C7041

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

HAREN-GRONINGEN

RAPPORT 9

1969

BORIUMBEMESTING VAN SUIKERBIETEN, GEBASEERD OP GRONDONDERZOEK

with a summary

Boron fertilization of sugar beets, based on soil analysis

door

B.van Luit en K.W.Smilde

INHOUD

1. Inleiding.....2

2. Materiaal en methoden.....3

3. Resultaten.....11

4. Discussie.....33

5. Samenvatting en conclusies.....37

6. Summary.....39

7. Literatuur.....42

8. Appendix.....46

ERRATA

blz. 6 - regel 11: volgebloeid moet zijn: volgroeid
blz.30 - regel 9: bediening moet zijn: toediening
blz.31 - regel 23: geteld moet zijn: gesteld
blz.32 - regel 27: daarvoor moet zijn: daarom

1. INLEIDING

Hoewel reeds lange tijd bekend is dat hartrot bij (suiker)bieten wordt veroorzaakt door een tekort aan borium (Brandenburg, 1932), komt het verschijnsel nog veelvuldig voor op onze Pleistocene(diluviale)zandgronden,vooral in het zuiden, met name in zomers met uitgesproken droge perioden. Dit is uit eigen waarnemingen in 1964 duidelijk gebleken. De "hartrot-kaart" van Nederland (Lehr, 1940) is in grote trekken nog juist.

Bij een enquête in de tamelijk droge zomer van 1955 werd voor het optreden van hartrot een, niet zeer scherpe, grenswaarde gevonden van 0,35 dpm B (extractie in kokend water) in de grond (Henkens en Lehr, 1959). In de natte zomer van 1956 bleek de grenswaarde lager te zijn (0,30 dpm) en bovendien nauwkeuriger vast te stellen.

In 1959 werd in interprovinciaal verband een serie proefvelden, variërend in borium- en humusgehalte en pH, aangelegd ten einde een boriumbemestingsadvies gebaseerd op grondonderzoek, te kunnen opstellen. De serie proefvelden heeft niet aan zijn doel, de toetsing van het grondonderzoek, beantwoord, aangezien de groei van de bieten in de extreem droge zomer stagneerde waardoor onvoldoende vastgesteld kon worden of de bemesting met borium effect had (Henkens en Van Brakel, 1963).

De toetsing van het grondonderzoek op borium werd opnieuw aangevat in 1965. Eerst werd door middel van

bladanalyse nagegaan of het met kokend water uit de grond te extraheren borium een goede maat is voor de beschikbaarheid van deze voedingsstof voor de plant en voor het optreden van hartrot. Dit onderzoek werd uitgevoerd in een potproef om de vochtvoorziening van de grond in de hand te kunnen houden en de risico's van ongunstige weersomstandigheden te vermijden (zie Stewart en Axley, 1956). De gebruikte gronden vertoonden een grote spreiding in borium- en humusgehalte en pH, terwijl tevens uit aan de potproef voorafgaande veldwaarnemingen (1964) bekend was of hartrot kon worden verwacht. Om vervolgens een bemestingsadvies te kunnen opstellen op basis van grondonderzoek, werd in 1967 een serie proefvelden met boriumhoeveelheden aangelegd. Een potproef met gronden afkomstig van de percelen waarop de proefvelden werden aangelegd, diende om de resultaten van laatstgenoemde te verifiëren. De resultaten van bovengenoemde proeven zullen hier worden besproken. In het kort zal verder gewezen worden op de invloed van bekalking en bodemvocht op het voor de plant beschikbare borium, de nawerking van een bemesting met borium en het effect van een bespuiting met borium.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1. Potproeven

2.1.1. Toetsing borium-extractiemethode door bladanalyse en beoordeling van de mate van hartrot.

In deze proef(VP743,1965)werden 37 Pleistocene(diluviale) zandgronden gebruikt uit het oosten van Drenthe, Overijssel, Noord-Brabant en het midden en noorden van Limburg (waaronder enkele enigszins leemhoudende). De gronden zijn geselecteerd op borium- en humusgehalte en pH, om correlaties tussen deze factoren te vermijden. Dit wordt getoond in fig.1, waarin de bij elkaar behorende punten van de verschillende kwadranten gemakkelijk zijn te vinden (voor één grond door stippellijnen en een cirkellijn aangegeven).

De in deze proef gebruikte polyethyleen potten (inhoud 25 l, hoogte 45 cm, grootste en kleinste diameter resp. 30,5 en 21,5 cm; afhankelijk van het volumegewicht gevuld met 30-35 kg grond) werden volgens een geward schema(met elke behandeling (=grond) in achtvoud) opgesteld in een kooi. In elke pot bevond zich een onbemeste kiemlaag(0-3cm) een bemeste laag (3-18cm), en daaronder weer een onbemeste laag. De bemesting bestond uit: 3 g N (als NH_4NO_3), 3 g P_2O_5 (als K_2HPO_4), 1,5 g MgO (als $MgSO_4.7H_2O$), 0,4 g $CuSO_4.5H_2O$, 1,5 g $MnSO_4.H_2O$ en 0,03 g $Na_2MoO_4.2H_2O$. (Op de gemiddelde oppervlakte van de bemeste laag omgerekend, komt 1 g per pot overeen met 150 kg/ha).

Suikerbieten (Klein Wanzleben) werden gezaaid op 26 april, na opkomst uitgedund tot één plant per pot, en geoogst op 5 oktober. Het gewas werd, indien nodig, gespoten met dieldrin en parathion tegen bietevlieg en luis. De grond werd met gedemineraliseerd water voldoende vochtig gehouden.

Door een in de potten aangebracht stelsel van buizen werd ook de vochtvoorziening van de diepere grondlagen op peil gehouden. Bij regen werd een plastic overkapping boven de potten neergelaten. Het bleek goed mogelijk volwaardige bieten op deze potten te verbouwen zonder dat vroegtijdig stoornissen optraden doordat de penwortel de bodem raakte.

Op 30 juni werd van elke plant één jong blad (3e-5e vanuit het hart) verwijderd voor analyse op borium en stikstof. Een tweede bemonstering, van jong en juist volgroeid blad, vond plaats op 5 augustus. Vanaf 18 juli (eerste waarneming) werd het optreden van nerfrot en hartrot vervolgd, en vanaf 1 september werd het gewas verschillende malen op de mate van aantasting beoordeeld. Bij de oogst werden de bieten op hartrot beoordeeld. Foto's 1 en 2 tonen deze verschijnselen.

2.1.2. Toetsing grondonderzoek als basis voor het bemestingadvies.

Voor deze proef (VP 876, 1967) werden 15 gronden genomen, afkomstig uit dezelfde gebieden en merendeels van dezelfde percelen als de in de eerste potproef gebruikte. Karakteristieke kenmerken van deze gronden zijn weergegeven in fig.2, die op analoge wijze is verkregen als fig.1.

De behandelingen (in vijfvoud) waren: 0, 50, 100,250 mg borax (11%B) per pot. Eenzelfde basisbemesting als in de

eerste potproef werd gegeven. De potten werden volgens een geward schema in een rolkas geplaatst. Bij regenachtig weer en 's nachts werd de overkapping boven de potten gerold.

Suikerbieten (Klein Wanzleben) werden gezaaid op 11 mei en geoogst op 16 oktober. De hoeveelheid vocht in de grond werd door geregeld wegen op 60-80% van de maximale watercapaciteit gehouden; de verzorging van het gewas verliep verder als in de eerste potproef.

Op 2 augustus werden in elke pot monsters van juist volgebloeid blad genomen voor analyse op borium en stikstof; in enkele planten waren toen de eerste symptomen van nerf(hart)rot zichtbaar. Bij de oogst werden de gewichten van bieten en loof, de droge-stofgehalten en het suikergehalte (biet) bepaald, terwijl het loof op hartrot werd beoordeeld.

2.1.3. Invloed vochtvoorziening grond op voor de plant beschikbaar borium.

Dit werd in 1967 nagegaan bij enkele gronden uit de tweede potproef (boriumgehalten 0,18; 0,25; 0,46; 0,83 ppm.;percentage organische stof resp. 2,6;4,7;1,6;4,2; pH-KCl resp. 5,6;4,8;4,7;5,8). Deze proef (VP 894), zonder gewas, werd in duplo uitgevoerd in 6 l polystyreen potten, gevuld met ongeveer 7 kg grond, die op 40 of 80% van de maximale watercapaciteit werd gehouden. Een en vijf weken nadat de gronden op de juiste watercapaciteit waren

ingesteld, werden per pot monsters genomen voor onderzoek op borium.

2.1.4. Bemesting versus bespuiting met borax.

Voor deze potproef (VP 910,1968) werd een zandgrond gekozen met 0,16 dpm B, 2,2% organische stof en een pH-KCl 4,4. De behandelingen (in vijfvoud) waren: 0, 150 mg borax per pot als bemesting, bespuiting met een 1% oplossing van borax (+0,1% uitvloeier) resp. ongeveer 2 weken vóór (19 juli), bij (30 juli), en 2 weken na het optreden van nerf(hart)rot (12 augustus). Suikerbieten (Klein Wanzleben) werden gezaaid op 16 april en geoogst op 9 oktober. De proefomstandigheden waren verder gelijk aan die van de tweede potproef.

2.2. Proefvelden

2.2.1. Toetsing grondonderzoek als basis voor het bemestingsadvies.

In 1967 werden 14 proefvelden aangelegd (IB 1149-1162) op percelen in Noord-Brabant en Limburg, waarvan ook grond in de tweede potproef werd gebruikt. Gegevens van deze gronden zijn af te lezen in tabel 3 (Appendix). Aangezien de in de potproef (VP 876) gebruikte gronden tijdens de winter enige maanden in zakken werden opgeslagen, weken de boriumgehalten enigszins af van die der proefpercelen. In Drenthe en Overijssel werden 5 proef-

velden aangelegd (IB 1163-1167).

Elk proefveld bestond uit 20 veldjes van 10 x 5 m^2 met de volgende behandelingen in viervoud (lattice schema): 0,4, 8, 16, 32 kg borax (11% B) per ha. De basisbemesting (kg/ha bestond uit: 140 N (als kalkammonsalpeter), 120 P_2O_5 (als dubbelsuperfosfaat), 240 K_2O (als kalizout 60) en 100 MgO (als kieseriet).

De suikerbieten (Polykuhn op de zuidelijke, en Klein Wanzleben op de noordelijke proefvelden) werden in de eerste helft van april gezaaid en eind oktober tot begin november gerooid. Het gewas werd enige malen gespoten tegen bietevlieg en luis.

Op 4 juli en 7 augustus werden op elk veldje monsters van juist volgroeid blad genomen voor analyse op borium en stikstof. Op laatstgenoemde datum werd op verscheidene proefvelden hartrot waargenomen. Kort voor de oogst werd op elk veldje het aantal planten met hartrot geteld. Bij de oogst werden de biet- en loofopbrengsten per veldje, en de droge-stof- en suikergehalten (biet)bepaald, zie tabel 4 (appendix). Daarna werden grondmonsters genomen voor onderzoek op borium.

Vergeleken met de gemiddelde hoeveelheden neerslag was mei 1967 te nat (+ 20 mm), juni te droog (-20 mm) vooral in de eerste helft, juli veel te droog (-25à-30mm) vooral in de eerste helft, augustus normaal maar in het noorden te droog (-20mm), september in het zuiden iets te droog (-10mm), in het noorden te nat (+20mm), oktober

in het zuiden normaal, in het noorden veel te nat (+30mm). Langdurige droge perioden kwamen niet voor, met uitzondering van de derde decade in augustus toen nergens regen viel.

2.2.2. Verloop van het boriumgehalte in de grond.

In de jaren 1959 tot 1962 (proefveld IB 457) werd het verloop van het gehalte aan in water oplosbaar borium van de grond nagegaan op een zandgrond in Drenthe (B-gehalte 0,23 dpm : 4,1% organische stof; pH-KCl 4,7) na toediening van een gevarieerde bemesting met borax (0, 8, 16 en 32 kg/ha). Bij iedere boriumgift werden bovendien de volgende behandelingen (in drievoud) toegepast: 0, 954, 2544 kg calcium als schelpkalkbloem (45,7% Ca) of als gips (27,6% Ca). Het totaal aantal veldjes (7 x 7 m^2) bedroeg dus 60. De bemesting werd in april 1959 gegeven, na voorafgaand grondonderzoek (per veldje) op boriumgehalte en pH. In april en augustus 1960, september 1961 en oktober 1962 werden opnieuw grondmonsters genomen. Achtereenvolgens werden suikerbieten, haver, aardappelen en suikerbieten verbouwd. In de periode april 1959 tot april 1960 lag de hoeveelheid neerslag 30% onder, in de perioden mei tot augustus 1960 en september 1960 tot september 1961 40% boven en in de periode oktober 1961 oktober 1962 14% boven het gemiddelde.

2.3. Analysemethoden

Het stikstofgehalte van het gewas werd bepaald volgens de methode Kjeldahl-Lauro, het boriumgehalte volgens Hatcher en Wilcox (1960). De gehalten zijn uitgedrukt op de droge stof.

Het boriumgehalte van de grond werd bepaald volgens Berger en Truog (1939), iets gewijzigd volgens Naftel (1939). De bepaling verloopt als volgt(J.T.L.B. Rameau, pers. meded. 1969): Een hoeveelheid van 5 g luchtdroge grond wordt 10 min. gekookt met 50 ml water. Na afkoeling wordt gefiltreerd en 10 ml van het filtraat met 5 ml kalkmelk in een porceleinen schaaltje op een waterbad drooggedampt. Het residu wordt opgelost in 2,5 ml van een zuurmengsel, bestaande uit 32 g oxaalzuur 2 aq en 163,5 g trichloorazijnzuur in water opgelost en aangevuld tot 1 liter. Na toevoeging van 1 ml curcumine-oplossing wordt de vloeistof op een waterbad drooggedampt. Het residu wordt na afkoeling opgelost in 10 ml trichloorazijnzuur-aethanol (1 l aethanel + 1 g trichloorazijnzuur). Na 10 min. centrifugeren wordt de kleur bij 550 nm ten opzichte van trichloorazijnzuur-aethanol in een Beckmann spectrofotometer gemeten.

2.4. Methode van bewerking der resultaten

De resultaten van het onderzoek die gebruikt zijn voor de toetsing van het grondonderzoek op borium met behulp van het boriumgehalte van het loof, de mate

van hartrot, de opbrengsten en het suikergehalte, zijn bewerkt met behulp van een numeriek-grafische methode (Ezekiel, 1950; Ferrari en Sluijsmans, 1955; Van der Boon, 1967). Elke, in grafieken weergegeven samenhang werd vastgesteld bij het gemiddelde niveau van de overige, onafhankelijke, variabelen (pH en humusgehalte van de grond). De curven gelden dus voor"constant" gehouden niveau's van deze factoren. Het is mogelijk interacties tussen de onafhankelijk en afhankelijk variabele factoren na te gaan. Door het geringe aantal proefvelden c.q. gronden in de potproef in 1967 was het echter niet verantwoord het materiaal op te splitsen in groepen.

