de Elzas. Het bleek hem, dat de oorspronkelijke sylviniëtlagen dikwijls van 0,1 tot 0,6 % B bevatten en het product na een eerste zuivering $\pm 0,25$ %. Hieruit werd door verdere zuivering een fractie verkregen met 99 % K, maar met slechts 0,02 % B. Bovendien wordt voor het gebruik als meststof deze fractie weer op 20—35 % KCl gebracht, door menging met NaCl, zodat het uiteindelijke gehalte aan borium 0,005—0,007 % is.

GOTTSCHALL (1935) onderzocht verschillende meststoffen op borium en kwam daarbij tot volgende resultaten:

Chilisalpeter	van 0,01 — 0,03	% B
Kainiet	„ 0,008—0,01	% B
Thomasslakkenmeel	0,0018	% B
Belg. Krijtfosfaat	0,0013	% B
Gips	0,0011	% B
Stalmest	0,0004	% B

Bij enkele synthetische meststoffen vond hij met hoogste B-gehalten:

Ammoniumsulfaat	0,0024	% B
Kalkstikstof	0,0009	% B
$K_2SO_4/MgSO_4$	0,0003	% B

Alle andere synthetische producten, zoals hoogprocentige kalizouten, superfosfaat, andere fosfaten en natronsalpeter bevatten geen aantoonbare hoeveelheden borium.

Aan deze analyses kunnen nog worden toegevoegd:

superfosfaat (v. D. LINDEN 1939) 0,0005 % B

Thomasslakkenmeel (v. BRONSART) 0,1—1 % B? (in minder goed beschikbare vorm).

Uit deze opsomming blijkt, dat Chilisalpeter verreweg het hoogste B-gehalte heeft van de onderzochte stoffen. In Nederland werd door het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht in Chilisalpeter over de jaren 1933 en 1934 een gemiddeld gehalte gevonden van 0,03 % B. In overeenstemming hiermee leverden eigen analyses gehalten op van 0,02—0,05 % en in bijzondere gevallen, zoals KNO_3 houdende salpeter, zelfs tot 0,1 %. In kalizout 20 en kalizout 40 konden wij titrimetrisch geen borium met zekerheid aantonen, zodat het gehalte hiervan gelijk of kleiner dan 0,0001 % is.

Vergelijking Chilisalpeter met synthetische nitraten. In het relatief hoge boriumgehalte van Chilisalpeter werd nu aanleiding gevonden om in enkele potproeven na te gaan, in hoeverre dit gehalte voldoende is voor de B-voorziening van bieten, welke in Nederland tot de meest verbouwde landbouwgewassen behoren. Dit heeft zowel belang uit historisch oogpunt, om het verschil in werking tussen „natuurlijke” en „synthetische” producten te demonstrenen, alsook rechtstreeks belang voor de practijk. In de volgende twee potproeven met Barres voederbieten, waren als stikstofmeststoffen enerzijds Chilisalpeter, anderzijds Arcadiansalpeter (een synthetische natronsalpeter uit Amerika) en kalksalpeter gekozen.

Potproef 5.¹⁾

Deze proef werd uitgevoerd op een arme zandgrond, afkomstig van het proefveld „de Dorschkamp” (Wageningse berg), welke in alle opzichten voor dit doel geschikt was. Deze grond was nl. gekenmerkt door een laag gehalte aan organische stof (3,3 %), een lage watercapaciteit (20 % collaps) en een gering waterverplaatsingsvermogen, terwijl hij bovendien in jaren niet met borium bemest was.

BRENCHLEY-potten werden gevuld met 7,56 kg grond, waaraan 10 g poederkalk was toegevoegd om de oorspronkelijke pH van 5 op 6,5 te brengen. De basisbemesting bestond verder uit 2,4 g $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{aq}$, 1,0 g KCl (overbemesting 0,75 g), 1,2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{aq}$, 0,12 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{aq}$ en enkele druppels 5 % FeCl_3 -oplossing. De grond was van te voren op 60 % van de watercapaciteit gebracht en werd ook tijdens de proef hier op gehouden.

Het schema van de variabele N en B-bemesting is aangegeven in tabel 29 (pag. 172).

Van de synthetische meststoffen werden dus series met en zonder borium aangezet, waarbij de hoeveelheid B aequivalent gekozen werd met de hoeveelheid die in Chilisalpeter aanwezig was (0,031 %). Het gehalte van Arcadiansalpeter en kalksalpeter bleek verwaarloosbaar. Om bovendien uitsluitend de boriumwerking der diverse meststoffen te kunnen vergelijken, werd aan alle potten met synthetische nitraten een hoeveelheid KJ toegevoegd, zodanig, dat ook deze weer aequivalent was met het in Chilisalpeter aanwezige jodium.

¹⁾ Gepubliceerd door HUDIG en LEHR (1938 a, b).

De hogere N en B bemestingen werden in de loop van de groeiperiode in resp. 2 en 3 keer toegevoegd. De standaardseries 2; 6 en 12 werden in zesvoud opgezet, alle andere series in triplo.

TABEL 29.
Schema van variabele N- en B-bemesting van proef 5.

	Chilisalpeter	Arcadiansalpeter	Kalksalpeter
1. zonder N zonder B	2. 1200 mg N	6. 1200 mg N	12. 1200 mg N
		7. 1200 mg N + 2,28 mg B	13. 1200 mg N + 2,28 mg B
	3. 2400 mg N	8. 2400 mg N	14. 2400 mg N
	4. 2400 mg N + 2,28 mg B	9. 2400 mg N + 4,56 mg B	15. 2400 mg N + 4,56 mg B
	5. 3600 mg N	10. 3600 mg N	16. 3600 mg N
		11. 3600 mg N + 6,84 mg B	17. 3600 mg N + 6,84 mg B

De werking van de B-bemesting bleek nu op tweeërlei wijze, nl. uit het geringere aantal gevallen van hartrot en uit een aanzienlijke opbrengstvermeerdering.

Uitgedrukt in procenten was het aantal ziektegevallen ongeveer als volgt over de diverse meststoffen verdeeld.

TABEL 30.
Potproef 5. Aantasting der bieten in procenten.

	Gezond	Licht aangetast	Matig aangetast	Zwaar aangetast
Chilisalpeter	50	25	25	—
Arcadiansalpeter	0	25	25	50
„ + borax	20	60	20	—
Kalksalpeter	30	25	45	—
„ + borax	50	50	—	—

In het bijzonder kan nog vermeld worden, dat bij Chilisalpeter en Arcadiansalpeter + borax nergens uitwendige ziektesymptomen (aan het blad) te zien waren, maar dat enkele matig aangetaste bieten bij de laagste N-gift van deze series voorkwamen. Zeer waarschijnlijk ging het bij deze bieten dan ook niet om een zuivere hartrot-aantasting hetgeen door de B-gehaltcijfers van deze proef (zie hoofdstuk III, pag. 148) bevestigd schijnt te worden. Latere proeven leerden ons, dat structuurbederf van de grond ook aanleiding kan geven tot rottingsverschijnselen in de biet. Daarentegen vertoonden bij de Arcadian-serie (zonder borax) juist de hogere N-giften zware hartrot-verschijnselen. Het blad was hierbij zeer sterk aangetast en ook de bieten

waren of geheel of grotendeels weggerot. De percentages voor kalksalpeter en kalksalpeter + borax lijken relatief gunstig, maar hangen samen met een gebrekkige ontwikkeling van deze bieten (zie de opbrengstcijfers). In dit verband zij alleen opgemerkt, dat kalksalpeter als een voor bieten minder geschikte N-meststof beschouwd moet worden.

Bij het geringe aantal herhalingen voor de hogere N-giften mag aan deze proef slechts een half-kwantitatief karakter toegekend worden. Bovendien waren enkele bieten door *Pythium* aangetast, zodat deze bij de opbrengstbepaling buiten beschouwing gelaten moesten worden. Het verloop van de verschillende curven staat echter door de contrôlepunten voldoende vast.

TABEL 31.

*Potproef 5. Barres voederbieten op Dorschkampgrond.
Gemiddelde drogestof opbrengst in g per pot.*

N-bemesting	Chilisalpeter	Arcadian-salpeter	Kalksalpeter
geen N, geen B	(22 ± 1) ¹⁾	(22 ± 1)	(22 ± 1)
1200 mg N, geen B	54 ± 5	37 ± 4	27 ± 3 ²⁾
1200 mg N + B	—	49 ± 10	35 ± 2
2400 mg N, geen B	56 ± 19 ¹⁾	27 ± 5	24 ± 2
2400 mg N + B	73 ± 13	85 ± 8	30 ± 3
3600 mg N, geen B	78 ± 5	29 ± 4	30 ± 3
3600 mg N + B	—	89 ± 7	31 ± 1

¹⁾ Eén der planten van deze triplo's was door *Pythium* aangetast. Bovendien lagen bij Chilisalpeter 2400 mg N de overblijvende duplo's zeer ver uiteen, vermoedelijk tengevolge van een structuurfout, zodat hier niet voldoende materiaal voor opbrengstbepaling aanwezig was.

²⁾ Hier waren twee van de zes planten door *Pythium* aangetast.

TABEL 32.

Gemiddelde drogestof opbrengst blad in g per pot.

N-bemesting	Chilisalpeter	Arcadian-salpeter	Kalksalpeter
geen N, geen B	(9 ± 1)	(9 ± 1)	(9 ± 1)
1200 mg N, geen B	27 ± 2	23 ± 2	27 ± 4
1200 mg N + B	—	26 ± 1	21 ± 1
2400 mg N, geen B	44 ± 14	32 ± 3	25 ± 2
2400 mg N + B	38 ± 4	36 ± 3	30 ± 3
3600 mg N, geen B	47 ± 5	29 ± 4	29 ± 3
3600 mg N + B	—	42 ± 7	32 ± 3

Toch gaven ook de opbrengstcijfers een duidelijk verschil in

werking te zien tussen de drie meststoffen. Terwijl de curven voor Arcadiansalpeter en kalksalpeter vrijwel horizontaal lopen, vertonen die voor Chilisalpeter en Arcadiansalpeter + borax een duidelijke stijging en illustreren zo de „wet van het minimum”. Immers wanneer één der voedingselementen (hier borium) in het minimum is, beperkt deze de productie en maakt de andere meststoffen (N, P, K) vrijwel waardeloos.

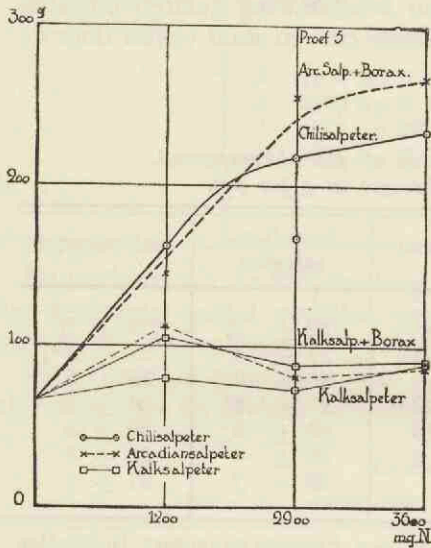


Fig. 5. Drooggewicht bieten (per drie potten). Proef 5.

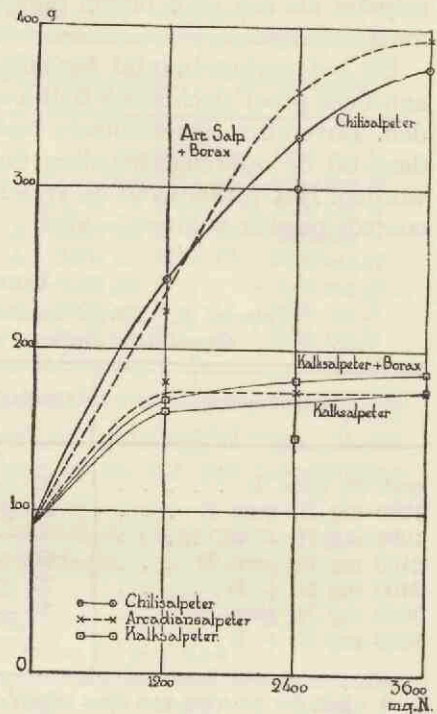


Fig. 6. Totaal drooggewicht biet + blad (per drie potten). Proef 5.

Potproef 6¹⁾.

Als tweede voorbeeld willen we nog een proef aanhalen, met dezelfde N-meststoffen als hierboven, maar met een voor bieten gunstiger grond. Deze zandgrond was afkomstig uit Diessen (N.-B.), had een gehalte aan organische stof van 4,5 %, een watercapaciteit van 30 % (collaps) en $\text{pH} = 6,5$. Bovendien was het waterverplaatsingsvermogen aanzienlijk beter dan van de grond in het eerstgenoemde voorbeeld.

Ook hier werden BRENCHELY-potten gebruikt, met 6,00 kg grond per pot en een basisbemesting van 2,15 g $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{aq}$, 1,2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{aq}$ en 2 druppels FeCl_3 opl. (5 %). Watergehalte 60 % van de watercapaciteit.

In deze potproef werden alle potten gelijk bemest met 2400 mg N, maar werd de vergelijking van de N-meststoffen uitgevoerd met opklimmende hoeveelheden K (als KCl). Alle series in triplo.

¹⁾ Gepubliceerd door HUDIG en LEHR (1939).

Het schema van alle variaties was aldus:

1. Chilisalpeter (0.043 % B) 2400 mg N
 2. Arcadiansalpeter 2400 mg N
 3. Arcadiansalpeter 2400 mg N + 6,31 mg B als borax.
 4. Kalksalpeter 2400 mg N
 5. Kalksalpeter 2400 mg N + 6,31 mg B.
- A. 525 mg K
 B. 900 mg K
 C. 1275 mg K
 D. 1650 mg K

De hoeveelheid B bij de synthetische N-meststoffen was weer aequivalent aan de in Chilisalpeter aanwezige hoeveelheid (0,043 %).

Evenals in de vorige proef werd een uitgesproken boriumwerking waargenomen. Terwijl van de met B bemeste planten geen enkele door hartrot werd aangetast, breidde het hartrot zich in de laatste periode van de proef over alle planten met synthetische N-meststoffen uit (één plant uitgezonderd).

Verder geven de opbrengstcijfers (tabel 33, grafiek 7) een uitgesproken, voor alle K-trappen nagenoeg gelijk, verschil aan tussen de series met en zonder borium, terwijl ook het suikergehalte der bieten duidelijk op de bemesting reageerde.

Gemiddeld over iedere groep was dit gehalte nl.:

Chilisalpeter	10,1 %	dito zonder borax
Arcadiansalpeter + borax	10,3 %	7,4 %
Kalksalpeter + borax	9,7 %	8,7 %

TABEL 33.

Potproef 6. Gemiddelde drogestof opbrengst in g per pot.

	525 mg K	900 mg K	1275 mg K	1650 mg K
<i>a. Biet.</i>				
Chilisalpeter	57	57	61 ¹⁾	62
Arcadiansalpeter + borax	55 ¹⁾	57	65	67
Kalksalpeter + borax . .	33	31 ¹⁾	38	45
Arcadiansalpeter	34	43	43	46
Kalksalpeter	24	31	26	22
<i>b. Blad.</i>				
Chilisalpeter	40	48	47	44
Arcadiansalpeter + borax	39	42	36	47
Kalksalpeter + borax . .	40	41 ¹⁾	38	42
Arcadiansalpeter	35	35	38	38
Kalksalpeter	38	31	34	33

1) Bij deze waarden viel een der planten uit.

Evenwichtige bemesting.

In de inleiding van dit hoofdstuk werden als grondslagen voor de bemestingsleer, naast de noodzakelijkheid van verschillende elementen, het principe van het aanvullen der voorraden en de wet van het minimum genoemd. Omstreeks 1840 beschouwde men de grond min of meer als een voorraadschuur, waarin bemesting aan moest vullen wat er door de plant uit verbruikt was en wel zoodanig, dat voor iedere voedingsstof een be-

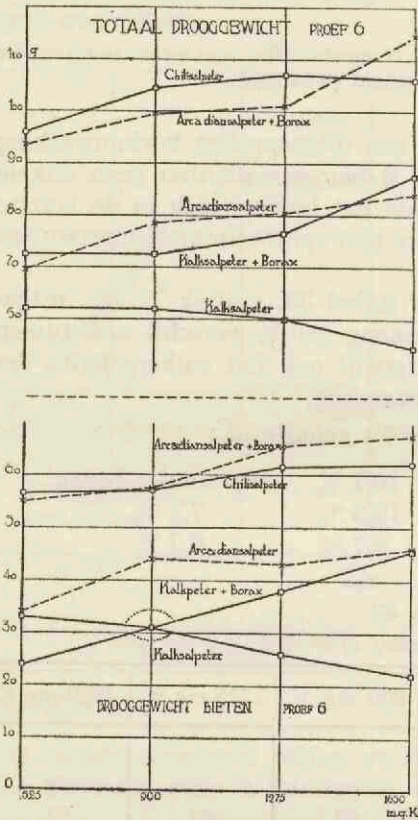


Fig. 7.

van borosilicaten is opgeslagen en eerst door langzame hydrolyse voor de plant beschikbaar kan komen. Tegenover deze reserve is een kleiner gedeelte aanwezig in het organisch adsorptiecomplex (humus), welk gedeelte echter bewegelijker is en dus tot het beter beschikbare borium kan worden gerekend, zodat een wisselwerking tussen bodemoplossing en humus of tussen plant en humus aannemelijk schijnt. Langs deze weg zou ook een verklaring te geven zijn voor de fixatie van borium

1) Het begrip bufferen heeft hier een betekenis welke afwijkt van de in de chemie gebruikelijke. Hier treedt de vaste phase regelend op voor de concentratie in de oplossing.