3. RESULTATEN

3.1. Potproeven

3.1.1. Toetsing borium-extractiemethode door bladanalyse en door beoordeling van de mate van hartrot.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in een potproef (VP 743, 1965) met 37 gronden (zie 2.1.1.) De boriumgehalten van de grond (extractie met heet water) en het jonge blad (bemonsterd 30 juni) zijn tegen elkaar uitgezet in fig.3. Hoewel een duidelijk positief verband kon worden vastgesteld, is de spreiding om de getrokken curve nog vrij groot. Het bleek niet mogelijk deze te verklaren

met de variatie in het gehalte aan organische stof of de pH-KCl van de grond, of het stikstofgehalte van het blad. Van deze factoren kon geen duidelijke invloed op het boriumgehalte van het blad worden vastgesteld. Opgemerkt dient te worden dat de eerste symptomen van boriumgebrek pas ongeveer drie weken na bemonstering van het blad werden waargenomen (18 juli).

Bij de tweede bemonstering (5 augustus) waren de symptomen van boriumgebrek zeer duidelijk zichtbaar. De samenhang tussen de boriumgehalten van grond en jong blad was goed, uitgezonderd enkele buiten de normale spreiding vallende waarnemingen (fig.4). Uit de figuur blijkt dat de toegepaste extractiemethode een goede aanwijzing geeft voor het voor het gewas beschikbare borium. Een gedeelte van de oorspronkelijk aanwezige spreiding om de curve werd verklaard met de variatie in het gehalte aan organische stof (1,7-8,9%) en de pH-KCl (3,7-6,6) van de grond, en het stikstofgehalte van het blad (4,4-8,5%). Het effect van het boriumgehalte van de grond is vastgesteld bij de gemiddelde waarden van deze factoren, nl. 4,6% organische stof, pH-KCl 5,2, en 5,1% N in het blad. De invloeden van genoemde factoren zijn hier niet weergegeven, maar worden hieronder kort besproken.

De hoogste boriumgehalten in het blad werden bij lage organische-stofgehalten gevonden. De samenhang was rechtlijnig. Bij een stijging van het humusgehalte met 1% daalde het boriumgehalte van het blad met 0,8 dpm,

hetgeen volgens fig.4 overeenkomt met een daling van 0,01 dpm in het boriumgehalte van de grond (afgelezen bij een gemiddeld gehalte van 0,32 dpm).

De invloed van de pH was minder duidelijk, en bij waarden lager dan 5,5 kon geen effect worden aangetoond. Er bestond echter een geringe aanwijzing dat het boriumgehalte van het blad daalde bij pH-waarden hoger dan 5,5.

Hoge stikstofgehalten van het blad gingen samen met hogere boriumgehalten.

In fig.5 is de samenhang tussen de boriumgehalten van grond en juist volgroeid blad (bemonsterd 5 augustus) weergegeven. Opvallend is de grotere variatie in boriumgehalte van het blad vergeleken met fig. 4 (jong blad). Uitgezonderd enkele grote afwijkingen is de samenhang tussen beide grootheden goed. Met het organische-stofgehalte van de grond kon een deel van de spreiding om de curve worden verklaard. Er werd een rechtlijnige, negatieve samenhang gevonden tussen het organische-stofgehalte en het boriumgehalte van het blad. Op overeenkomstige wijze als bij het jonge blad werd berekend dat een verschil van 1% humus overeenstemde met een verschil in boriumgehalte van de grond van 0,02 dpm. Ook de pH en het stikstofgehalte van het blad vertoonden een dergelijke samenhang, maar zwakker, met het boriumgehalte van het blad.

Fig.6 toont het verband tussen het boriumgehalte van de grond en de mate van boriumgebrek in het loof

(beoordeling 5 oktober). De mate van aantasting werd in een cijfer uitgedrukt, waarbij 10 betekent dat geen symptomen werden waargenomen. Bij gehalten van 0,10 tot 0,20 dpm borium in de grond waren de symptomen zeer ernstig, terwijl bij een gehalte hoger dan 0,35 dpm praktisch alle planten gezond waren. Er is scherp gelet op lichte symptomen; een aantasting gewaardeerd met een cijfer 9 zou in de praktijk waarschijnlijk niet zijn waargenomen. Bij hoge organische stofgehalten was de aantasting sterker dan bij lage. Een verschil van 1% humus kwam ongeveer overeen met een verschil in boriumgehalte van de grond van 0,01-0,02 dpm. Via het effect van organische stof op het boriumgehalte van het blad werd een gelijke waarde gevonden. Een invloed van de pH op de mate van boriumgebrek kon niet worden aangetoond.

Fig. 7, waarin de samenhang tussen het boriumgehalte van de grond en de mate van hartrot in de biet (beoordeling 10 oktober) wordt geïllustreerd, vertoont veel gelijkenis met fig.6. Met behulp van het boriumgehalte van de grond is ook voor de biet nauwkeurig te voorspellen of boriumgebrek zal optreden. Boven een niveau van 0,35 dpm borium in de grond bleven de bieten gezond. Evenals bij het loof werd ook bij de biet de aantasting ernstiger bij hogere organische-stofgehalten. Bij meer dan 5% humus kon geen invloed meer worden vastgesteld. In tegenstellling tot het loof werd bij de biet wel een invloed gevonden van de pH. Bij hoge pH waarden werd het boriumgebrek ernstiger

(per eenheid pH 0,7 punten in de waarderingsschaal).

In het licht van bovengenoemde resultaten kon ook een goed verband tussen het boriumgehalte van het blad en de mate van boriumgebrek worden verwacht. Dit is inderdaad het geval zoals blijkt uit de fig. 8, 9 en 10, waarin resp. de boriumgehalten van jong blad (bemonsterd 30 juni), jong blad (bemonsterd 5 augustus) en volgroeid blad (bemonsterd 5 augustus) tegen de mate van boriumgebrek in het loof zijn uitgezet. (Indien op de Y-as de waarderingsschaal voor hartrot in de biet wordt uitgezet, ontstaan soortgelijke curven). Het is in dit verband belangrijk dat ook het boriumgehalte van het (jonge) blad op 30 juni, d.w.z. ongeveer drie weken vóór de eerste symptomen van boriumgebrek, een goede indicatie geeft voor de mate van aantasting (fig.8). Bij een gehalte groter dan 35 dpm B traden later in het seizoen geen noemenswaardige symptomen van hartrot op. De punten om de curven in fig.9 en 10, waarvoor de boriumgehalten van het blad op 5 augustus werden gebruikt, vertonen een kleinere spreiding. Voor het jonge blad werd hier eveneens een grenswaarde van 35 dpm B gevonden, voor het oudere blad bedroeg deze ongeveer 40 dpm B.

3.1.2. Toetsing grondonderzoek als basis voor het bemestingsadvies.

Om het effect van een bemesting met borax na te gaan

bevestigen die van de potproef VP 743(1965) maar de invloeden van humusgehalte en pH waren groter.

Fig.12 geeft het verband weer tussen het boriumgehalte van de grond en de mate van hartrot in het loof (beoordeling 13 oktober) bij de verschillende boriumgiften. De curve bij 0 borax komt overeen met de kromme in fig.6 (VP 743), met een grenswaarde v ongeveer 0,35 dpm B in de grond voor het optreden van hartrot. Bij een gift overeenkomend met 7,5 kg borax/ha werden bij boriumgehalten tot 0,25 dpm nog lichte symptomen van hartrot waargenomen. Toediening van 15 kg borax/ha voorkwam hartrot geheel op alle gronden (horizontale lijn in fig.12).

Verhoging van de pH bleek de aantasting door boriumgebrek in het onbehandelde object te versterken (per eenheid pH 1,1 punten in de waarderingsschaal, overeenkomend met 0,03 dpm B in de grond); in het object 7,5 kg borax/ha was het effect veel kleiner. Het humusgehalte had daarentegen geen invloed van betekenis.

Het verband tussen het boriumgehalte van het blad (bemonsterd 2 augustus) en de mate van boriumgebrek bij de giften 0 en 7,5 kg borax/ha wordt getoond in fig.13. In overeenstemming met fig.10 (potproef VP 743, 1965) bleek bij een boriumgehalte hoger dan 40 dpm in het vol-

groeide blad, bemonsterd in de eerste week van augustus, (vrijwel)geen hartrot voor te komen. Op enkele bemeste (7,5 kg borax/ha), boriumarme gronden werden echter laat in het seizoen nog lichte symptomen van boriumgebrek waargenomen, ondanks een boriumgehalte in het blad hoger dan 40 dpm (fig.13). Waarschijnlijk is in deze gevallen de boriumvoorziening van de planten na de bemonsteringsdatum verslechterd. Hiermee in overeenstemming is het lage boriumgehalte (0,16 dpm), dat na de oogst werd gevonden voor de grond (laag 0-20 cm) waarvan de planten met het cijfer 8 werden gewaardeerd.

Voor elke grond werden de loof- en netto bietopbrengsten uitgezet tegen de toegediende hoeveelheden borium. Hierna werden de relatieve opbrengsten berekend door de vereffende waarden voor elke gift uit te drukken in procenten van de maximale opbrengst (bij de hoogste boriumgift). De spreiding van de punten om het objectsgemiddelde was in het algemeen vrij groot, waardoor het bemestingseffect niet altijd even duidelijk was. Dit hangt samen met het geringe aantal planten per behandeling (5). De coëfficiënten van variabiliteit voor de herhalingen bedroegen 16,3 en 16,8% voor resp. de verse loofopbrengsten (gemiddeld 594 g/pot) en de bietopbrengsten (gemiddeld 843 g/pot).

Fig.14 toont het verband tussen het boriumgehalte van de grond en de relatieve droge-stofopbrengsten van

loof bij de verschillende boriumgiften. Ondanks de ruime spreiding binnen de objecten werd voor het object 0 borax een duidelijke samenhang vastgesteld. (Alleen voor deze curve zijn de afzonderlijke waarnemingen in de figuur afgebeeld). Bij boriumgehalten van de grond lager dan 0,30 dpm B traden opbrengstverliezen tot 40% op indien geen borium werd toegediend; bij gehalten hoger dan 0,30 dpm B werden geen opbrengstverliezen gevonden. In deze potproef bleek voorts dat bij boriumgehalten lager dan 0,25 dpm een hoeveelheid borax overeenkomend met 15 kg/ha voldoende was om opbrengstverliezen (vrijwel) geheel te voorkomen; in het traject van 0,25 - 0,30 dpm B in de grond was de benodigde gift 7,5kg borax/ha.

Het verband tussen het boriumgehalte van de grond en de relatieve bietopbrengsten, bij de verschillende boriumgiften, wordt getoond in fig.15. De spreiding om de curve voor 0 borax was vrij groot. De opbrengstdepressies, bij boriumgehalten van de grond lager dan 0,30 dpm, bedroegen voor de biet maximaal circa 25%. Opvallend is voorts dat voor de behandelde objecten aan de X-as evenwijdig lopende lijnen werden gevonden bij een relatieve opbrengst van 96-100 (fig.15). Mede in verband met de proeffout bestaat er geen aanleiding voor de bietopbrengst andere bemestingsnormen te gebruiken dan voor de loofopbrengst. Zowel voor de loof- als de bietopbrengsten konden geen duidelijke invloeden worden aangetoond van het humusgehalte en de pH van de grond.

De reacties van het suikergehalte en de suiker-

opbrengst van de biet op de bemesting werden voor elke grond nagegaan; de vereffende waarden werden gebruikt om resp. de verhoging van het suikergehalte en de relatieve suikeropbrengsten te berekenen.

In fig.16 wordt het effect van borax op het suikergehalte van de biet bij verschillende boriumgehalten van de grond geïllustreerd. Bij gehalten lager dan 0,30 dpm B kon het suikergehalte door toediening van borax sterk worden verhoogd (maximaal ca.2,5%). De verhoging geeft het verschil weer tussen het suikergehalte zonder toediening van borax en het maximale suikergehalte (16-17%), dat reeds bij de kleinste gift borax, overeenkomend met 7,5 kg/ha, werd bereikt. Een invloed van het humusgehalte van de grond op de verhoging van het suikergehalte kon niet worden aangetoond, wel leek de laatste iets toe te nemen bij hogere pH-waarden.

Fig.17, waarin de relatie tussen boriumgehalte van de grond en relatieve suikeropbrengst bij de verschillende boriumgiften wordt weergegeven, vertoont vrij veel overeenkomst met fig.15, waarin op de Y-as de relatieve bietopbrengst is uitgezet. Bij boriumgehalten lager dan 0,30 dpm werden opbrengstverliezen tot 35% gevonden indien geen borax werd toegediend. De voor de biet gevonden opbrengstverliezen (tot 25%) zijn lager, hetgeen samenhangt met het effect van borium op het suikergehalte (fig.16). Humusgehalte en pH van de grond hadden geen invloed op de suikeropbrengst.

3.1.3. Invloed vochtvoorziening grond op voor de plant beschikbaar borium.

In een oriënterende potproef (1964), waarin de vochttoestand van de grond door wegen op 50, 60 of 70% van de maximale watercapaciteit werd gehouden, groeiden bieten het snelst bij de hoogste vochttoestand maar vertoonden ook het eerst hartrot. In de reeds besproken proeven VP 743(1965) en VP 876(1967) werden zeer ernstige symptomen van boriumgebrek waargenomen bij een goede vochtvoorziening van de grond (60-80% van de maximale watercapaciteit). Van enig herstel door de vorming van nieuw, gezond blad, zoals op het veld wel optrad in de minder droge nazomer, was geen sprake.

Om meer inzicht te krijgen in de invloed van de vochttoestand van de grond (zonder gewas) op het boriumgehalte (heet-waterextractie) werd in 1967 een potproef (zie 2.1.3.; VP 894) met vier gronden aangezet. Eén en vijf weken nadat de gronden op de gewenste vochttoestand (40 of 80% van de maximale watercapaciteit) waren gebracht, werden monsters genomen voor onderzoek op borium. De resultaten zijn vermeld in tabel 1.

Tabel 1. Invloed van de vochttoestand van de grond op het met heet water te extraheren borium (in dpm) op verschillende tijdstippen (potproef Vp 894, 1967).

Table 1. Influence of moisture regime of the soil on hot water-extractable boron (in ppm) at different dates(pot experiment VP 894, 1967).