paald minimum niveau — een concentratie-begrip — gehandhaafd bleef. Volgens nieuwere inzichten is niet het absolute niveau van een voedingselement het belangrijkste, maar wel de verhouding waarin de verschillende elementen aan de plant worden aangeboden. Men heeft dit echter met de bemesting niet rechtstreeks in de hand, omdat zowel kat- als anionen in de grond gebufferd¹⁾ worden, de eersten door anorgaanisch en organisch adsorptiecomplex beide, de laatste, maar minder rechtstreeks, door het organische complex (biologische buffer; HUDIG, 1934). Is het nu ook mogelijk de plaats, die het borium hierbij inneemt, te bepalen? In hoofdstuk I en II is getracht voor het borium na te gaan, hoe het in de grond aanwezig is en ook hoe het in omloop is. Voor zandgronden kunnen we ons reeds een vrij bevredigend beeld hierover vormen. Aangenomen kan worden dat de hoofdvoorraad van het borium hierin als minerale reserve in de vorm

op kalkhoudende gronden, waarvan voorbeelden gegeven zijn, o.a. door SCHARRER en SCHROPP (1934) en onlangs door TRUNINGER (1938). Stelt men zich het in de grond aanwezige boorzuur gebonden voor aan het humuscomplex, dan blijft dit beneden pH 7 nog vrij beweeglijk, maar wordt daarboven speciaal bij de toevoeging van Ca vastgelegd door het uitvlokken van de humus. Is het humuscomplex eenmaal uitgevlokt, dan komt dit voor verdere complexvorming met boorzuur niet meer in aanmerking of wel heeft deze complexvorming zo langzaam plaats, dat het later ingebrachte borium grotendeels voor de plant beschikbaar blijft. Onder normale omstandigheden zal het aan de organische stof gebonden borium in omloop blijven en kan ook het door bemesting ingebrachte boraat in het organisch complex worden opgenomen. Volgens de uitwasproeven van KRÜGEL, DREYSPRING en LOTHAMMER (1938) wordt het ingebrachte borium bij zandgronden door een hoeveelheid water, overeenkomende met de regenneerslag van een jaar, voor ongeveer $\frac{3}{4}$ gedeelte uitgespoeld. Hoewel op het veld dit uitwassen waarschijnlijk minder effectief zal geschieden dan in een laboratoriumproef¹⁾ en ook het uitgewassen borium gedeeltelijk in de ondergrond bewaard blijft, wijzen deze proeven toch op een beperkte buffercapaciteit.

Van de in hoofdstuk II genoemde factoren, welke de boriumhuishouding van de grond bepalen, zal het voornamelijk van de snelheid van hydrolyse en uitspoeling afhangen, of de voorraad beschikbaar borium in de grond voldoende is voor de plantenproductie en hiernaar zal de bemesting zich dus moeten regelen. Hoewel de meststofbehoefte meestal empirisch bepaald wordt, hebben we in bovenstaande factoren toch enkele aanknopingspunten voor een bespreking.

Berekent men de hoeveelheid borium, die door landbouwgewassen per ha per oogst aan de grond onttrokken wordt, dan vindt men als uitersten voor granen (bij een oogst van 20.000 kg, drogestof-gehalte 15 %, boriumgehalte tot 0,001 %) 30 g borium en voor bieten (bij een oogst van 80.000 kg bieten, drogestof-gehalte 15 %, B-gehalte 0,002 % — en 10.000 kg loof met een drogestof-gehalte van 10 % en boriumgehalte van 0,0035 %) 275 g B per ha. Ook BRANDENBURG (1939) komt voor bieten tot een dergelijk bedrag, t.w. 300—400 g B per ha. Hieruit blijkt, dat de in het regenwater meegebrachte hoeveelheid borium (24—70 g B per ha) voor sommige gewassen een welkome aanvulling kan zijn, maar voor de meer eisende knolgewassen van geringe betekenis is. Deze laatste zullen toch voor een groot deel op het door hydrolyse vrijkomende borium aangewezen zijn. Gerekend over een jaar zullen de elkaar opvolgende gewassen wel zelden meer dan 500 g B aan de grond onttrekken. Volgens de schatting van pag. 137 zou dit van dezelfde orde zijn als de hoeveelheid, die door hydrolyse uit de bodem vrijkomt.

¹⁾ Ongeveer de helft van de neergeslagen regen verdampt en komt voor uitspoelen dus niet in aanmerking.

Een onzekere factor vormt hierbij de uitspoeling, omdat deze het meest variabel is van alle genoemde factoren. Bekend is dat hartrot-aantasting het hevigst is na een buitengewoon nat voorjaar en daaropvolgende warme en droge zomer. Waarschijnlijk houdt onder normale omstandigheden van klimaat en grond (niet te hoge pH, geen overmaat kalk, goede structuur en waterhuishouding) de uitspoeling geen gelijke tred met de hydrolyse, waardoor een zekere hoeveelheid aan beschikbaar B in het humuscomplex zou kunnen worden opgeslagen. Zoals ook uit de voor bieten meegedeelde borium-analyses kan worden afgeleid, gaat het bij de B-bemesting van bieten op onze zandgronden momenteel nog maar alleen om een aanvulling van het beschikbare borium.

Uit de inleiding van dit hoofdstuk is gebleken, dat in de eerste periode van het kunstmestgebruik de voorziening van de planten met sporenelementen geen probleem vormde, omdat door de toepassing van „natuurlijke” meststoffen het evenwicht tussen hoofd- en nevenvoedingselementen op vrij gelukkige wijze gehandhaafd bleef, zodat hiermee aan een essentiële voorwaarde voor het verkrijgen van volkomen normale planten voldaan was.

In het geval van borium werd de toevoer aan de grond geringer door de zuivering der kalizouten en de invoering van synthetische nitraten. Superfosfaat blijkt nagenoeg geen borium te bevatten, terwijl een boriumwerking van slakkenmeel in de praktijk nog niet is aangetoond. Van de natuurlijke meststoffen is daardoor Chilisalpeter nog de enige, die borium in belangrijke mate met zich meebrengt, zodat de vraag gerezen is, in hoeverre deze hoeveelheid voldoende is voor de praktische bemesting. In dit verband kan bv. gewezen worden op de proeven van SHIVE (1936), SCHARRER en SCHROPP (1934, 1935, 1937), SCHROPP en ARENZ (1938), GIESECKE en SCHMALFUSS (1938) en BAEYENS en DECKTERIOFF (1938) e.a.

In Nederland heeft de noodzaak van boriumbemesting zich tot nu toe eigenlijk alleen beperkt tot bieten en koolrapen, omdat deze op de meeste zand- en sommige rivier-kleigronden onvoldoende borium beschikbaar vinden. Het meest in het oog lopend was dit voor bieten, omdat deze naast een vrij grote boriumbehoefte op vrij grote schaal verbouwd worden (90.000 ha in 1938). Een bemesting van 800—1000 kg Chilisalpeter brengt gemiddeld 240—300 g B per ha mee, hetgeen ongeveer overeenkomt met de boriumbehoefte van een normale bietenoogst. Als aanvulling op het in de grond beschikbare B en bij min of meer regelmatig gebruik, kan dit in de meeste gevallen voldoende geacht worden, zoals in praktijkproeven kwam vast te staan. Als voorbeeld kunnen proefnemingen van het Inlichtings Bureau voor Chilisalpeter (ongepubliceerd) aangehaald worden, dat in 1935 twee en twintig proefvelden op verschillende plaatsen aanlegde, waarvan veertien duidelijke hartrotverschijnselen te zien gaven. Gemiddeld over deze veertien velden gaf Chilisalpeter minder dan 4 % hartrot, terwijl

synthetische natronsalpeter en kalksalpeter beide gemiddeld 37 % hartrot opleverden.

TABEL 34.

Percentages hartrot in veldproeven bij verschillende nitraatbemesting.

Proefveld	pH	Bijzondere opmerkingen	Chilisalpeter	Kalksalpeter	Synthetische natronsalp.	Ammonsalpeter
Schijndel . . .	5,7		0,8	6	5	—
Oploo	6,1		0,0	33	14	—
Vinkel	6,8		0,3	—	27	—
Vinkel	6,7		0,9	—	47	—
Vinkel	6,5	} gescheurd } grasland } 0,08% CaCO ₃ } 0,05% CaCO ₃	5,2	—	70	—
Vinkel	6,9		14	—	62	—
Acht	7,0		1,5	—	—	25
Acht	7,4		3,6	—	—	57
Acht	6,4		0,0	—	—	19
Diessen	6,2		2	36	38	—
Hunsel	5,4	} voorgewas } bieten	14	52	50	—
Kelpen	6,5		1,0	40	20	—
Boxtel	7,0		4	57	—	—
Boxtel	6,2		2	33	36	—

Niet in alle gevallen levert Chilisalpeter voldoende borium voor een afdoende bestrijding van het hartrot, omdat verschillende gronden zich in een extra ongunstige conditie bevinden (zie enkele vbd. boven). We denken hierbij aan gronden met slechte structuur of met gebrekkige waterhuishouding, maar ook aan gronden met een te lage pH en gronden, waarbij door overkalking het in omloop zijnde borium gefixeerd is. In de practijk zal het niet steeds mogelijk zijn deze oorzaken afdoende tegen te gaan, zodat men dan aangewezen is op een bemesting (of aanvullende bemesting) met borax. Ook voor koolrapen, die hogere eisen stellen aan de boriumvoorziening dan bieten, is een boraxbemesting dikwijls wenselijk. Een moeilijkheid, die zich hierbij echter voordoet, is het gelijkmatig verdelen van een betrekkelijk geringe hoeveelheid over een grote oppervlakte. Zo komt bij een bemesting van 10—40 kg borax per ha niet meer dan 1—4 g per m²! Hoewel men in de zgn. bietenborax een verdunning met zand heeft toegepast (1 : 5) is het duidelijk, dat de verdeling over het veld minder gelijkmatig plaats heeft dan met een vrijwel homogene natuurlijke meststof, waarin het borium bovendien samen met één of meer hoofdvoedingselementen wordt ingebracht ¹⁾.

¹⁾ Het voor de hand liggende mengen van borax met andere meststoffen levert in de practijk moeilijkheden op. Zo is menging van borax niet mogelijk met chilisalpeter „korrelproduct” en kalksalpeter (eveneens korrelproduct), echter wel met chilisalpeter „kristalproduct”. Bij menging met kalkammonsal-

Een andere kwestie, die hiermee samenhangt, betreft de dosering van de borax. Het is wel merkwaardig, dat de eerste ervaringen, die men met het gebruik van boorzuur en boraten opdeed, eerder op een schadelijke, dan op een gunstige werking wezen, omdat ze in te grote hoeveelheid werden toegevoegd (PELIGOT 1876). Toen men in de Verenigde Staten in de oorlogsjaren met de winning van kalizouten uit Searles Lake begon, bevatten deze zoveel borax, dat ernstige beschadiging van landbouwgewassen er het gevolg van was (SCHREINER, BROWN en SKINNER 1920). Ook het voorkomen van borium in irrigatiewateren — tot 3 mg per liter — is in Californië oorzaak geweest van beschadigingsverschijnselen (EATON 1935). Dat rechtstreekse bemesting met borax voor verschillende gewassen schadelijk kan zijn is gezien de betrekkelijk geringe buffercapaciteit van zandgronden niet verwonderlijk ¹⁾.

Voor de practijk in Holland van belang is alleen maar in hoeverre de voor bieten benodigde boraxgiften een schadelijke nawerking kunnen hebben voor het opvolgende gewas. BRANDENBURG (1939) heeft een bespreking aan dit probleem gewijd, waaruit blijkt, dat men over weinig practijk-gegevens beschikt en dat het overdragen van de resultaten van potproeven op de practijk dikwijls tot verkeerde conclusies leidt. Hijzelf voerde ook potproeven uit met opklimmende hoeveelheden borax bij bieten, waarvan de nawerking op erwten, gerst, rogge en tarwe onderzocht werd. Volgens berekening zou tot 60 kg $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{a}$ per ha generlei schadelijke nawerking gevonden zijn, noch wat uiterlijk, noch wat opbrengst der opvolgende gewassen aangaat. Ook BRANDENBURG's omrekening van potproefresultaten is echter niet zonder bezwaren. De planten groeien in potproeven onder veel gunstiger omstandigheden dan op het veld, zowel wat structuur als wat watervoorziening aangaat, zodat ze een hogere dosering van voedingszouten kunnen verdragen. In overeenstemming hiermee zijn ook de hoeveelheden van andere voedingszouten in potproeven hoger dan anders — omgerekend per ha — gegeven zou zijn. Belangrijker dan de absolute hoeveelheid lijkt daarom de verhouding van borax tot de andere voedingszouten. Tenslotte worden in potproeven de meststoffen zorgvuldig door de grond gemengd, terwijl op het veld bij strooien altijd plaatselijke concentratieverhogingen plaats vinden. Overtuigender had daarom een nawerkingsproef van BRANDENBURG op het vrije veld (met 60 kg borax op bieten, nagewas tarwe, geen beschadiging) kunnen zijn, wanneer deze behalve op kleigrond ook op zandgrond was uitgevoerd.

peter of zwavelzure ammoniak kan door de alkalische reactie van de borax ammoniak ontwijken. In Duitsland wordt in de laatste jaren een superfosfaat in de handel gebracht met 5 % borax (Borsuperphosphat).

¹⁾ Een geval van ernstige beschadiging en teruggang van de opbrengst deed zich in 1939 voor te St. Anthonis bij verschillende bonenrassen met 20 kg borax per ha.

In Nederland zijn, volgens de tot nu toe bekende gegevens, geen gevallen van schadelijke nawerking van boraxbemesting voorgekomen, zodat een bemesting van 10—20 kg borax per ha waarschijnlijk niet als buitensporig hoog beschouwd hoeft te worden.

Wat betreft de rendabiliteit van boraxbemesting kan gezegd worden, dat giften van 10—30 kg borax (overeenkomend met 1,1—3,3 kg B) per ha in de regel wel in staat zijn het aantal hartrotgevallen tot beneden 1—2 % te drukken. Over de beïnvloeding van de opbrengst lopen de beschikbare gegevens echter sterk uiteen. Van een vijftal proefvelden, in 1935 aangelegd, kon slechts in één geval een duidelijke meeropbrengst boven Chilisalpeter worden vastgesteld. De opbrengstcijfers van deze velden, alsmede de % hartrot-aantasting zijn onderstaand (tabel 35) weergegeven.

TABEL 35.

Invloed van stijgende boraxgiften op % hartrot en opbrengst in kg/ha.

	Natronsalp. synthetisch	Met 25 kg borax	Met 30 kg borax	Met 50 kg borax	Chili- salpeter
1. opbrengst	105 000	—	120 300	113 400	123 500
% hartrot	27	—	0,5	0	0,3
2. opbrengst	92 300	—	—	103 800	111 300
% hartrot	47	—	—	0,3	0,9
3. opbrengst	80 700	—	115 800	108 600	111 200
% hartrot	70	—	1,5	1,1	5,2
4. opbrengst	96 800	—	95 400	133 400	111 200
% hartrot	62	—	3	2	14
5. opbrengst	55 600	61 800	—	—	61 000
% hartrot	57	2	—	—	4

De velden 1 tot en met 4 waren alle gelegen te Vinkel, no. 5 te Boxtel (vergelijk ook met tabel 34).

Volgens de oudere gegevens van BRANDENBURG (1931, Wernersdorf) werd bij 4,5 kg borax per ha reeds een maximale opbrengst verkregen, terwijl MEYER-HERMANN (1933) over het gehele traject van 5—30 kg borax per ha geen wezenlijke verschillen in opbrengst vond. Volgens de nieuwere gegevens van BRANDENBURG (1939) werd op humeuze zandgronden van 10—40 kg borax per ha geen wezenlijk verschil vastgesteld, wel echter op $\pm 40\%$ der onderzochte kleigronden, waarbij tot 60 kg borax een duidelijke opbrengstvermeerdering optrad, op andere soms juist een teruggang.

Op grond van het bovenstaande kan dus geen vaste richtlijn aangegeven worden, hetgeen begrijpelijk is, niet alleen in verband met de verschillende bodemgesteldheid, maar ook uit een oogpunt van de op pag. 179 genoemde moeilijkheid, om kleine boraxgiften gelijkmatig

over het veld te verdelen, waardoor wisselvallige resultaten ontstaan. De proeven geven evenwel sterk de indruk, dat de hoge boraxgiften weinig rendabel zijn, terwijl volgens de uitwasproeven van KRÜGEL (1939) cs. een groot gedeelte weer uitspoelt. Gezien de betrekkelijk hoge prijs van dit product (f 13 per 100 kg) kan men zich afvragen of het niet lonend zou zijn af en toe minder oplosbare boraten voor bemesting te gebruiken (bv. Ca- of Mg-boraat of zelfs borosilicaten), waardoor de B-reserve van de grond zou worden vergroot en de uitspoeling aanzienlijk beperkt. Proeven in deze richting, met borocalciet, werden bv. in Oostenrijk genomen door DIETZ (1933) met gunstig resultaat.

Aan het eind van dit overzicht zouden we er nogmaals op willen wijzen, dat het verschijnsel van boriumarmoede van cultuurgronden niet alleen berust op een absoluut gebrek aan dit element, maar soms voor een belangrijk gedeelte te wijten kan zijn aan een verminderde beschikbaarheid door structuurbederf.

Eén van de voorwaarden voor structuurverbetering van de grond is het inbrengen van organische stof, hetzij als groenbemesting of als stalmest. Bij de gebruikelijke hoeveelheid, die hiervan gegeven wordt (50.000—100.000 kg/ha) wordt niet alleen de boriumvoorraad van de grond beter bereikbaar, maar wordt ook met de organische stof een vrij aanzienlijke hoeveelheid borium aan het organisch complex in de grond toegevoegd.

N a b e s c h o u w i n g.