Grond (soil)	B-gehalte (B content)			
	6 Oktober		3 November	
	40% W.C.	80% W.C.	40% W.C.	80% W.C.
a	0,38	0,41	0,42	0,40
b	0,27	0,28	0,28	0,30
c	0,19	0,20	0,20	0,20
d	0,81	0,81	0,83	0,82

W.C. = watercapaciteit (water capacity)

Uit de resultaten blijkt duidelijk dat de vochttoestand van de grond, bij 40 en 80% van de maximale watercapaciteit, geen invloed had op het met heet water te extraheren borium. Dit laatste is een goede maat voor het voor de plant beschikbare borium (zie 3.1.1).

3.1.4. Bemesting versus bespuiting met borax.

In 1968 werd een potproef (zie 2.1.4; VP 910) aangezet om na te gaan of hartrot voorkomen, dan wel bestreden kan worden door bespuiting, en of deze wijze van toediening even effectief is als bemesting met borax.

Op 30 juli begonnen symptomen van boriumgebrek op te

treden in de planten die geen borax hadden ontvangen. De verschijnselen werden in de loop van het seizoen steeds ernstiger; ook de biet werd sterk aangetast. Bij de bemeste en de op 19 juli bespoten planten werd tot aan de oogst geen hartrot waargenomen; ook de biet bleef gezond. Bespuiting bij de eerste symptomen van nerf(hart)rot (30 juli) werkte sterk curatief. Het nieuw gevormde blad bleef gezond tot aan de oogst, terwijl het oude blad alleen nerfrot vertoonde.De biet bleek bij de oogst echter in lichte mate door hartrot te zijn aangetast. Bespuiting op 12 augustus, toen de planten duidelijke symptomen van hartrot vertoonden, gaf een licht herstel in het loof maar kon ernstig hartrot in de biet niet voorkomen. Opbrengsten, mate van aantasting door hartrot en suikergehalten zijn vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Effect van bemesting en bespuiting met borax op loof- bietopbrengsten (g per pot) suikergehalte en mate van boriumgebrek (potproef VP 910, 1968).

Table 2. Effect of borax fertilization and spraying on yields of leaves and beets (g per pot), sugar content and degree of boron deficiency (pot experiment VP 910, 1968).

Object(treatment)	Opbrengst (Yield)		% suiker (% sugar)	Mate van boriumgebrek (heart-rot index *)	
	loof (leaves)	biet (beet)	in biet (beet)	loof (leaves)	biet (beet)
zonder/without borax	49,0	811	13,4	2,8	2,6
borax bemesting/dressing**	57,4	647	16,6	10,0	10,0
bespuiting/spraying 19/7	72,0	839	16,6	10,0	10,0
" " 30/7	64,5	808	15,9	8,4	8,7
" " 12/8	58,6	775	13,7	6,3	4,0

* Beoordeling bij oogst (10=gezond)(heart-rot index at harvesting; 10 = healthy).

** Hoeveelheid overeenkomend met 22,5 kg/ha (quantity equivalent to 22,5 kg/ha).

Suikergehalte (biet) en mate van hartrot (loof en biet) verliepen parallel. Bij bemesting en preventieve bespuiting (19 juli) werd een suikergehalte verkregen dat ruim 3% hoger was dan dat van de bieten in het object zonder borax, terwijl zowel loof als biet volkomen gezond bleven. Bespuiting op een tijdstip dat de gebrekssymptomen voor een geoefend waarnemer zichtbaar zijn(30 juli), gaf een iets kleinere

stijging van het suikergehalte. Uitstel van bespuiting tot de planten duidelijke verschijnselen van hartrot vertonen (12 augustus), leidde echter nauwelijks tot enige stijging van het suikergehalte.

De loof-, en vooral de bietopbrengsten vertoonden minder markante verschillen. Om onbekende redenen bleven de met borax bemeste in ontwikkeling achter bij de bespoten planten. De bietopbrengst was zelfs lager dan die van de onbehandelde planten. Binnen de objecten was de heterogeniteit nogal groot. Zo konden geen statistisch betrouwbare verschillen in loofopbrengst worden aangetoond tussen het onbehandelde, het bemeste en het op 12 augustus bespoten object, en evenmin tussen laatstgenoemde twee objecten en het op 30 juli bespoten object. Ook het verschil in loofopbrengst tussen de bespuiting op 30 en 19 juli was niet betrouwbaar. De bietopbrengsten verschilden niet betrouwbaar van elkaar, de abnormaal lage waarde voor de bemeste planten buiten beschouwing gelaten.

3.2. Proefvelden

3.2.1. Toetsing grondonderzoek als basis voor het bemestingsadvies.

Zoals reeds in de inleiding is gezegd, werd potproef VP 876 (1967), waarvan de resultaten zijn vermeld in 3.1.2., begeleid door een serie proefvelden (IB 1149 -1167;zie 2.2.1.) met verschillende boriumgiften.

In fig. 18 en 19 zijn de boriumgehalten van volgroeid blad bemonsterd resp. op 4 juli en 7 augustus op de onbemeste veldjes,uitgezet tegen de boriumgehalten van de grond bij aanleg van de proefvelden. Op 7 augustus werd reeds op verscheidene proefvelden hartrot waargenomen, op 4 juli nog niet. In beide gevallen was de samenhang goed, hetgeen de resultaten van de potproeven (3.1.1. blz 11 en 3.1.2, blz 15) bevestigt. Het humusgehalte en de pH van de grond vertoonden een negatieve samenhang met het boriumgehalte van het blad. Voor de bemonstering op 4 juli werden deze effecten bv. berekend op 0,03 dpm B in de grond per procent organische stof en per eenheid pH-KCl. Bij de tweede bemonstering bleek bovendien het stikstofgehalte van het blad een negatieve invloed te hebben. Voor verdere gegevens over het boriumgehalte van het blad wordt verwezen naar tabel 3 (appendix).

Aangezien het om praktische redenen moeilijk uitvoerbaar is op verspreid liggende proefvelden de mate van aantasting door boriumgebrek in één waarderingsschaal uit te drukken, werd in plaats hiervan het percentage door hartrot aangetaste planten gebruikt. Vlak voor de oogst werd daartoe op alle veldjes het aantal planten met symptomen van nerf- en hartrot, hoe licht ook, geteld. Door deling op het totale aantal planten per veldje werden de percentages berekend.

In fig. 20 wordt het verband tussen het boriumgehalte

van de grond en het percentage door boriumgebrek aangetaste planten bij de verschillende boraxgiften weergegeven. De spreiding van de punten om de curven was gering; in fig.20 is deze alleen geïllustreerd voor het object 0 borax. Bij boriumgehalten van de grond lager dan 0,40 dpm werden aantastingspercentages tot 90% gevonden indien geen borax werd toegediend; bij gehalten hoger dan 0,40 dpm B waren vrijwel alle planten gezond. Een hoeveelheid van 16 kg borax/ha was voldoende om bij boriumgehalten lager dan 0,20 dpm hartrot te voorkomen. In de trajecten 0,20-0,25 en 0,25-0,40 dpm B waren de hiervoor benodigde giften resp. 8 en 4 kg borax/ha. Duidelijke invloeden van het humusgehalte en de pH van de grond op het percentage door hartrot aangetaste planten konden niet worden aangetoond.

Fig.21 en 22 tonen het verband tussen het boriumgehalte van het(volgroeide)blad, bemonsterd resp. op 4 juli en 7 augustus, en het percentage door hartrot aangetaste planten. De curven gelden voor het gewas op de onbemeste veldjes. Op deze veldjes werd later in het seizoen geen hartrot gevonden indien het boriumgehalte van het blad, bij bemonstering op 4 juli, 40 dpm of meer bedroeg. Voor de bemonstering op 7 augustus lag de grenswaarde iets lager. Op deze datum werd bij planten met een boriumgehalte in het blad lager dan 35 dpm hartrot aangetroffen. Het percentage planten met boriumgebrek was hoger naarmate het boriumgehalte van het blad meer van 35 dpm afweek.

De gemiddelde netto bietopbrengst op de (10) proefvelden met een pH-KCl lager dan 5,0 bedroeg 43 ton/ha en op (9) proefvelden met een hogere pH-KCl 55 ton/ha (zie tabel 4, Appendix). Bij beide groepen was de standdichtheid gelijk (ongeveer 61.000 planten/ha). Op enkele proefvelden in het zuiden van het land hadden de bieten begin augustus nogal te lijden van droogte, maar, getuige de hoge opbrengsten, had dit weinig nadelige gevolgen.

Voor elk proefveld werden de loof- en netto bietopbrengsten uitgezet tegen de toegediende hoeveelheden borax. Zo nodig werd een grafische correctie toegepast voor verschillen in ligging in het veld. De relatieve opbrengsten werden berekend door de vereffende waarden bij elke boriumgift uit te drukken in procenten van de maximale opbrengst (verkregen bij de hoogste gift).

In fig.23 wordt de relatie weergegeven tussen het boriumgehalte van de grond en de relatieve loofopbrengsten bij de verschillende hoeveelheden borax. Alleen voor het object 0 borax zijn de punten om de curve aangegeven. Duidelijk blijkt dat bij een boriumgehalte lager dan 0,35 dpm opbrengstverliezen zijn te verwachten indien bemesting met deze voedingsstof achterwege wordt gelaten. Op gronden met een gehalte lager dan 0,20 dpm B bleek 16, op gronden met gehalten van 0,20-0,30 en 0,30-0,35 dpm B resp.16 tot 8 en 4 kg borax/ha nodig te zijn om opbrengstverliezen door boriumgebrek te voorkomen. De relatieve loofopbrengsten werden niet beïnvloed door het humusgehalte en de pH van

de grond.

Fig.24 toont het verband tussen het boriumgehalte van de grond en de relatieve bietopbrengsten. De grenswaarde voor het optreden van verliezen door boriumgebrek lag, evenals voor de loofopbrengsten, bij ongeveer 0,35 dpm B. Voor de te adviseren bemesting kunnen wel dezelfde normen worden gebruikt als voor de loofopbrengsten. De relatieve bietopbrengsten werden evenmin beïnvloed door het humusgehalte en de pH van de grond.

Op de proefvelden trad nauwelijks latent boriumgebrek op. Slechts in enkele gevallen werden kleine opbrengstverliezen gevonden zonder dat gebrekssymptomen werden waargenomen. Het omgekeerde kwam echter soms ook voor. Men mag hieruit concluderen dat niet voor opbrengstverliezen behoeft te worden gevreesd indien het gewas tot de oogst, volgens nauwkeurige observatie, gezond blijft. Dit is in overeenstemming met de gevonden grenswaarden: 0,40 dpm B voor het optreden van hartrot en 0,35 dpm B voor het optreden van opbrengstverliezen.

Het suikergehalte van de biet varieerde bij een goede boriumvoorziening op de verschillende proefvelden van ongeveer 14 tot 18, met een gemiddelde van 16,6%. Slechts op twee proefvelden (IB 1155 en 1153) verhoogde toediening van borax het suikergehalte aanzienlijk (gemiddeld 1,6 en 2,4%). Op andere proefvelden, met eveneens lage boriumtoestanden, varieerde de stijging van 0,3-0,5% (tabel 4,

Appendix). Aangezien het slechts voor enkele waarnemingen een belangrijk verschil ten opzichte van de bietopbrengsten zou betekenen, is voor de relatieve suikeropbrengsten geen aparte bewerking uitgevoerd.

3.2.2. Verloop van het boriumgehalte in de grond.

Hieronder worden eerst de resultaten van een oude veldproef (zie 2.2.2; IB 457; 1959-1962) vermeld, waarin de invloed van bemesting met borax, onder gelijktijdige bediening van calcium als carbonaat of sulfaat, op het boriumgehalte van de grond werd nagegaan.

Bemesting met borax (april 1959) heeft het boriumgehalte van de grond duidelijk verhoogd, zoals blijkt uit de analyses van april 1960 (fig.25). Aangezien niet vaststaat welke niveau's direct na de bemesting werden bereikt, zijn de in april 1959 (vóór de bemesting) en april 1960 gevonden waarden in de grafieken niet door een lijn verbonden. Volgens berekening bedraagt de theoretische stijging van het boriumgehalte in de bouwvoor bij toediening van 8, 16 en 32 kg borax/ha resp. 0,40, 0,80 en 1,60 dpm. De werkelijke stijging was echter bij de laagste gift 50 en bij de hoogste gift 70% lager. Voor de onttrekking door het gewas (suikerbieten) werd 110 - 130 g B/ha berekend, hetgeen aanzienlijk minder is dan Henkens (1962) opgeeft voor een gemiddelde opbrengst (350-400g). In de droge zomer van 1959 waren echter de opbrengsten abnormaal laag: loofopbrengst 14 ton/ha (droge-stofgehalte 15%), bietopbrengst

22 ton/ha (droge-stofgehalte 23%). Het boriumgehalte van het loof bij de oogst was 20-30 dpm, afhankelijk van de boraxgift. Het boriumgehalte van de biet, dat weinig door bemesting met borium wordt beïnvloed, is voor de berekening gesteld op 13 dpm (Sluijsmans en Loman, 1967). Zelfs indien het gewas de hoeveelheid van 110-130 g borium uitsluitend uit de bouwvoor zou hebben betrokken, zou dit slechts een daling in het boriumgehalte van 0,05-0,06 dpm hebben veroorzaakt. Ter verklaring van de verschillen tussen de berekende en de gevonden stijging van het boriumgehalte van de bouwvoor, onder invloed van de bemesting, ligt het daarom meer voor de hand aan uitspoeling naar diepere lagen te denken (zie Discussie).

Na april 1960 trad een daling in de boriumgehalten van de grond op, die aanvankelijk (tot augustus 1960) snel, daarna langzamer verliep (fig.25). Dit was het meest geprononceerd bij de hoogste giften borax. Na ongeveer drie jaar was in geen der objecten nog een invloed van de bemesting op het boriumgehalte van de grond aantoonbaar. Dit is niet te verklaren met de onttrekking door de gewassen haver (1960), aardappelen (1961) en suikerbieten (1962), die volgens het "Handboekje voor de Landbouwvoorlichter (1967)" op resp. 10, 60 en 300g B/ha geteld kan worden. Op de bekalkte veldjes (pH-KCl 6,6) bleven de boriumgehalten de eerste jaren op een hoger niveau dan op de onbekalkte. Toediening van gips en bekalking tot pH-KCl 5,8 hadden vrijwel geen invloed.

groeiseizoen een deel van het toegediende borium naar diepere lagen is uitgespoeld.