Tenslotte kan men de boriumbemesting ook in een wijder verband bezien, nl. als onderdeel van het vraagstuk der voorziening van sporenelementen in het algemeen. Met opzet zijn we in de aanvang van dit hoofdstuk uitvoeriger ingegaan op de ontwikkeling van het bemestingswezen, om aan te tonen, dat juist de belangrijke groep der sporenelementen hierin een verwaarloosd gebied vormde, dat eerst (na ernstige tegenslagen bij de praktische bemesting) tot ontwikkeling begint te komen. Zeer zeker staan we met het onderzoek naar de werking dezer elementen en de noodzakelijkheid ervan voor de plant pas aan het begin. Het is zeer goed mogelijk, dat ook met de thans aan de lijst toegevoegde elementen B, Cu, Zn en Mn niet volstaan kan worden. Waar het voorts één der doeleinden van den plantenproducent is, een gezond gewas, ook in een zo groot mogelijke opbrengst, te verkrijgen, moet verder rekening worden gehouden met de concentratie der sporenelementen, welke, voor het bereiken van een maximale opbrengst, veelal hoger moet zijn dan alleen voor het voorkomen van gebreksziekten vereist wordt. Hierdoor kan men niet steeds volstaan, met het genezen van die gevallen, waar duidelijk een tekort gebleken is. Maar óók een maximale opbrengst is nog niet het enige criterium ter beoordeling van de oogst. Talrijke oogstproducten

dienen weer voor de voeding van mens en dier en moeten dienovereenkomstig beoordeeld worden. Het is waarschijnlijk, dat het gehalte aan sporenelementen, sinds de invoering van de synthetische kunstmest, binnen de door de plant gestelde grenzen is gaan teruglopen. We zijn er vermoedelijk nog ver vandaan, om in de kwaliteitsbeoordeling van oogstproducten de gehalten aan anorganische bestanddelen mee te rekenen en toch zijn uit de afgelopen jaren talrijke voorbeelden aan te halen van deficiëntieziekten bij mens en dier, die voor een belangrijk gedeelte zijn terug te voeren op onvolledigheden in de voeding en welke het opstellen van normen voor de gehalten aan anorganische bestanddelen wenselijk maken. Sporenelementen, waarvan bekend is, dat ze onmisbaar zijn in de voeding, zijn ijzer, koper en jodium, terwijl dit voor mangaan, zink en kobalt vrijwel zeker is. Minder zeker schijnt dit nog voor aluminium, strontium, vanadium, broom, borium, silicium en nikkel (zie bv. MC COLLUM, 1939). Ook voor Nederland zijn voorbeelden te geven van ziekten, samenhangend met voedingsstoornissen. Volgens REITH (1939) was er voor 1900 in ons land van endemische krop geen sprake en werd deze eerst in het begin van onze eeuw op verschillende plaatsen gesignaleerd. Hij wijt dit, naast het toegenomen gebruik van leidingwater inplaats van putwater, ook aan de toepassing van synthetische kunstmeststoffen, waardoor de natuurlijke meststoffen, grotendeels van organische oorsprong, op de achtergrond raakten. Ook de door BROUWER, FRENS, REITSMA en KALISVAART (1938) in de Wieringermeer waargenomen „weide-diarrhoe”, die vermoedelijk verwant is met de in Nieuw-Zeeland voor het eerst waargenomen „bush-sickness”, is terug te voeren op een tekort aan bepaalde anorganische bestanddelen in het voedsel, t.w. koper en kobalt.

Waar het vraagstuk van de bemesting van zo ingrijpende aard is, dat ook de gezondheid van mens en dier daarmee samenhangt, verdient ook de voorziening der sporenelementen grotere aandacht dan haar tot nu toe geschonken is. Uiteindelijk gaat het er hierbij voor de landbouw om, het juiste evenwicht te vinden tussen hoofd- en nevenvoedingselementen, een evenwicht, dat door het gebruik van synthetische producten ernstig verstoord dreigt te worden.

Geenszins kan men tussen natuurlijke en synthetische meststoffen een verschil maken, als zouden de natuurlijke meststoffen een ondefinieerbaar iets bevatten, dat niet ook aan de synthetische meststoffen toegevoegd kan worden, maar wel moet er op gewezen worden, dat zolang we niet nauwkeurig de werking der verschillende sporenelementen kennen en de omstandigheden, waaronder ze moeten worden toegevoegd, in het toenemende gebruik van synthetische meststoffen niet-denkebeeldige gevaren schuilen. Men zal hier allicht opmerken, dat de kunstmestindustrie zich in een historische ontwikkelingsgang bevindt, waarvan men de vooruitgang toch niet kan tegenhouden. Het merkwaardige feit heeft zich echter voorgedaan, dat niet

de kunstmestindustrie zich heeft ingesteld op de behoefte van de landbouw, maar dat omgekeerd de landbouw zich moest instellen op de kunstmestindustrie, hetgeen — zeker in het geval van de sporenelementen — voor de landbouw geen „vooruitgang” betekende. De natuurlijke meststoffen daarentegen hebben nog steeds dit voor, dat ze de sporenelementen bevatten in hoeveelheden, die vrij goed aangepast zijn aan de behoefte van de plant en die elkaar voor de verschillende meststoffen ook vrij goed aanvullen. We zien daaruit dat AGULHON's uitspraak „plus que jamais l'agriculture a recours aux engrais naturels, recherchant tous les résidus d'industrie et de culture utilisable” nog niets aan actualiteit heeft ingeboet. In het bijzonder moet hierbij ook gedacht worden aan het composteren van stadsafval, waarvoor in de laatste jaren verschillende procédés zijn aangegeven. Daarnaast kan men trachten het genoemde probleem van een andere zijde te benaderen, door het geheele gebied der sporenelementen aan een nauwkeurig onderzoek te onderwerpen, teneinde op deze wijze tot een synthese te komen. Tot de oplossing van het vraagstuk der sporenelementen — althans van een onderdeel daarvan — bij te dragen, was ook het doel van dit onderzoek.

SUMMARY

BORON AND THE SOIL.

In writing a treatise on the presence of boron in the soil, the form in which it is present there and how it keeps circulating, one is faced by the difficulty that the agricultural data obtained about boron give much information on the plant, but relatively little on the soil. In chapters I and II dealing with this subject, it has been endeavoured to fill up this gap with data acquired in another way, so as to provide a somewhat coherent review in so far as Dutch soils are concerned.

An important starting-point in this connection is the geo-chemically established fact that sea-water is on an average much richer in boron than the earth's crust; the average content of which may be estimated at 10^{-3} and 10^{-5} % B respectively. Especially GOLDSCHMIDT and PETERS collected valuable data on the presence of boron in rocks and soils, to the effect that marine sediments are appreciably richer in B than rocks and sediments of magmatic origin. Also recent sediments of sea-clay, although less rich in B than the geologically older sediments prove to contain appreciably more B than the products of disintegration rich in clay resulting from magmatic rocks. On the strength of this fact a low B-content might be expected in the river-clay soils; a possible mixing with sea-clay should, however, be taken into consideration. (Most likely this is the case with several soils on the old marine deposits of the Rhineland). Based on these data it may also be assumed that the Dutch sea-clay soils are richer in B than our river-clay soils and that our sandy soils must presumably be classed among the very poorest.

From an agricultural point of view this is confirmed by the spreading of the well-known deficiency diseases: heart-rot (in beets) and brown-heart (in turnips) in different types of soil. As far as is known, the data on this subject have been plotted in a heartrot-map of Holland (see page 119 of this treatise). Here the heartrot has consequently been taken as an indicator of the B-content of the soil. In fact this disease appears to occur more frequently and more severely on our sandy soils than on river-clay, whereas heartrot is practically unknown in our sea-clay provinces. Taking, however, brownheart in turnips as an indicator, various river-clay soils also show severe symptoms of boron deficiency (for instance in the 'Bommelerwaard'); but even with this indicator no such symptoms are found on sea-clay (for instance the district about Berlikum in the Province of Friesland).

In considering all this the absolute B-stocks in the soil should not only be taken into account, but also the availability for the plant of the various forms in which the B occurs. This brings us to the subject of the boron ecology in the soil. It may be assumed that in clay-soils — especially sea-clay — boron is fairly homogeneously distributed, which must certainly be to the advantage of the availability. The boron-content of sandy soils depends largely on their content of tourmaline and for a smaller part also on the boron fixed in organic matter (humus). The latter is of the greatest importance from the point of view of availability, though it must be assumed that B is also liberated from tourmaline by hydrolysis at a perceptible rate, at least in arable soil. This is demonstrated by means of culture experiments on glass sand with different content of tourmaline (See Chapter II, page 132).

Since it is the sandy soils which are most deficient in B content, it was endeavoured to acquire an insight into the stocks present in them. For this purpose several typical heartrot-soils were investigated as to their content of tourmaline (Chapter I, page 123), showing percentages ranging from 0,015 to 0,08 %, equal to a B-content of 0,0005—0,0025 %. On comparing these figures with petrographic data on the presence of tourmaline in various districts in Holland (EDEL-MAN, VAN BAREN, CROMMELIN), the tourmaline content determined in heartrot-soils does not turn out to be lower. Consequently no explanation can yet be given for the occurrence of a B-deficiency and a varying frequency of heart-rot exclusively on the strength of the mineral reserve-stocks in sandy soils, which appears, for instance, from a comparison of soils rich in tourmaline in the province of Limburg and in the North East of the Province of Noord-Brabant with sandy soils poorer in this mineral of the North of the country.

Of the various factors determining how far boron becomes available, the structure of the soil is of very great importance, as this rules not only the total (internal) surface (of the soil), but also the water economy of the soil. More generally speaking it may be said that a poor structure favours the appearance of plant-diseases and especially of deficiency-diseases. Further an important rôle must be attributed to the organic matter (humus), for which Chapter II § 3 states a hypothesis. It may be assumed that the B circulating in the soil is in equilibrium with the organic adsorption-complex and that the availability of this boron is also connected with the physical and colloidchemical condition of this complex. This might then afford an explanation for the fact that both in great drought and in case of excessive liming of the soil (and its attendant flaking of the humus) the initially available boron is fixed, as appears from the occurrence of deficiency-symptoms. As, moreover, the organic complex also contributes towards determining the structure and the water economy of the soil the maintenance of an exact balance of cations is also important for the boron circulation. As regards the

content of B in the organic complex, an estimate is made in Chapter I, page 127, ranging from 0,001 to 0,003 %; higher percentages are however not excluded.

The foregoing makes it also conceivable, why on the soils rich in humus in the Northern districts of Holland (the so-called 'veenkoloniale gronden', that is peat soil) no symptoms of boron deficiency have been found. Two other factors may, however, not be overlooked in this connection. In the first place the possibility indicated by EDELMAN that from the rainwater particularly the coastal districts of our country receive a not insignificant quantity of boron (Chapter II, page 137). In the second place the fact that on the sandy soils of the Province of Drenthe Chilean Nitrate containing — as is well-known — boron (0,03 % B) has been preferentially used.

Summarising in conclusion the estimates of the B-stocks in the various types of soil, the following figures may with some reserve be stated:

sea-clay	average	0,01 % B
river-clay	„	0,002 % B
sandy soil	a) in tourmaline	0,0005—0,0025 % B
	b) in organic matter	0,0001—0,0002 % B

BORON AND AGRICULTURAL CROPS (Chapter III).

The occurrence of symptoms of B-deficiency in Holland has so far mainly been limited to heart-rot in beets and brown-heart in turnips. In view of the extensive area of beet cultivation in Holland (in 1939 this area was almost 100.000 hectares) a discussion of some new aspects of the heartrot-question is particularly interesting.

In the first place the researchwork on this head concerned the connection between the occurrence of heart-rot and the boron-content of the beetroot and the foliage, for which purpose the material both of pot-cultures and of field-experiments was analysed as to its B-content. These investigations showed that the B-content of the beetroot is little subject to fluctuations (neither in respect of fertilizing, nor in respect of the state of health of the plants) and amounts on an average to 0,002 % B. On the other hand the foliage appeared to react strongly on different fertilizers and correspondingly the state of health of the plant responded to it. The boron-content in the foliage of healthy plants of field-experiments was from 0,003 to 0,004 % B and in the case of plants affected by heartrot less than 0,003 down to about 0,002 %. From a physiological point of view this strongly gives the impression that the heart-rot of the beet does not primarily affect the root, but the foliage and that the damage to the root is secondarily brought about by the disturbance of the metabolism and eventually of the food transport.

In the second place investigations were made as to the connection

between heartrot and strains of fodder-beets. After some preliminary trials an extensive experiment was made in 1939 with 29 different beet-strains on sandy soil containing humus (ploughed up grassland); separate series were dressed with Nitrate of Lime and Chilean Nitrate of Soda respectively.

Apart from individual differences holding good for the separate strains, the high-percentage beet-strains (with a high content of dry matter) appeared to be more sensitive to a B-deficiency than the lower percentage strains, among which particularly group 18 (i.e. the strains with 18 % dry matter) showed a severe affection by heart-rot (see graph of the percentages of slightly and heavily affected beets on page 160). In harmony with the heavier affection in the case of group 18 the foliage, too, showed a lower B-content than that of other groups. It is, however, not likely that the differences in a resistance against heart-rot should be explained by a different need of B of the various strains, or in a different total need of B (calculated in the B absorbed per hectare). Factors which possibly cause the differences in resistance are an irregular production of foliage and also differences in the development of the root system.

BORON AND FERTILIZATION (Chapter IV).

The foregoing demonstrates that in many cases the B-supply by the soil is no longer adequate for beets and turnips, so that the addition of boron is necessary. An important question, which arises, is in how far there is also a danger of a deficiency of available boron for other crops. Chapter I, page 123, shows an estimate of the stock of B contained per hectare in the furrow. On this the conclusion is based that, 500 grams of B per hectare being annually withdrawn by the successive crops, the stock will be sufficient to cover a period of from 30 to 150 years.

Considered from a historic point of view the occurrence of deficiency-diseases, as a result of a deficiency of trace elements, is connected with the development of the system of fertilization. In particular three factors can account for this:

1. The proportionate decline in the use of organic manures which, over and above by their content of minor elements, further the constant circulation of these elements by their maintenance of a proper structure.
2. The greater intensiveness of agriculture, as a result of an increased use of artificial fertilizers, this making greater demands on the supply by the soil of certain minor elements.
3. The use of purified and synthetic products, on account of which the equilibrium between main- and minor elements was seriously disturbed.

A discussion of the various fertilizers shows that the crude natural potash salts, Chilean Nitrate, Basic Slag and to a certain extent also Superphosphate contain a certain amount of trace elements. Boron appears exclusively to occur in an appreciable quantity in crude potash salts and Chilean Nitrate. Since the industry of potash salts likewise proceeded to purify their products, these fertilizers have practically no longer been taken into account as B suppliers and Chilean Nitrate has remained as the sole 'natural' fertilizer containing this element in an appreciable amount (0,03 % B). The increasing use of synthetic fertilizers makes itself also felt in Holland and it is certainly not accidental that the first occurrence of heartrot and brown-heart in turnips — at least the serious spreading of these diseases — in or about 1930 coincided with a considerable increase in the use of synthetic fertilizers, which appears for Nitrate fertilizers from the following figures:

1922/1923 total N consumption 25.200 tons
 16 % Synthetic Nitrates (84 % Chilean Nitrate),
 1931/1932 total N consumption 63.900 tons
 93 % Synthetic Nitrates (7 % Chilean Nitrate).

The discovery of the cause of the diseases mentioned (BRANDENBURG 1931) was a warning in this respect and the use of Chilean Nitrate increased again, borax being also applied as a means to fight heart-rot. Pot- and field-experiments (see especially tabel 34, page 179, comparison Chilean Nitrate — Synthetic Nitrates) established that to prevent heart-rot a regular use of Chilean Nitrate suffices, so that also with regard to this detail this fertilizer has maintained its importance for Dutch agriculture. There are cases in which the boron-content of Chilean Nitrate is not adequate, namely, if the stock of available B has materially declined, owing to poor structure, fixation of B through excessive liming or perennial fertilization by synthetic products, in which cases fertilization by borax is required, just as in many cases in the cultivation of turnips. The difficulty to spread the required quantity of borax evenly throughout the field must be pointed out here, which difficulty does not exist for natural fertilizers. Also in connection with the slight profitableness in the application of borax the use of less soluble borates is here suggested. In a more general relation, also in respect of other trace elements, a more extensive use of natural fertilizers is recommended, here organogenic fertilizers and the use of municipal refuse is also thought of. It is certain that the exclusive application of synthetic and purified fertilizing products may be attended with dangers, not only as regards agriculture, but also with regard to the nutrition of men and animals.