4. DISCUSSIE

De in dit onderzoek gevonden positieve samenhang tussen het boriumgehalte van de grond, bepaald door extractie in heet water, en het boriumgehalte van het blad komt overeen met de resultaten van Schultze-Grobleben(1954), Bucher (1957) en Henkens en Lehr (1959). In tegenstelling hiermee zijn de resultaten van Hamence en Oram (1964). Ook bij andere gewassen (luzerne, klaver, zonnebloem) bleek de boriumfractie, oplosbaar in heet water een goede maat te zijn voor het voor de plant beschikbare borium (Stinson (1953), Ouellette en Lachance (1954), Bucher (1957), Riehm (1957), Bishop en Cook (1958), Wear en Patterson (1962), Maurice en Trocmé (1965), Miljkovic et al. (1966), Baker en Mortensen, 1966).

De gevonden kritische boriumgehalten van de grond, nl. 0,35-0,40 dpm voor het optreden van boriumgebrek en 0,30-0,35 dpm voor opbrengstdepressies, komen goed overeen met de waarden vermeld door Walsh en Golden (1952), Schultze-Grobleben (1954), Bucher (1957) en Henkens en Lehr (1959) voor lichte gronden. Voor leemhoudende gronden wordt in de literatuur een hogere waarde opgegeven voor bieten en andere gewassen (Ouellette en Lachance (1954), Bucher (1957), Wear

en Patterson(1962),Miljkovic et al.,1966).Het bovenstaande onderzoek laat in dezen geen uitspraak toe aangezien slechts weinig leemhoudende gronden werden opgenomen. De kritische boriumconcentratie van het blad ligt iets hoger dan de gehalten vermeld door Hughes (1959),Lehr(1940),Henkens en Lehr (1959) en Hamence en Oram(1964).

Hoewel bij hoge humusgehalten en pH-waarden van de grond het boriumgehalte van het blad in meerdere of mindere mate daalde en de aantasting door hartrot iets toenam, kon geen invloed op de relatieve loof-, biet- en suikeropbrengsten worden aangetoond. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het aantal gronden in de in 1967 genomen proeven te gering was om eventuele interacties vast te stellen (zie 2.4). Henkens en Lehr(1959) vonden geen, Henkens en Van Brakel (1963) een negatieve invloed van de pH op het boriumgehalte van het blad. Volgens Wear en Patterson(1962)was bij stijgende pH minder borium voor luzerne beschikbaar bij ieder boriumniveau van de grond.Volgens Walsh en Golden(1952) en Maurice en Trocmé(1965)moeten bij toenemende alkaliteit hogere grenswaarden voor het boriumgehalte van de grond worden aangehouden.

Om verliezen door boriumgebrek te voorkomen,kan behalve een bemesting,ook een preventieve bespuiting met borax worden toegepast.Indien een advies hiertoe op gewasonderzoek wordt gebaseerd,moeten de analyseresultaten tijdig ter beschikking komen, hetgeen in de praktijk op bezwaren kan stuiten(zie o.a. Bucher,1957). In Engeland (Hamence en Oram,1964) zijn de ervaringen met bespuiting (1% oplossing van "solubor" - $Na_2B_8O_{13}.4H_2O$ - naar 1000 l/

ha) gunstig, mits deze tijdig wordt uitgevoerd. In droge zomers is bespuiting effectiever dan bemesting, terwijl de eerste bovendien kan worden gecombineerd met maatregelen voor de bestrijding van luis. Volgens Amberger en Frömel (1957) zijn verschillende bespuitingen nodig wegens de geringe mobiliteit van borium in de plant.

De aantasting van het loof door hartrot was in de potproef (Vp 876) ernstiger dan op de proefvelden, wat duidelijk tot uiting komt in de opbrengstverliezen (vgl. fig.14 en 23). De verliezen in relatieve bietopbrengst waren daarentegen even groot (vgl. fig.15 en 24). Op sommige proefvelden herstelde het door hartrot aangetaste gewas zich later in het seizoen enigszins door de vorming van nieuw (gezond) blad. Een ander opvallend verschil tussen de pot- en veldproeven was dat in de potproeven borax een veel groter effect had op het suikergehalte. Misschien hangt dit samen met het verschil in de mate van aantasting van het loof door hartrot. Ook De Haan (1935) en Henkens en Van Brakel (1963) vonden (soms) een verhoging van het suikergehalte door toediening van borium; Hamence en Oram (1964) gewoonlijk niet.

Het is algemeen bekend dat hartrot in droge zomers veelvuldiger voorkomt dan in natte (Hobbs en Bertramson, 1949; Schultze-Grobleben, 1954; Henkens en Lehr, 1959; Hamence en Oram, 1964). Over de verklaring hiervan lopen de meningen uiteen. Volgens Cornillon (1967) bestaat er een positieve relatie tussen het in heet water oplosbare

borium in de grond en de hoeveelheid neerslag in de veertien dagen voorafgaand aan de bemonstering.De bovenstaande resultaten(zie 3.1.3),die geheel in overeenstemming zijn met die van Gupta(1968),maken het echter onwaarschijnlijk dat de vochttoestand van de grond van invloed is op het met (heet)water te extraheren borium. Een aannemelijker verklaring is dat de plantewortel onvoldoende borium kan opnemen aangezien de bovengrond, waarin zich deze voedingsstof (gebonden aan organische stof) overwegend bevindt,uitdroogt. De ondergrond is weliswaar vochtiger,maar bevat gewoonlijk minder borium (Hobbs en Bertramson, 1949; Díble en Berger, 1952;Baker en Mortensen,1966).

De na een aanvankelijke stijging optredende snelle daling van het boriumgehalte van de grond na bemesting met borax, is in overeenstemming met literatuurgegevens. Volgens Kubota et al.(1948) en Wilson et al.(1951)spoelde op zandige gronden een hoeveelheid borax naar 45kg/ha binnen zes maanden uit de bouwvoor.Op zwaardere gronden was de vertikale verplaatsing van borium minder snel(zie ook Scharrer et al.,1954/55;Bucher,1957).Riehm(1957)vond van een bemesting naar 20 kg borax/ha op een leemgrond,na zeven maanden slechts de helft terug in de bouwvoor.Op sommige proefvelden van Henkens en Van Brakel(1963)op zandgronden was het effect van een bemesting naar 32kg borax/ha na één jaar niet meer aantoonbaar. Ook Kubota et al.(1948), Bucher(1957)en Baker en Mortensen (1966) vonden dat bekalking de uitspoeling van borium tegenging zonder evenwel deze voedingsstof in een voor de plant onopneembare vorm vast

te leggen. Dit is in overeenstemming met de resultaten van bovenstaand onderzoek. Volgens andere auteurs zou borium bij bekalking worden gefixeerd, en wel aan ijzer- en aluminiumhydroxyverbindingen of silicaten (Parks en Shaw, 1941; Scharrer et al., 1956; Biggar en Fireman, 1960; Sims en Bingham, 1968).

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Om voor suikerbieten een boriumbemestingsadvies, gebaseerd op grondonderzoek, te kunnen opstellen, werden pot- en veldproeven uitgevoerd. Eerst werd door middel van bladanalyse nagegaan of het met kokend water uit de grond te extraheren borium een goede maat is voor de beschikbaarheid van deze voedingsstof voor de plant, en voor het optreden van boriumgebrek (hartrot). Daarna werd in een serie proefvelden, begeleid door een potproef met overeenkomstige gronden, bepaald welke hoeveelheden boriummeststof op gronden met verschillend boriumgehalte vereist zijn om opbrengstverliezen te voorkomen. Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Zowel in pot- als in veldproeven werd een goede samenhang gevonden tussen het boriumgehalte van de grond, bepaald door extractie met heet water, en het boriumgehalte van het blad.
2. De boriumgehalten van grond en blad hingen nauw samen

met de mate van hartrot (potproeven), c.q. het percentage door hartrot aangetaste planten (veldproeven). Bij boriumgehalten van de grond hoger dan 0,35 - 0,40 dpm en boriumgehalten van het blad (bemonsterd begin augustus) hoger dan 35 - 40 dpm kwam geen hartrot meer voor.

3. Bij boriumgehalten in de grond hoger dan 0,30 - 0,35 dpm traden geen verliezen in loof-, biet- en suikeropbrengst ten gevolge van boriumgebrek op.
4. Een stijging van de pH en het organische-stofgehalte van de grond leidde incidenteel tot een sterkere aantasting door hartrot. Een invloed van deze bodemfactoren op de relatieve loof-, biet-, en suikeropbrengst kon niet betrouwbaar worden aangetoond.
5. Uit de proefveldresultaten kunnen de volgende bemestingsnormen worden afgeleid: 16, 16 tot 8, en 4 kg borax (11%B) per ha bij boriumgehalten van de grond van respectievelijk lager dan 0,20, 0,20-0,29 en 0,30-0,35 dpm.
6. In een potproef kon hartrot ook worden voorkomen door een preventieve bespuiting met een 1% oplossing van borax. Indien deze maatregel wordt gebaseerd op bladanalyse (grenswaarde 35-40 dpm B, eerste volwassen blad vanuit hart) moet bemonstering eind juni/begin juli geschieden teneinde tijdig te kunnen spuiten. Uitstel van de bespuiting tot de gebrekssymptomen duidelijk zichtbaar zijn (half augustus) leidt tot verliezen.

7. In potproeven had toediening van borax, bij een onvoldoende boriumtoestand van de grond, een duidelijk positief effect op het suikergehalte van de biet. In veldproeven was dit niet, of in veel mindere mate het geval.
8. De vochttoestand van de grond (40 en 80% van de maximale watercapaciteit) had geen invloed op het met heet water te extraheren borium.
9. Bemesting met borax had slechts een geringe nawerking (waarschijnlijk ten gevolge van uitspoeling), die na drie jaren niet meer aantoonbaar was. Bij bekalking bleef het boriumgehalte van de grond aanvankelijk op een hoger niveau.

SUMMARY

Field and pot experiments were conducted to assess the boron fertilizer requirements of sugar beet crops on the basis of soil analysis. It was first verified by leaf analysis whether hot-water-soluble soil boron is an indication of plant-available boron and of boron deficiency (heart-rot) incidence. The rates of fertilizer required on soils with different boron contents were determined in subsequent field experiments, accompanied by a pot experiment with similar soils. The following conclusions can be drawn from the results:

7. In pot experiments application of borax to plants growing on soils low in boron markedly increased sugar content of the beet. In field experiments the effect was much less pronounced.
8. Soil moisture content (40 and 80% of the maximum water capacity) did not affect hot-water-extractable soil boron.
9. The effect of borax fertilization could not be demonstrated after more than three years. This inconsiderable residual effect is probably caused by leaching. When liming the soil water-soluble boron was temporarily maintained at a higher level.

Dible, W.T. en K.C. Berger. Boron content of alfalfa as influenced by boron supply. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16(1952)60-62.

Ezekiel, M. Methods of correlation analysis. Wiley, New York (1950).

Ferrari, T.J. en C.M.J. Sluijsmans. Mottling and magnesium deficiency in oats and their dependence on various factors. Pl. Soil 6(1955)262-299.

Gupta, U.C. Relationship of total and hot-water soluble boron, and fixation of added boron, to properties of podzol soils. Soil.Sci.Soc.Amer.Proc.32(1968)45-48.

Haan, K. de Verdere veldproeven voor het onderzoek naar de werking van borax op suiker- en voederbieten. Meded. Inst. Suikerbietenteelt 5(1935)92-102.

Hamence, J.H. en P.A. Oram. Effects of soil and foliar applications of sodium borate to sugar beet.J.Sci. Fd.Agric.15(1964)565-579.

Hatcher, J.T. en L.V.Wilcox. Colorimetric determination of boron using carmine. Anal. Chem. 22(1960)567-569.

Henkens, C.H. Bemestingsbeleid ten aanzien van sporenelementen. Landbouwk. Tijdschr. 74(1962)691-707.

Henkens, C.H. en G.D. van Brakel.Verslag van de interprovinciale boriumproefvelden met bieten (serie 28). Gestencilde Versl.Interprov.Proeven 92(1963).

Henkens, C.H. en J.J. Lehr. Borium op bouwland.Landbouwvoorlichting 16(1959)339-344.

Hobbs, J.A. en B.R. Bertramson. Boron uptake by plants as

influenced by soil moisture. Soil Sci.Soc.Amer.Proc. 14(1949)257-261.

Hughes, J.D. A note on foliar diagnosis of boron deficiency in beetroot Queensland J.Agric.Sci.16(1959)85-86.

Kubota.J., K.C. Berger en E.Truog. Boron movement in soils Soil Sci.Soc.Amer.Proc.13(1948)130-134.

Lehr, J.J. De betekenis van borium voor de plant. Bosch, Utrecht (1940).

Maurice, J. en S.Trocmé Observations sur le bore dans le sol et dans les plantes.
II. Influence de l'apport d'amendements calcaires sur le bore préexistant ou ajouté dans le sol. Annls Agron. 16(1965)579-593.

Miljkovic, N.S., B.C. Matthews en H.M.Miller. The available boron content of the genetic horizons of some Ontario soils. II. The relationship between boron adsorption by sunflower and other soil properties. Can. J. Soil Sci.46(1966)139-145.

Naftel, J.A. Colorimetric microdetermination of boron. Ind. Engng Chem.(Anal.Ed). 11(1939)407-409.

Ouellette, G.J. en R.O. Lachance. Soil and plant analysis as means of diagnosing boron deficiency in alfalfa in Quebec. Can.J.Agric.34(1954)494-503.

Parks, R.Q. en B.T. Shaw. Possible mechanisms of boron fixation in soil. I. Chemical Soil.Sci.Amer.Proc.6(1941) 219-223.

Riehm, H. Die Borfrage im Luzernebau. Landw. Forsch. 9

Sonderheft (1957) 106-113.

Scharrer, K., H. Kühn en J. Lüttmer. Über die Auswaschung des Bors im Boden Landw. Forsch. 7(1954/55)89-105.

Scharrer, K., H. Kühn en J. Lüttmer. Untersuchungen über die Bindung des Bors durch anorganische Bodenbestandteile. Z.Pfl.Ernähr.Düng.Bodenk.73(1956)40-48.

Schultze-Grobleben, W. Zur Frage der Borbestimmung im Boden. Landw.Forsch.6(1954)106-114.

Sims, J.R. en F.T. Bingham. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. II. Sesquioxides. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32(1968) 364-369.

Sluijsmans, C.M.J. en H. Loman. Verslag van de vakproef Vp 764-1965; kalk en borium in de ondergrond. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Groningen (1967).

Stewart, F.B. en J.H. Axley. Seasonal variation in the boron content of alfalfa. Agron. J. 48(1956)259-262.

Stinson, C.H. Relation of water-soluble boron in Illinois to boron content of alfalfa. Soil Sci.75(1953)31-36.

Walsh, T. en J.D. Golden. The boron status of Irish soils in relation to the occurrence of boron deficiency in some crops in acid and alkaline soils. Trans. Int. Soc. Soil Sci., Comm. II & IV, Dublin 2(1952)167-171.