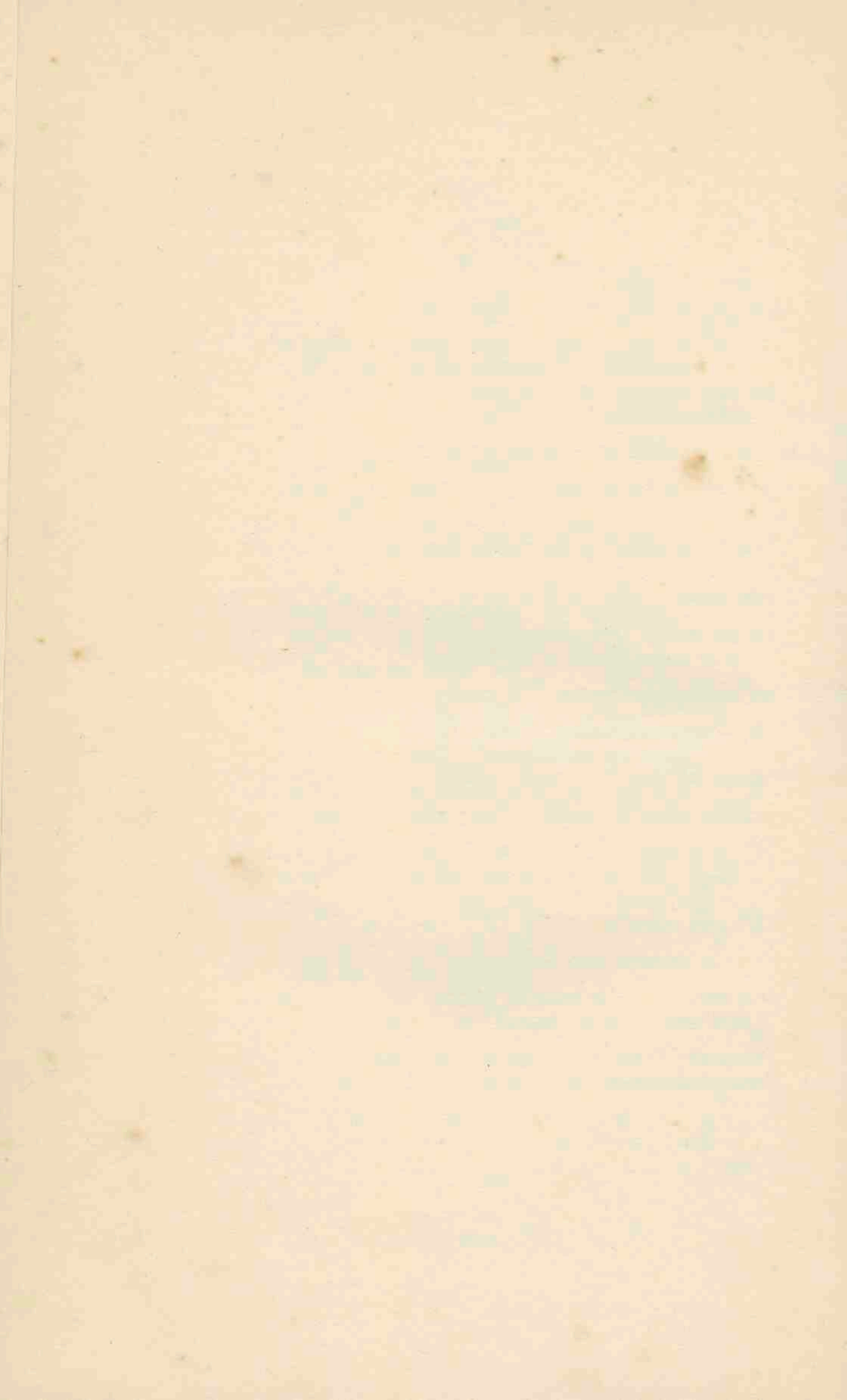
LITERATUURLIJST LANDBOUWKUNDIG GEDEELTE

- ABATUROWA, E. A., *Chemisation of Socialistic agriculture*, 5, 40, (1936).
- AGULHON, H., *Recherches sur la présence et le rôle du bore chez les végétaux*. Diss. Parijs, (1910).
- BAEYENS, J., en DECKTERIOFF, A., *Gefässversuche mit Zuckerrüben zur vergleichenden Prüfung steigender Gaben von Chilesalpeter und synthetischem Natronsalpeter*. *Bodenkunde u. Pflanzenern.* 9/10, 612—624, (1938).
- BANGA, O., *Handleiding voor het herkennen van eenige niet-parasitaire ziekten en beschadigingen van appels*. *Meded. van het Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt Wageningen no. 31* (1938).
- BAREN, F. A. VAN, *Het voorkomen en de betekenis van kalihoudende mineralen in Nederlandse gronden*. Diss. Wageningen 1934.
- BASSALIK, K., *Über Silikatersetzung durch Bodenbakterien und Hefen II*. *Z. f. Gärungsphysiologie*, Berlin III, 15—42 (1913).
- BERG, G., *Das Vorkommen der Chemischen Elemente auf der Erde*. (1932).
- BERTRAND, G., *Sur une intervention insoupçonnée de l'industrie des engrais dans la diminution de fertilité des sols*. *Ann. Agron.* 8, 309—313, (1938).
- , *Sur la maladie du coeur de la betterave et son traitement par le bore*. *Ann. Agr.* 9, 548—567, (1939).
- BERTRAND, G. en AGULHON, H., *Sur le dosage rapide de l'acide borique normal ou introduit dans les substances alimentaires*, *Bull. Soc. Chim.* (4), 15, 292, (1914).
- BILTZ, W. en MARCUS, E., *Über die chemische Zusammensetzung der Stassfurter Salztone*. *Zeitschr. anorg. Chemie*, 68, 91 (1910).
- , *Über die Verbreitung von borsäuren Salzen in den Kalisalzlagern*. *Zeitschr. anorg. Chemie*, 72, 302 (1911).
- BOBK, E. V., *Über neue für die Pflanze unentbehrliche Elemente. I*. *Bodenkunde u. Pflanzenern.* Berlin 4, 327—333, (1937).
- BOBK, E. V., MATVEEVA, T. V., DOUBACHOVA, T. D., PHILIPPOV, A. I., *Recherches sur l'absorption du bore par les sols*. *Ann. agronomiques*, 6, 691 (1936).
- BRANDENBURG, E., *Eenige gevallen van physiologische ziekten der Bieten I*. *Mededeelingen van het Instituut voor Suikerbietenteelt, Bergen op Zoom*, 1, 4 (1931).
- , *Physiologische ziekten der bieten II*. *Hartrot, Oorzaak en Bestrijding*. *Mededeelingen van het Instituut voor Suikerbietenteelt. Bergen op Zoom*. 2, 2 (1932).
- , *Über die Grundlagen der Boranwendung in der Landwirtschaft*. *Phytopathologische Zeitschrift*, Berlin, Band XII, H. 1 (1939).
- BRECKPOT, R., *Spectrographic determination of certain secondary constituents of Chilean Nitrate of Soda*. *La Gazette du nitrate du Chili* no. 4 (1937).
- BRONSART, VON, *Die Spurenelemente und ihre Bedeutung für Pflanze, Tier und Mensch*. *Die Phosphorsäure* 6/7, 465—470 (1938).
- BROUWER, E., FRENS, A. M., REITSMA, P., KALISVAART, C., *Onderzoekingen over de z.g. Diarrhoe-weiden („Scouring pastures“) in den Wieringermeerpolder*. *Verslagen van Landbouwk. Onderzoekingen (Rijkslandbouwproefstation te Hoorn)* 44 (4) C, (1938).
- BROWN, C. A., *Unsolved problems of agricultural chemistry*, Wiley memorial lecture No. VII. *J. of the Ass. of Off. Agr. Chemists*. 21, 34, (1938).

- CLARKE, F. W., The Data of Geochemistry, United States Geological Survey, Bulletin 770, (1924).
- CLEVERINGA, O. J., De beteekenis v. d. structuur (werkzaamheid) van den bouwgrond i. verb. m. het optreden van plantenziekten en beschadigingen. Landbouwk. Tijdschr. 50, 18 (1938).
- CROMMELIN, R. D., Sedimentpetrologische onderzoekingen IV. Sedimentpetrologische onderzoekingen in Midden Nederland, in het bijzonder van het Jong-Pleistoceen. Med. Landbouwhoogeschool Wageningen 42 (1938).
- DEARBORN, C. H. en RAYLEIGH, G. J., A preliminary note on the control of internal browning of cauliflower by the use of boron. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33, 622—623, (1935).
- DENNIS, R. W. G., Boron and Plant Life I, Overzicht tot 1935. The Fertiliser, Feeding Stuffs and Farm Supplies Journal, Dec. (1935) Jan. (1936).
Boron and Plant Life II, Recent Developments in Agriculture and Horticulture 1935—37. The Fertiliser, Sept./Oct. (1937).
- DENNIS, A. C. en DENNIS, R. W. G., Boron and Plant Life III, Developments in Agriculture and Horticulture 1937/38. The Fertiliser Febr./Mrt./April (1939).
- DENNIS, R. W. G., en O'BRIEN, D. G., Boron in Agriculture. The West of Scotland Agricultural College Plant Husbandry Department, Research Bulletin no. 5, September (1937).
- DIETZ, R. Beitrage zur Frage der Bordüngung. Die Landeskultur 2, 161—164, (1935).
- DIEULAFAIT, L., L'acide borique, Ann. Chim. et Phys. (5), 12, 318 (1877).
- EATON, F. M., Boron in Soils and Irrigation Waters and its Effect on Plants. U.S. Department of Agriculture, Washington, D. C., Technical Bulletin no. 448, (1935).
- EDELMAN, C. H., Petrologische Provincies in het Nederlandsche Kwartair, Diss. Amsterdam 1933.
- , Sedimentpetrologische onderzoekingen I. Die Petrologie der Sande der niederländischen Flüsse Rijn, Lek, Waal, Merwede, Geldersche IJssel. Med. Landbouwhoogeschool Wageningen 38, 3, (1934).
- , De Voorziening van de Planten met Borium en het Cyclische Zout. Landbouwkundig Tijdschrift, 57, September 1939.
- EDELMAN, C. H. en BAREN VAN, F. A., Sedimentpetrologische onderzoekingen II. La Petrographie des sables de la Meuse néerlandaise. Med. Landbouwhoogeschool Wageningen 39, 2 (1935).
- ELDER, S. and M'CALL, R.J.S., A Study in the Mineral Composition of the Soils of South Ayrshire. The Journal of Agricultural Science, 26, 1—21, (1936).
- GIESECKE, F. en SCHMALFUSS, K., Versuche über die Spurenelement-wirkung des Chilesalpeters in Gefässkulturen. Bodenkunde u. Pflanzenern. 9/10, 580—587, (1938).
- GOLDSCHMIDT, V. M. en PETERS, Cl., Zur Geochemie des Bors. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften, Göttingen: Mathematisch-Physikalische Klasse, 5, 402—407, 528—545, (1932).
- GOTTSCHELL, R., Über die Bestimmung kleinster Mengen von Borsäure in Böden, Düngemitteln und Ernteprodukten. Diss. Göttingen (1935).
- HUDIG, J., Modern grondonderzoek. Landbouwk. Tijdschr. 46, 1 (1934).
- HUDIG, J. en MEYER, C., De Veenkoloniale Haverziekte III. Verslagen en Mededeelingen van Rijkslandbouwproefstations, XXIII, 's-Gravenhage (1919).
- HUDIG, J., en LEHR, J. J., Opmerkingen over Chilisalpeter, Landbouwkundig Tijdschrift, 50, 1—15, (1938a).
- , Einige Bemerkungen über Chilesalpeter in Beziehung zur Borfrage. Bodenkunde u. Pflanzenernährung, 9/10, 552—579, (1938b).
- , De beteekenis van de zoogenaamde ballaststoffen bij de practische be-