Wear, J.T. en R.M. Patterson. Effect of soil pH and texture on the availability of water-soluble boron in the soil. S Sci. Soc. Amer. Proc. 26(1962)344-346.

Wilson, C.M., R.L. Iovvorn en W.W. Woodhouse Jr. Movement and accumulation of water-soluble boron within the soil profile. Agron.J. 43(1951)363-367.

8. APPENDIX

Tabel 3. Grond- en Gewasonderzoek: proefvelden IB 1149-1167(1967)

Table 3. Soil and leaf analysis: field experiments IB 1149-1167(1967).

Prv.no. (Field expt.)	Grond analyse bij aanleg(soil,analysis before treatment)			p.p.m. B in blad/ leaf op 4/7					p.p.m. B in blad/ leaf op 7/8					p.p.m. B in grond/soil bij oogst/at harvest				
	pH-	% org.	ppm	borax kg/ha					borax kg/ha					borax kg/ha				
	KCl	stof	B	0	4	8	16	32	0	4	8	16	32	0	4	8	16	32
IB 1149	5,4	2,4	0,58	71	78	87	94	131	129	140	148	155	202	0,55	0,40	0,50	0,54	0,46
1150	5,1	2,5	0,43	63	61	63	60	90	85	87	87	94	123	0,32	0,37	0,42	0,58	0,68
1151	4,6	4,3	0,46	55	55	61	62	77	69	70	74	85	103	0,35	0,40	0,46	0,63	0,91
1152	5,9	4,0	1,01	48	49	49	50	59	75	69	70	73	79	0,74	0,82	0,93	1,25	1,47
1153	5,7	2,6	0,18	18	33	39	46	63	12	18	27	45	45	0,18	0,24	0,28	0,47	0,74
1154	5,8	2,4	0,24	25	36	39	53	74	21	32	43	49	71	0,20	0,26	0,33	0,51	0,55
1155	5,0	2,6	0,17	23	42	43	52	77	13	23	36	48	72	0,17	0,22	0,27	0,35	0,53
1156	5,9	2,0	0,16	18	34	40	55	98	15	30	36	50	84	0,13	0,19	0,23	0,36	0,44
1157	5,3	2,9	0,21	30	43	46	47	56	21	43	52	57	78	0,19	0,23	0,28	0,43	0,59
1158	4,5	2,6	0,22	22	35	44	52	64	18	26	35	48	60	0,22	0,25	0,32	0,38	0,62
1159	4,7	2,3	0,19	23	31	36	43	53	17	21	29	33	43	0,17	0,26	0,28	0,39	0,60
1160	4,4	2,1	0,18	17	31	34	47	61	12	22	29	45	58	0,18	0,21	0,27	0,33	0,53
1161	3,9	2,2	0,16	26	37	45	52	79	23	29	40	63	113	0,15	0,21	0,24	0,29	0,37
1162	4,8	4,9	0,26	35	42	42	50	55	23	39	48	63	84	0,20	0,23	0,38	0,49	0,87
1163	4,9	7,6	0,44	38	46	47	49	64	48	64	65	78	111	0,35	0,38	0,58	0,67	0,95
1164	5,3	5,4	0,33	35	44	43	52	57	33	49	62	82	103	0,30	0,42	0,43	0,48	0,79
1165	4,8	5,9	0,21	17	37	49	80	85	13	36	70	68	128	0,15	0,20	0,44	0,52	1,11
1166	4,6	7,4	0,38	33	44	48	59	58	25	43	63	77	93	0,35	0,35	0,48	0,57	1,05
1167	4,7	8,3	0,46	50	57	58	58	72	33	53	66	71	108	0,46	0,57	0,66	0,97	1,15

in BG-r-1969-9

BIBLIOTHEEK
DIENSTEN, WAGENINGEN

Foto's en figuren behorende

bij IB rapport 9. 1969

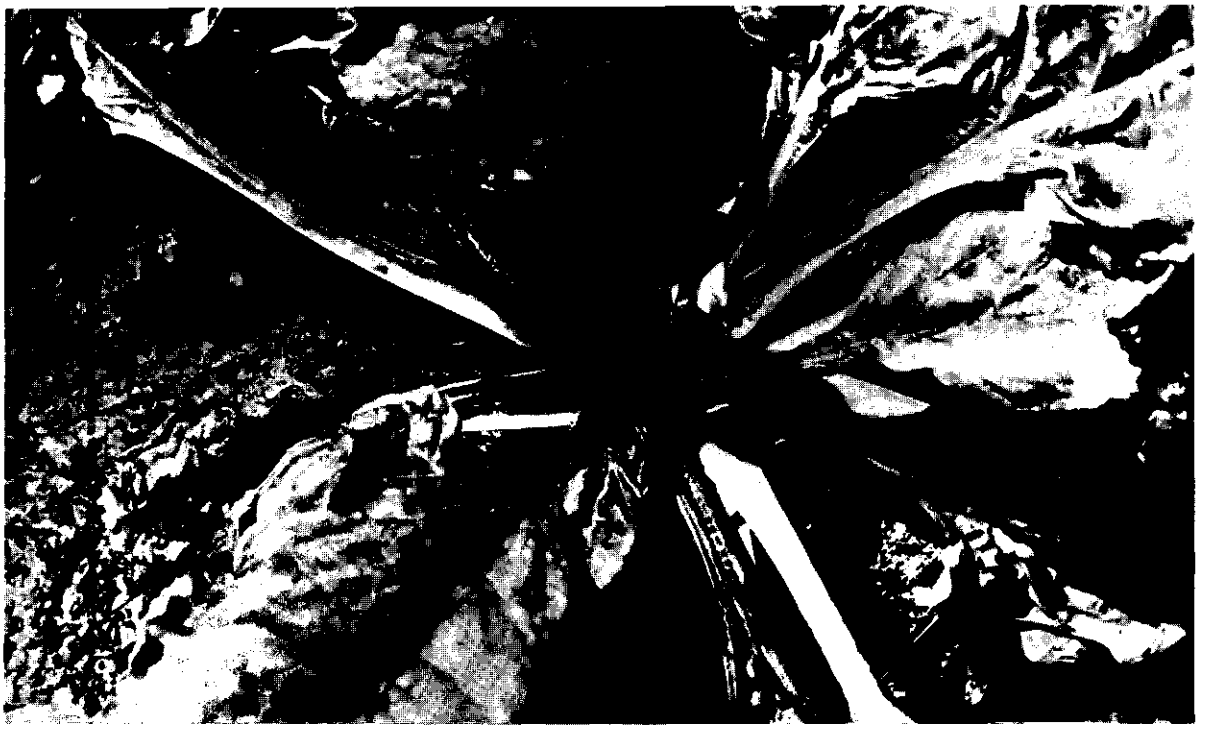

Foto 1. Boriumgebrek (hartrot) bij suikerbiet. Let op nerfrot in de bladstelen en afsterven van de hartblaadjes.
Boron deficiency (heart-rot) in sugar beet. Note transverse cracks in leaf petioles and death of heart leaves.

Foto 2. Boriumgebrek bij suikerbiet (wortel).
Boron deficiency in sugar beet (root).

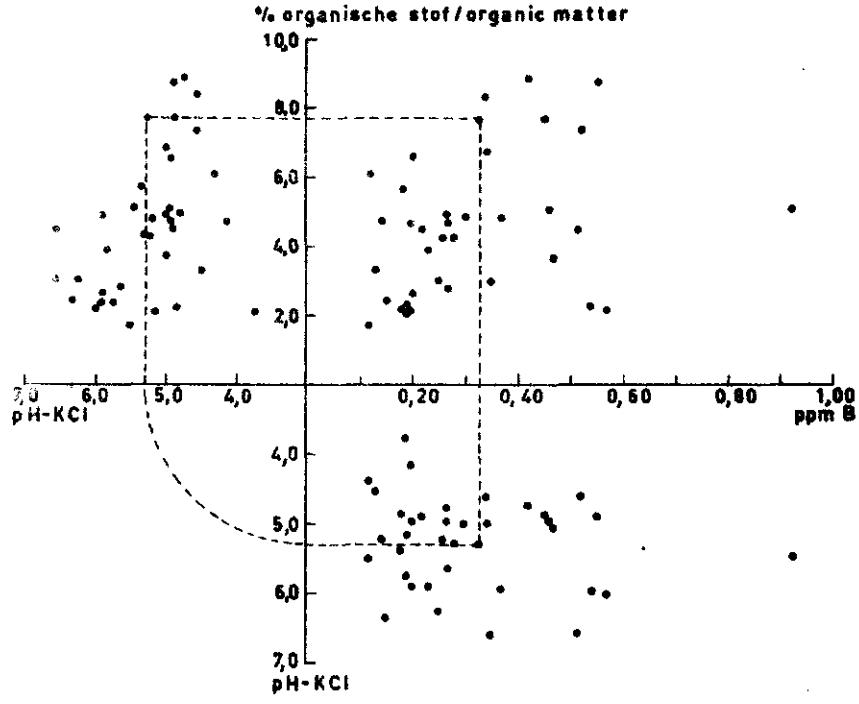

Fig. 1. Kenmerken van de gronden gebruikt in potproef Vp 743 (1965).
Characteristics of the soils used in pot experiment Vp 743 (1965).

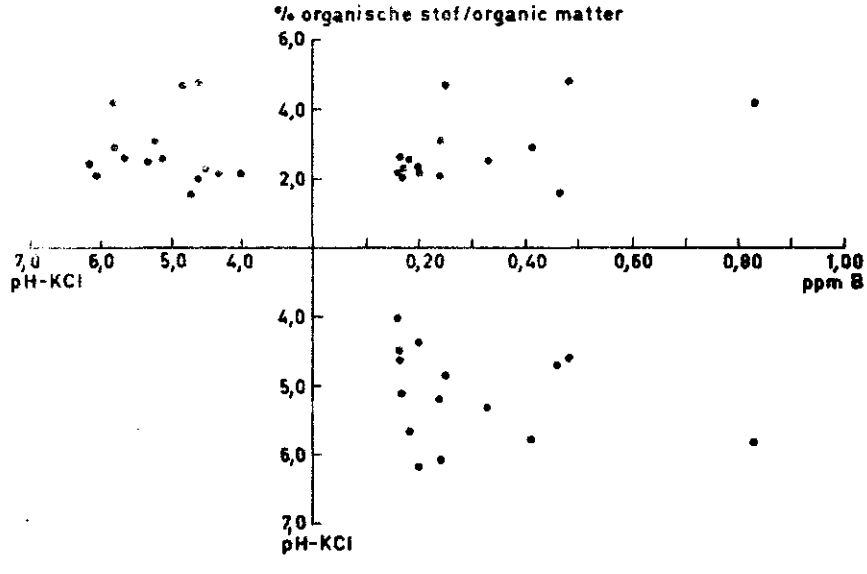

Fig. 2. Kenmerken van de gronden gebruikt in potproef Vp 876 (1967).
Characteristics of the soils used in pot experiment Vp 876 (1967).

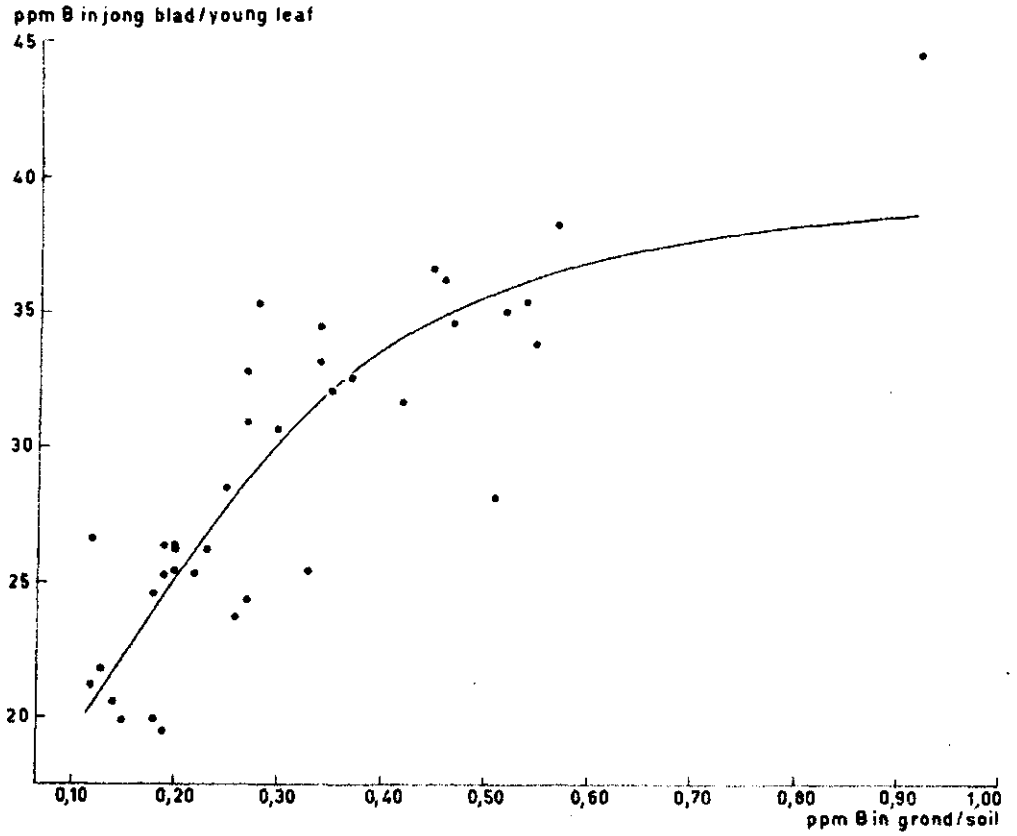

Fig. 3. Verband tussen boriumgehalte grond en boriumgehalte jong blad (bemonsterd op 30/6); potproef Vp 743.
Relationship between soil and leaf boron (young leaves, sampled on 30/6); pot experiment Vp 743.

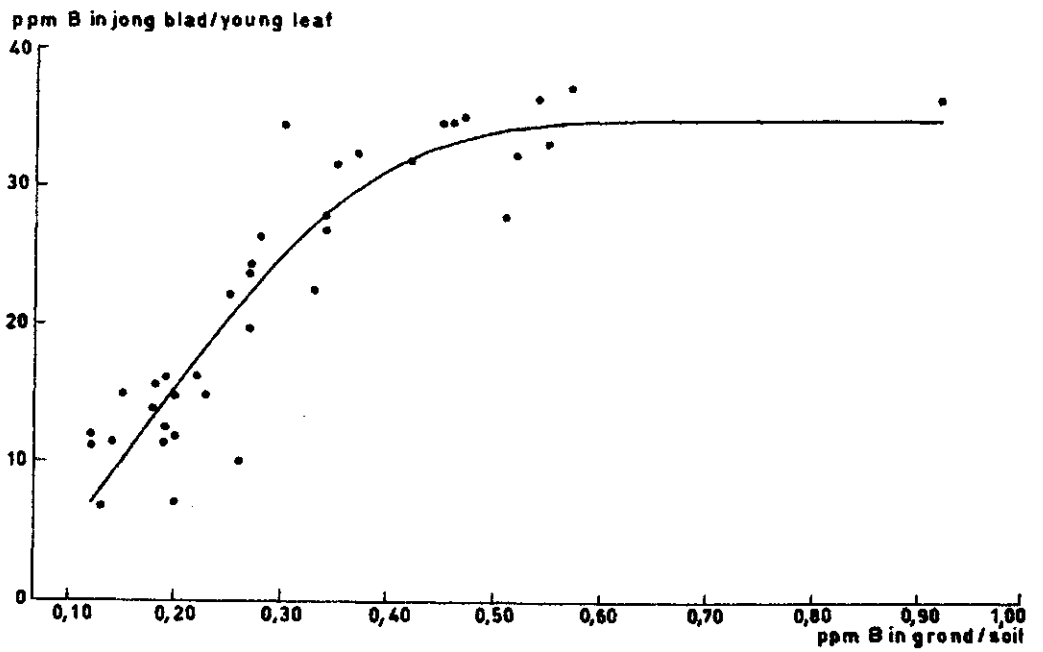

Fig. 4. Verband tussen boriumgehalte grond en boriumgehalte jong blad (bemonsterd op 5/8); potproef Vp 743.
Relationship between soil and leaf boron (young leaves, sampled on 5/8); pot experiment Vp 743.

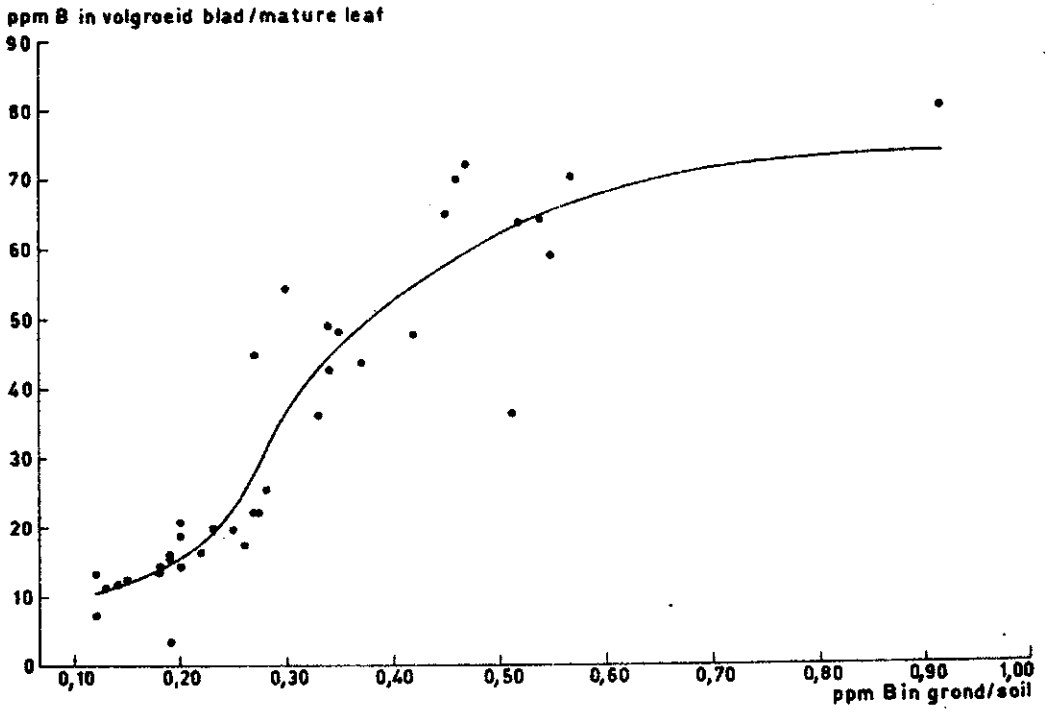

Fig. 5. Verband tussen boriumgehalte grond en boriumgehalte volgroeid blad (bemonsterd op 5/8); potproef Vp 743.
Relationship between soil and leaf boron (mature leaves, sampled on 5/8); pot experiment Vp 743.

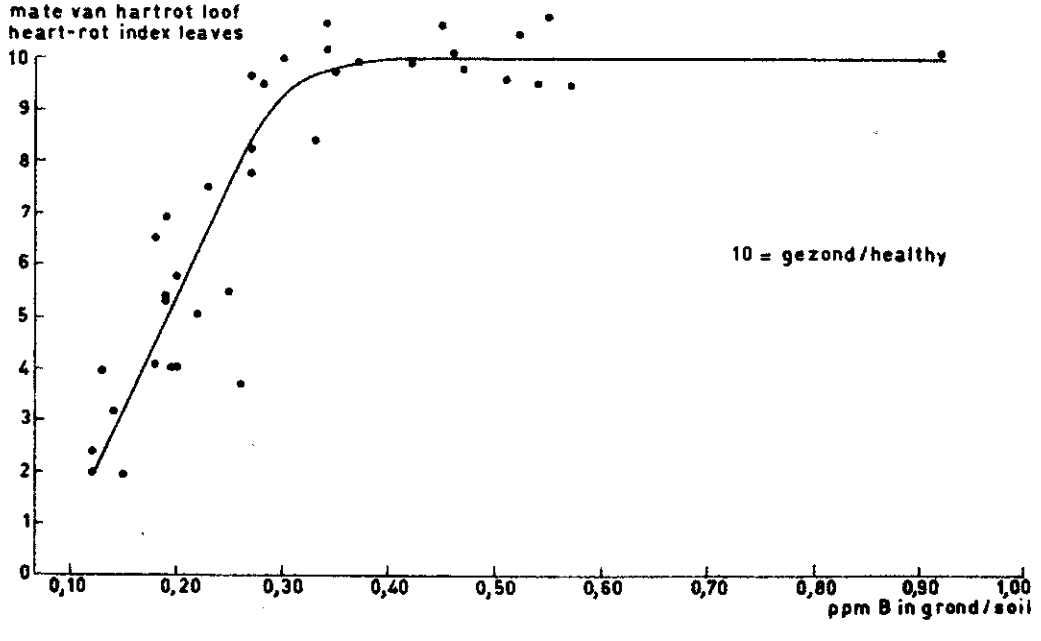

Fig. 6. Verband tussen boriumgehalte grond en mate van hartrot in het loof (beoordeling op 5/10); potproef Vp 743.
Relationship between soil boron and heart-rot index leaves (observation on 5/10); pot experiment Vp 743.

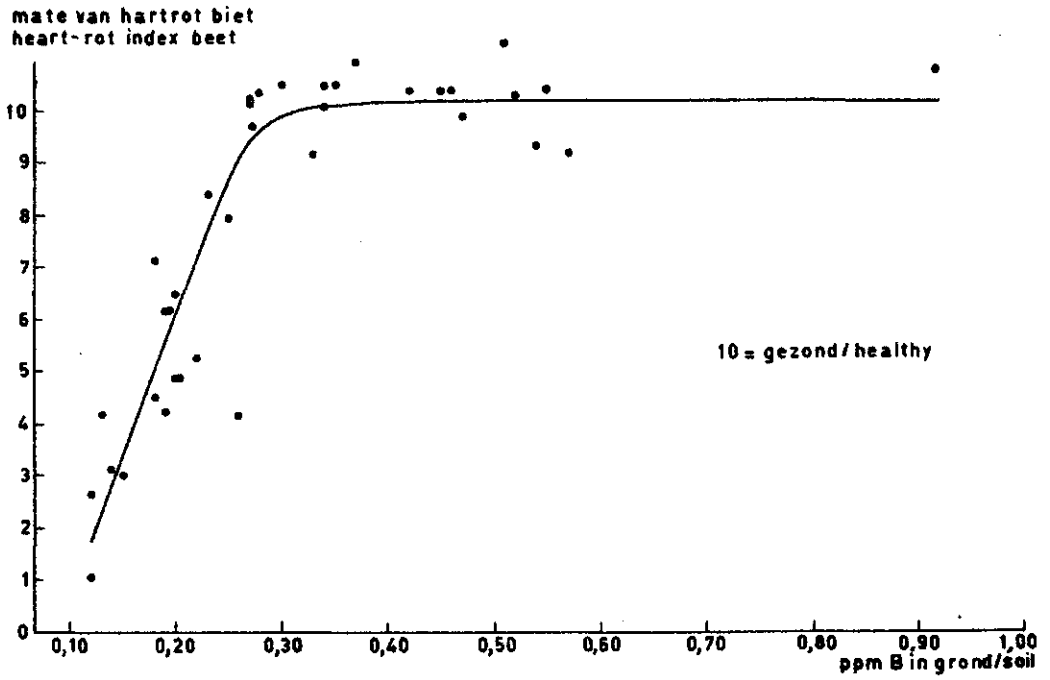

Fig. 7. Verband tussen boriumgehalte grond en mate van hartrot in de biet (beoordeling op 13/10); potproef Vp 743.
Relationship between soil boron and heart-rot index beet (observation on 13/10); pot experiment Vp 743.

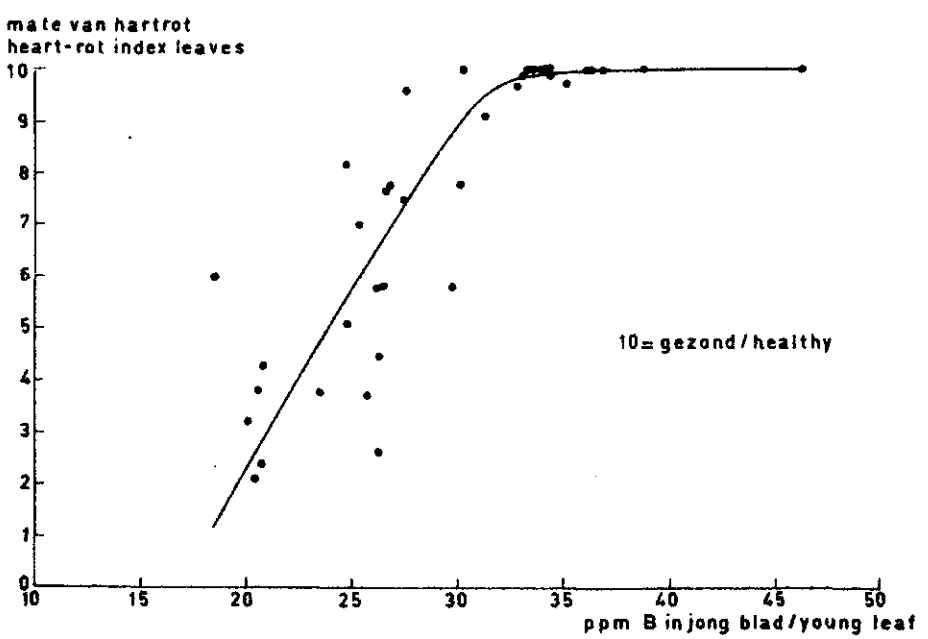

Fig. 8. Verband tussen boriumgehalte jong blad (bemonsterd op 30/6) en mate van hartrot in het loof; potproef Vp 743.
Relationship between leaf boron (young leaves, sampled on 30/6) and heart-rot index leaves; pot experiment Vp 743.

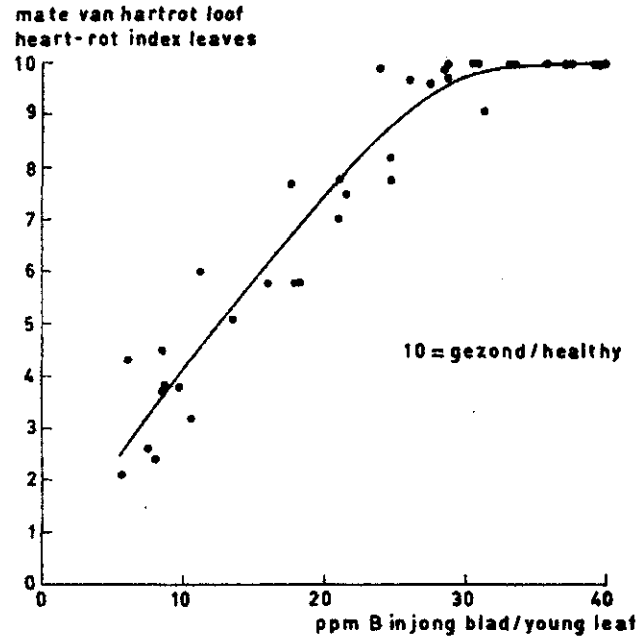

Fig. 9. Verband tussen boriumgehalte jong blad (bemonsterd op 5/8) en mate van hartrot in het loof; potproef Vp 743.
Relationship between leaf boron (young leaves, sampled on 5/8) and heart-rot index leaves; pot experiment Vp 743.

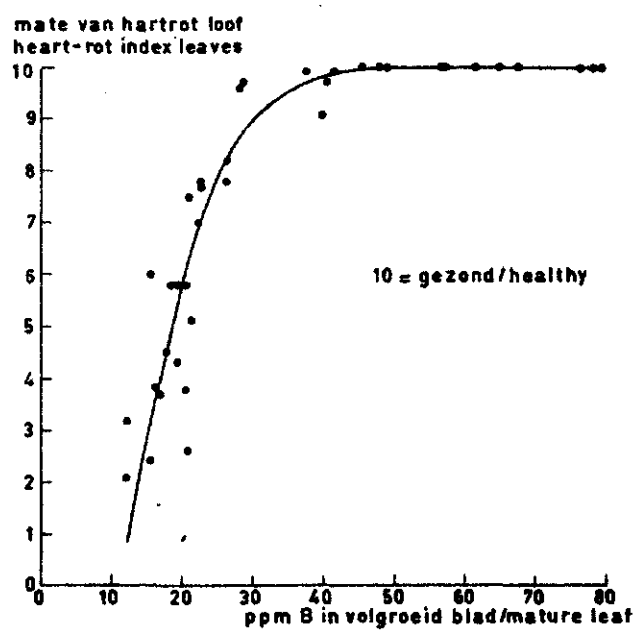

Fig. 10. Verband tussen boriumgehalte volgroeid blad (bemonsterd op 5/8) en mate van hartrot in het loof; potproef Vp 743.
Relationship between leaf boron (mature leaves, sampled on 5/8) and heart-rot index leaves; pot experiment Vp 743.