- mesting, toegelicht aan de werking van de nevenionen Na en Ca bij nitraatbestedingen. *Landbouwkundig Tijdschrift*, 57, 654—671, (1939).
- IGELSRUD, I., THOMPSON, Th. G., ZWICKER, B.M.G., The boron content of seawater and of marine organisms. *Am. J. Sci.* 35, 47—63 (1938).
- JACOB, A., Kali, die Gewinnung und Anwendung der Kalisalze, Berlin, (1939).
- KREULEN, D. J. W., Nieuwere onderzoekingen over steenkool. *Chemisch Weekblad*, 36, 870, (1939).
- KRÜGEL, C., DREYSPRING, C., en LOTTHAMMER, R., Auswaschversuche mit Boraten. *Fortschritte der landwirtschaftlich-chemischen Forschung* 165 (1937)
- KRÜGEL, C., en HEINRICH, H., Die Bedeutung der Spurenelemente. *Superphosphate* 73, 141, 161 (1939).
- KUYPER, J., Boorzuur tegen de topziekte van de tabak. *Deli Proefstation te Medan, Sumatra, Vlugschrijf no. 50*, (1930).
- LINDEN, L. VAN DER, The importance of boron and other elements occurring in traces to sugar beet and tomato cultivation. *The Fertiliser (London)*, 24, 151 (1939).
- LÖHNIS, M. P., Plant Development in the Absence of Boron. *Med. Landbouwhoogeschool, Wageningen* 47, *Verh.* 3, (1937).
- Mc COLLUM, E. V., ORENT-KEILES, E., DAY, H. G., *The Newer Knowledge of Nutrition*, New York, (1939).
- MEYER-HERMANN, K. Neue Wege zur Bekämpfung der Herz- und Trockenfäule der Rüben. *Deutsche Landwirtschaftl. Presse*, 60, H. 16, 194, H. 17, 205, (1933).
- ØDELIEN, M., Bormangel som årsak til vekstskade på bygg efter sterk kalking av hvitmosetorv. *Meld. Norges Landbr. hoisk.* 187—206, (1937).
- , Virkning av bormangel og bortilsetning på forskjellige vekster dyrket i hvitmosetorv met større og mindre kalkinnhold. *Meld. 18, Norges Landbrukshoiskoles Jordkulturforsoek* (1938).
- PELIGOT, E., De l'action que l'acide borique et les borates exercent sur les végétaux. *Compt. rend.* 83, 686—688, (1876).
- PURVIS, E. R., en RUPRECHT, R. W., Borax as a Fertiliser for Celery. *Press Bulletin* 478, University of Florida Agr. Exp. Sta. August (1935).
- REITH, J. F., Jodiumbehoefte en voedselkeuze, *Voeding*, 7, 153—159, (1939).
- RÉNARD, A. F., *Bull. de l'acad. d. Sciences de la Belgique*, (3) 78, 49, (1889).
- ROWE, E., A study of heartrot of young sugarbeet. *Annals of Botany*, 50, 738 (1936).
- SCHALLER, W. T., Borate Minerals from the Kramer district, Mohave desert, California. *U.S. Geological Survey. Prof. Paper*, 758, 137—170, (1929).
- SCHARRER, K., en SCHROPP, W., Beiträge zur Frage der Wirkung des Bors auf das Pflanzenwachstum. *Landwirtschaftliche Jahrb.*, Berlin, 79, 977—999, (1934a).
- , Wasserkulturversuche über die Wirkung des Bors in Düngemitteln. *Phytopathologische Zeitschrift*, 7, 245—254 (1934b).
- , Gefäss- und Wasserkulturversuche über die Wirkung des Bors allein und in Kombination mit Jod in Düngemitteln. *Phytopathologische Zeitschrift*, 8, 525—540, (1935).
- , Weitere Gefäss- und Wasserkulturversuche über die Wirkung des Bors allein und in Kombination mit Jod in Düngemitteln. *Phytopathologische Zeitschrift*, 10, 57—78, (1937).
- SCHREINER, O., BROWN, B. E. en SKINNER, J. J., Crop injury by borax in fertilisers. *U.S.A. Dept. of Agriculture Circular* 84, Februari (1920).
- SCHREVEN, D. A. VAN, Over verschijnselen van boriumgebrek bij aardappelknollen, zooals deze zich openbaren op het veld. *Tijdschr. over Plantenz.*, 44, 6, p. 289—296 (1938).
- , De gezondheidstoestand van de aardappelplant onder den invloed van twaalf elementen. *Diss. Wageningen* (1939).

- SCHROPP, W. und ARENZ, B., Gefäßversuche zur Prüfung der Wirkung der Spurenelemente im Chilesalpeter auf das Wachstum von Zucker- und Futterrüben. *Bodenkunde u. Pflanzenern.* 9/10. 588—611, (1938).
- SHIVE, J. W., The adequacy of the boron and manganese content of natural nitrate of soda to support plant growth in sand culture, New Jersey Agricultural Experiment Station, Bulletin 603, (1936).
- SOLBERG, P., Vekstfysiologiske forsok over vekselvirkningen mellem naerings-saltene og vannstoffjon-konsentrasjonen. *Meld. Norges Landr.-hoisk.* 255—462, (1935).
- SPRENGEL, C., *Die Lehre vom Dünger*, Leipzig (1839).
- TRUNINGER, F., Über die Verwendung von Bor als Vorbeugemittel gegen das Auftreten von sogenannten Kalkschädigungen bei Pflanzen. *Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte*, XVI, H. 6/7, (1938).



STELLINGEN

I.

Bij de toepassing van voedingsoplossingen in physiologische proeven wordt vaak onvoldoende rekening gehouden met het chemisme dezer oplossingen.

II.

De veronderstellingen, die LEVINE en DUBE ten grondslag leggen aan hun verklaring voor de — op zichzelf aanvechtbare — hoge kritische potentiaal van 1—1 electrolyten, zijn niet aannemelijk.

Trans. Far. Soc. 36, 215, (1940).

III.

De door O. SCHMIDT gegeven verklaring voor de werking van kankerverwekkende stoffen is prematuur, ze kan echter dienen als basis voor experimenteel onderzoek.

Z. phys. Chem. 42, 83, (1939).

44, 194, (1939).

F. KÖGL en H. ERXLEBEN, Hoppe-Seyler's

Z. physiol. Chem. 258, 57, (1939).

267, 141, 154, (1939).

IV.

Wanneer bij het vruchtbaarheidsonderzoek van gronden — inzonderheid ter bepaling van de minerale reserve — gebruik wordt gemaakt van mineralogische methoden, moet bij de microscopische, maar ook bij de röntgenografische analyse, wat de kaliumhoudende mineralen (glimmers) betreft, rekening worden gehouden met de overeenkomst in eigenschappen van bepaalde verweringsproducten van biotiet, onverweerde biotiet en muscoviet.

M. MEHMEL, Chemie der Erde, 11, 307, (1937).

V.

De veronderstelling van DENNIS en O'BRIEN, dat toermalijn een indicator is voor de boriumrijkdom van de grond, maar niet als bron van voor de plant beschikbaar komend borium kan worden beschouwd, is voor wat het laatste betreft onjuist.

Boron in agriculture, p. 9, (1937).

VI.

De door ERNST COHEN en medewerkers vastgestelde invloed van kleine hoeveelheden van vreemde metalen op de omzettingssnelheid van wit in grauw tin, kan wellicht worden toegeschreven aan het vermogen van deze metalen om al of niet sporen zuurstof uit het metaalrooster weg te nemen.

Proc. Acad. Sci. Amsterdam, 39, 352, 1174, (1936).
40, 746, (1937).
41, 462, 860, (1938).

VII.

Aan de bij gewasanalyses vastgestelde gehalten aan anorganische bestanddelen — in verband met hun voedingswaarde — kan alleen incidentele beteekenis worden toegekend.

VIII.

Het borium wordt door de plant beneden pH 7 in de vorm van boorzuur opgenomen.

Dit proefschrift.