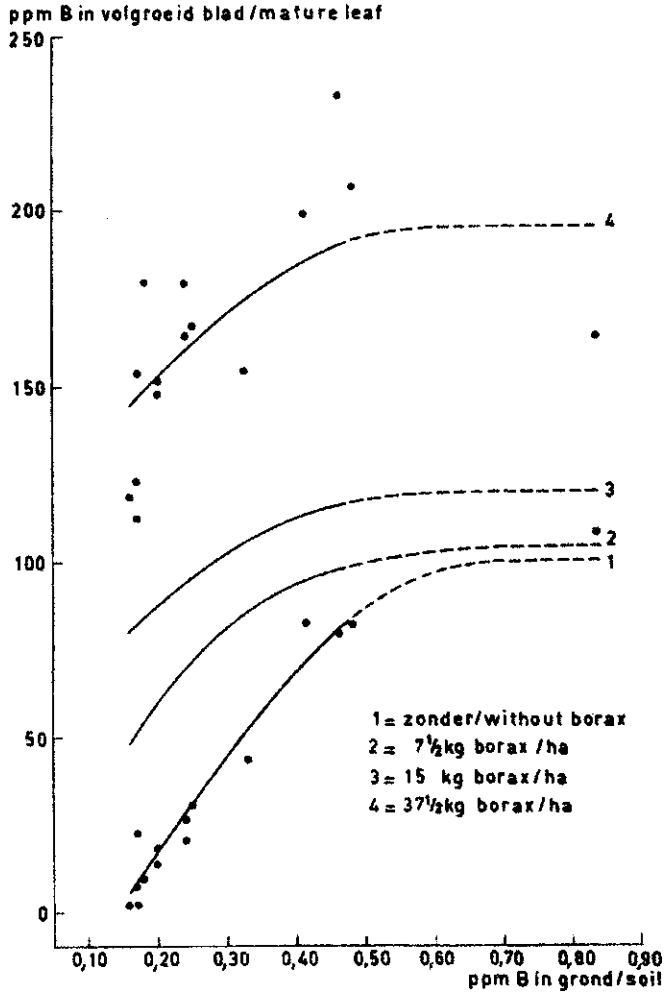

Fig. 11. Verband tussen boriumgehalte grond en boriumgehalte volgroeid blad (bemonsterd op 2/8) bij verschillende giften borax; potproef Vp 876 (1967).
Relationship between soil and leaf boron (mature leaves, sampled on 2/8) at different borax applications; pot experiment Vp 876 (1967).

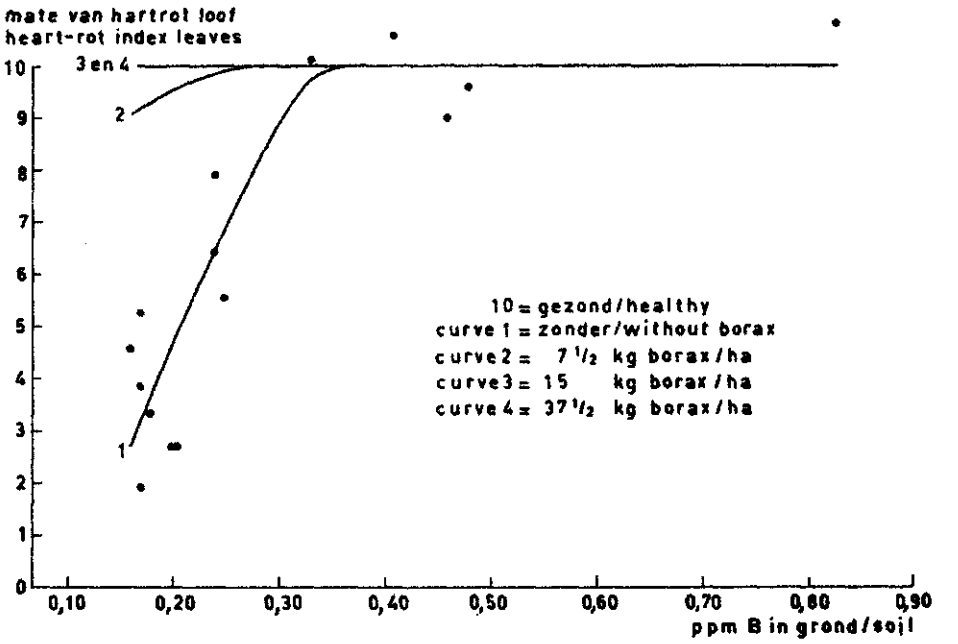

Fig. 12. Verband tussen boriumgehalte grond en mate van hartrot in het loof (beoordeling op 13/10); potproef Vp 876.
Relationship between soil boron and heart-rot index leaves (observation on 13/10); pot experiment Vp 876.

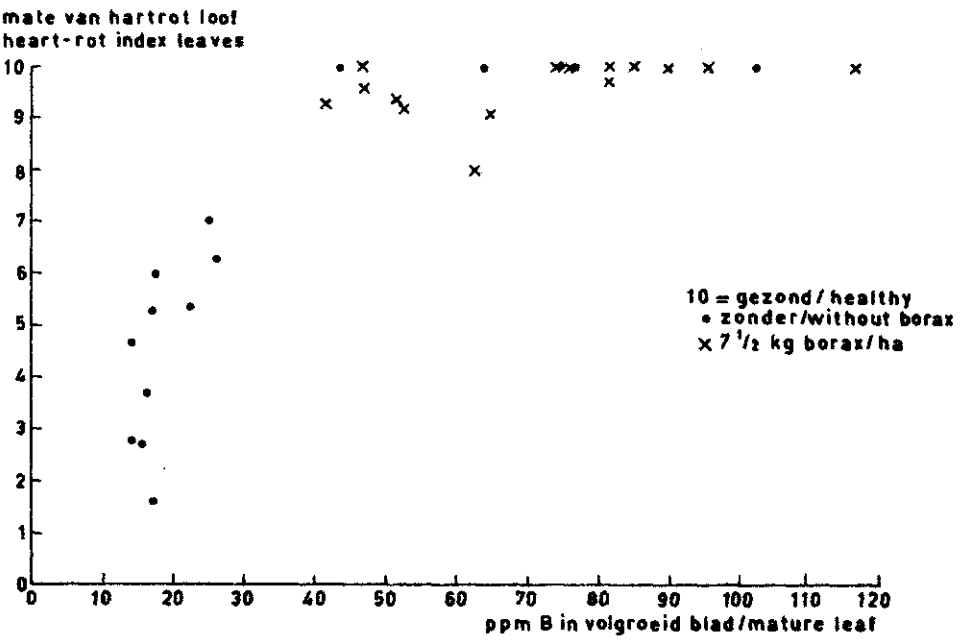

Fig. 13. Verband tussen boriumgehalte volgroeid blad (bemonsterd op 2/8) en mate van hartrot in het loof; potproef Vp 876.
Relationship between leaf boron (mature leaves, sampled on 2/8) and heart-rot index leaves; pot experiment Vp 876.

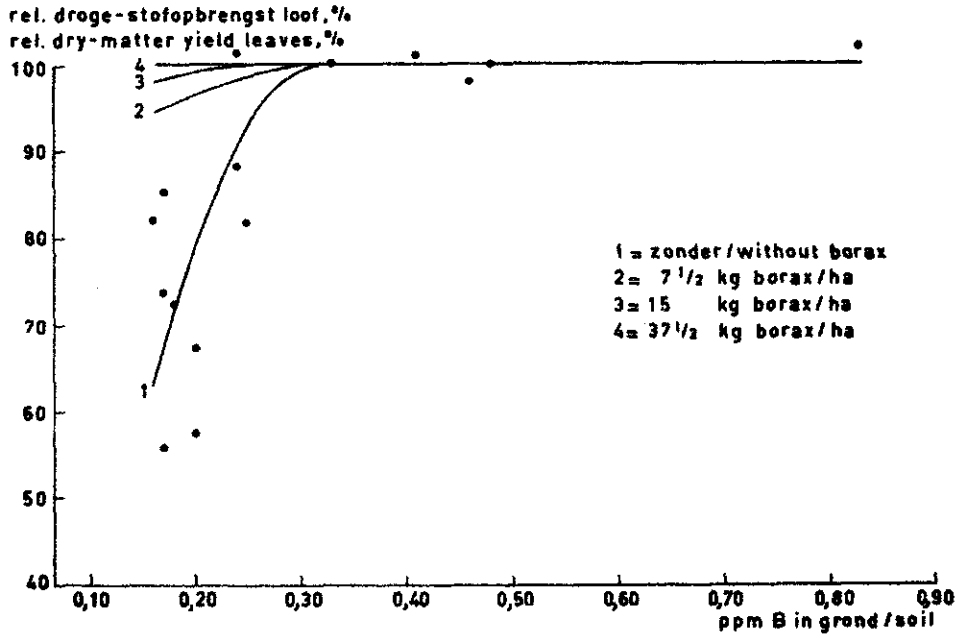

Fig. 14. Verband tussen boriumgehalte grond en relatieve droge-stofopbrengst loof (met 37,5 kg borax/ha=100%); potproef Vp 876.
Relationship between soil boron and relative dry matter yield of leaves (with 37,5 kg borax/ha=100%); pot experiment Vp 876.

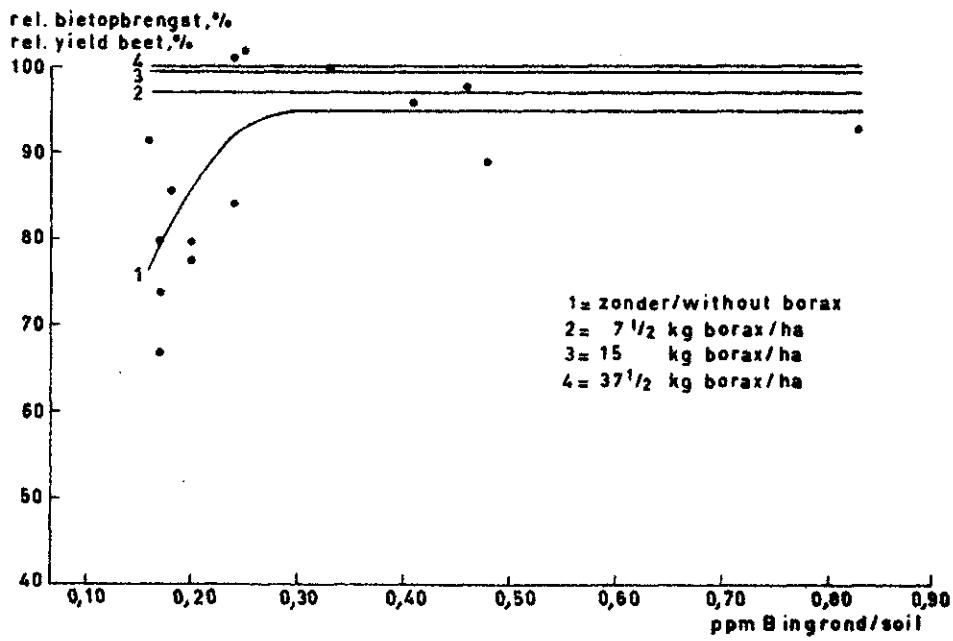

Fig. 15. Verband tussen boriumgehalte grond en relatieve bietopbrengst (met 37,5 kg borax/ha=100%); potproef Vp 876.
Relationship between soil boron and relative beet yield (with 37.5 kg borax/ha=100%); pot experiment Vp 876.

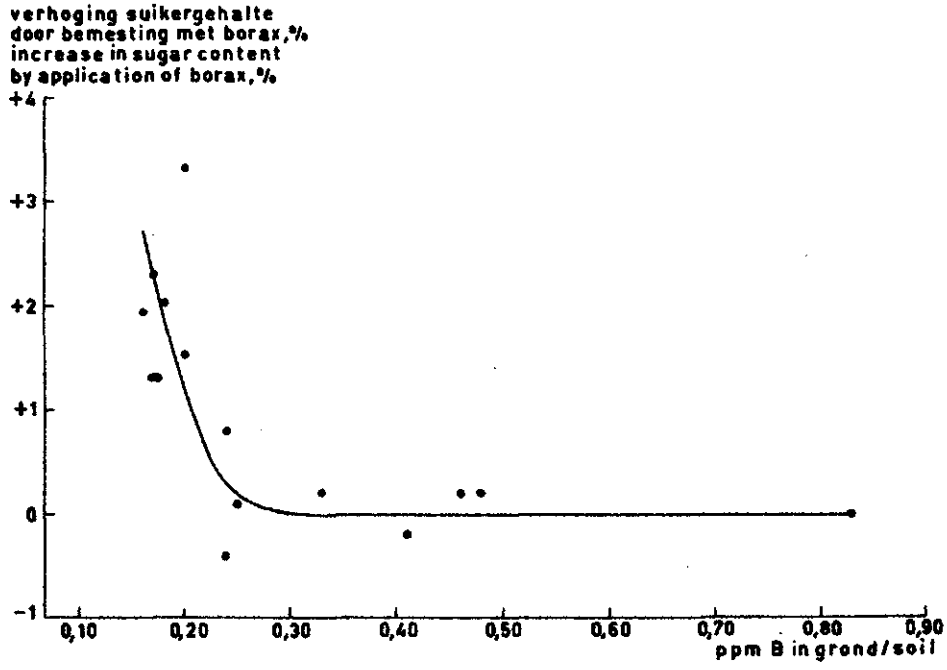

Fig. 16. Verband tussen boriumgehalte grond en verhoging van het suikergehalte van de biet bij bemesting met borax; potproef Vp 876.
Relationship between soil boron and increase in sugar content of beet following fertilization with borax; pot experiment Vp 876.

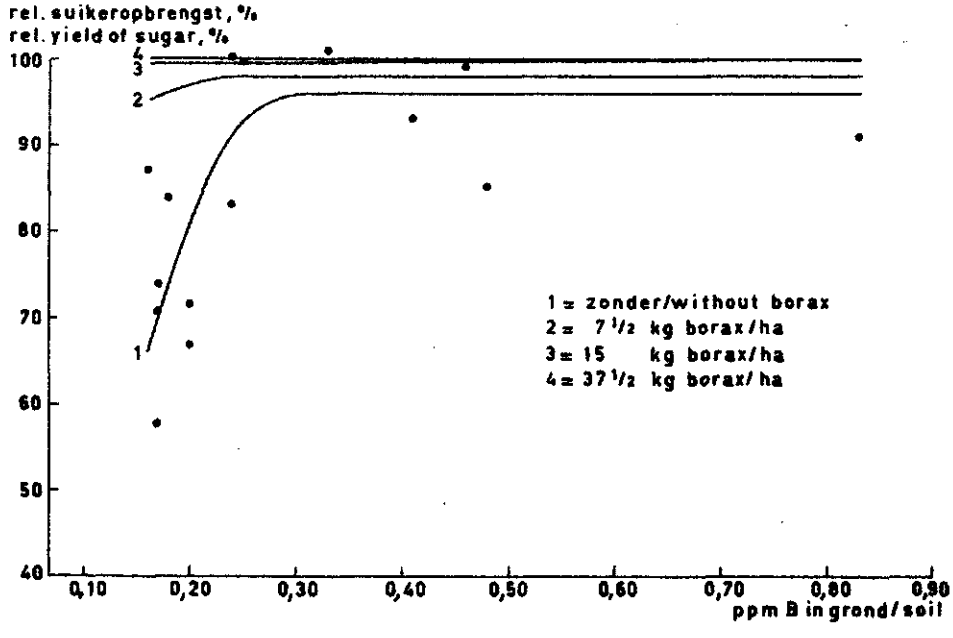

Fig. 17. Verband tussen boriumgehalte grond en relatieve suikeropbrengst (met 37,5 kg borax/ha=100%); potproef Vp 876.
Relationship between soil boron and relative sugar yield (with 37.5 kg borax/ha=100%); pot experiment Vp 876.

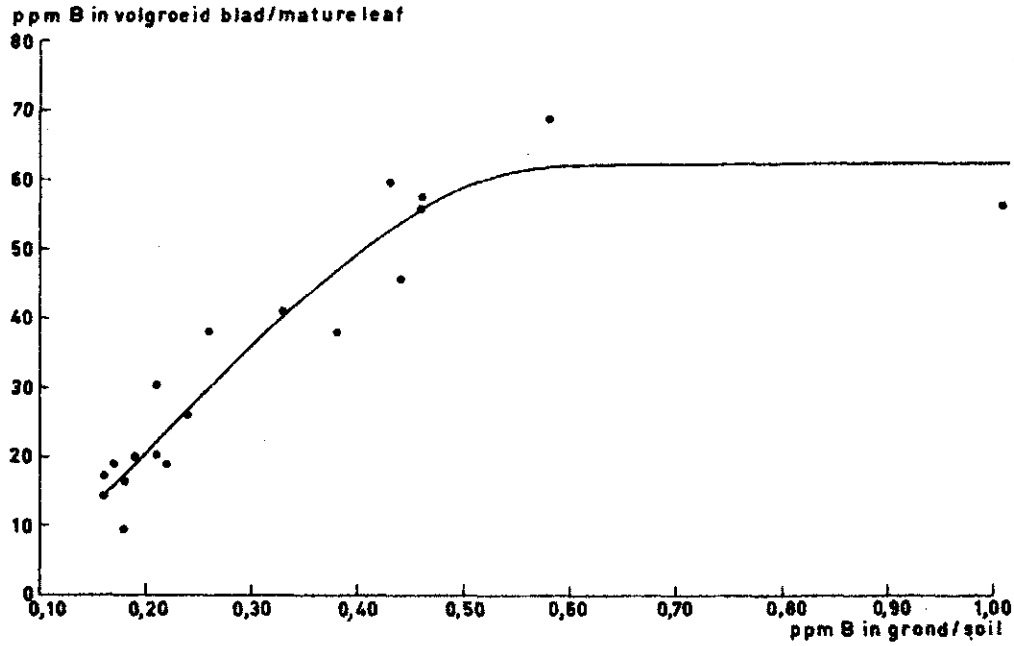

Fig. 18. Verband tussen boriumgehalte grond en boriumgehalte volgroeid blad (bemonsterd op 4/7), zonder toediening van borax; proefvelden IB 1149-1167 (1967).
Relationship between soil and leaf boron (mature leaves, sampled on 4/7), without application of borax; field experiments IB 1149-1167 (1967).

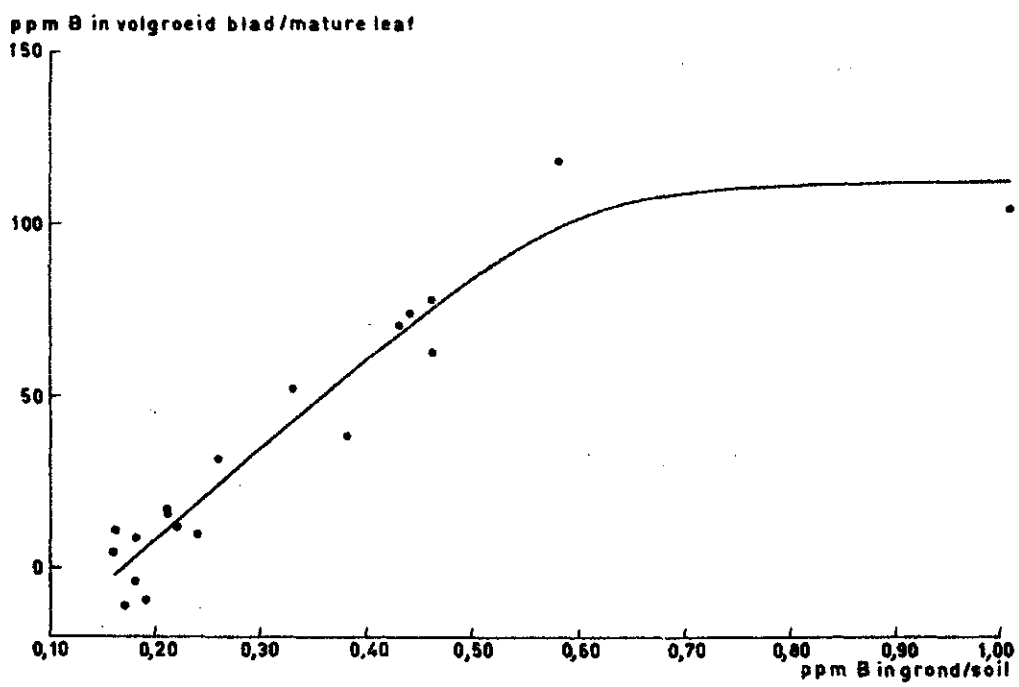

Fig. 19. Verband tussen boriumgehalte grond en boriumgehalte volgroeid blad (bemonsterd op 7/8), zonder toediening van borax; proefvelden IB 1149-1167.
Relationship between soil and leaf boron (mature leaves, sampled on 7/8), without application of borax; field experiments IB 1149-1167.

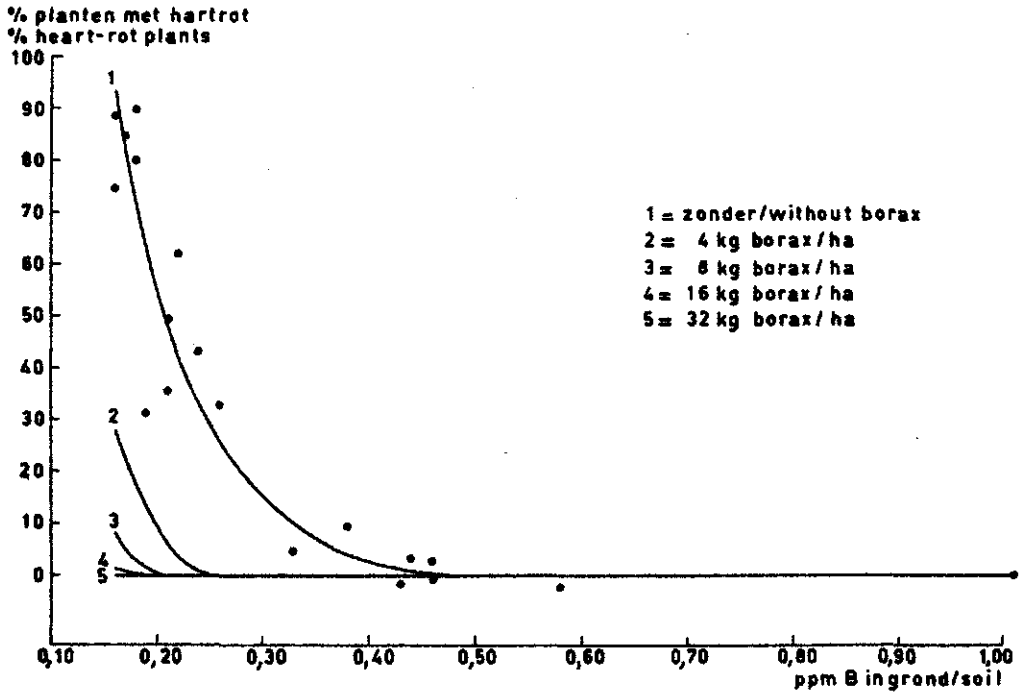

Fig. 20. Verband tussen boriumgehalte grond en percentage door hartrot aangetaste planten; proefvelden IB 1149-1167.
Relationship between soil boron and percentage of plants affected by heart-rot; field experiments IB 1149-1167.

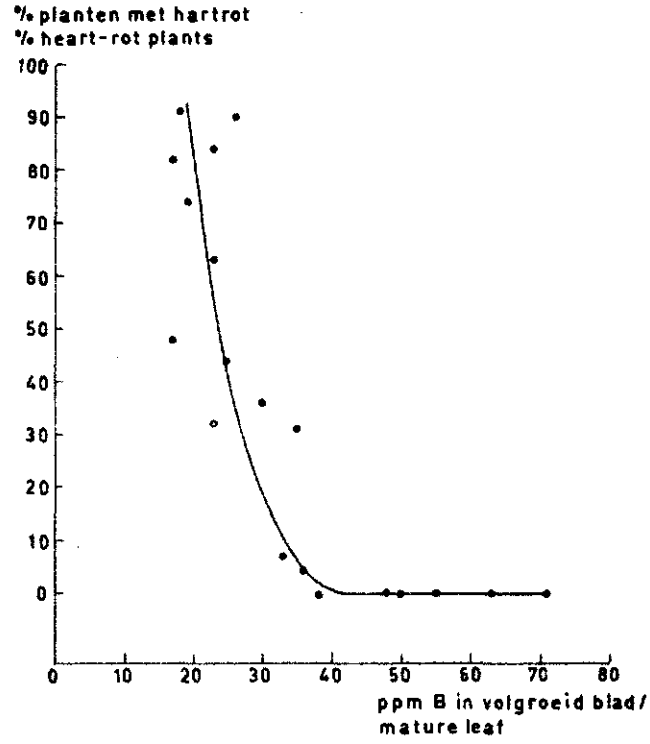

Fig. 21. Verband tussen boriumgehalte volgroeid blad (bemonsterd op 4/7) en percentage door hartrot aangetaste planten zonder toediening van borax; proefvelden IB 1149-1167 (1967).
Relationship between leaf boron (mature leaves, sampled on 4/7) and percentage of plants affected by heart-rot without borax application; field experiments IB 1149-1167 (1967).

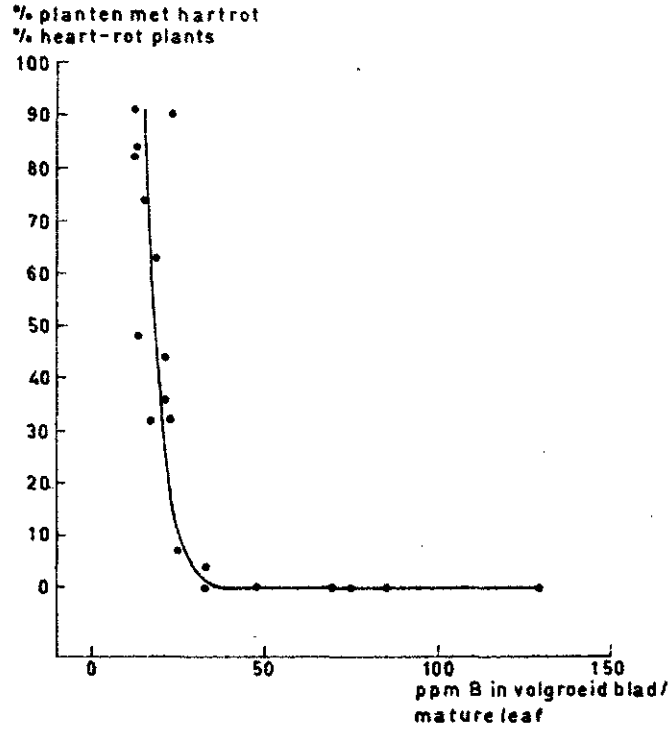

Fig. 22. Verband tussen boriumgehalte volgroeid blad (bemonsterd 7/8) en percentage door hartrot aangetaste planten zonder toediening van borax; proefvelden IB 1149-1167 (1967).
Relationship between leaf boron (mature leaves sampled on 7/8) and percentage of plants affected by heart-rot (without borax application); field experiments IB 1149-1167 (1967).

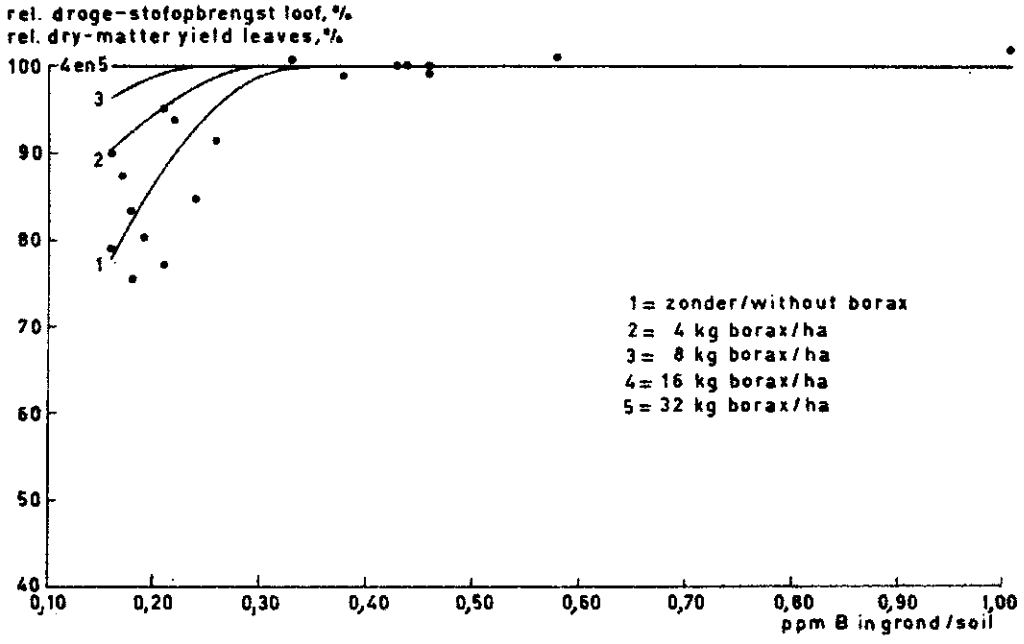

Fig. 23. Verband tussen boriumgehalte grond en relatieve droge-stof-opbrengst loof (met 32 kg borax/ha=100%); proefvelden IB 1149-1167.
Relationship between soil boron and relative dry-matter yield of leaves (with 32 kg borax/ha=100%); field experiments IB 1149-1167.

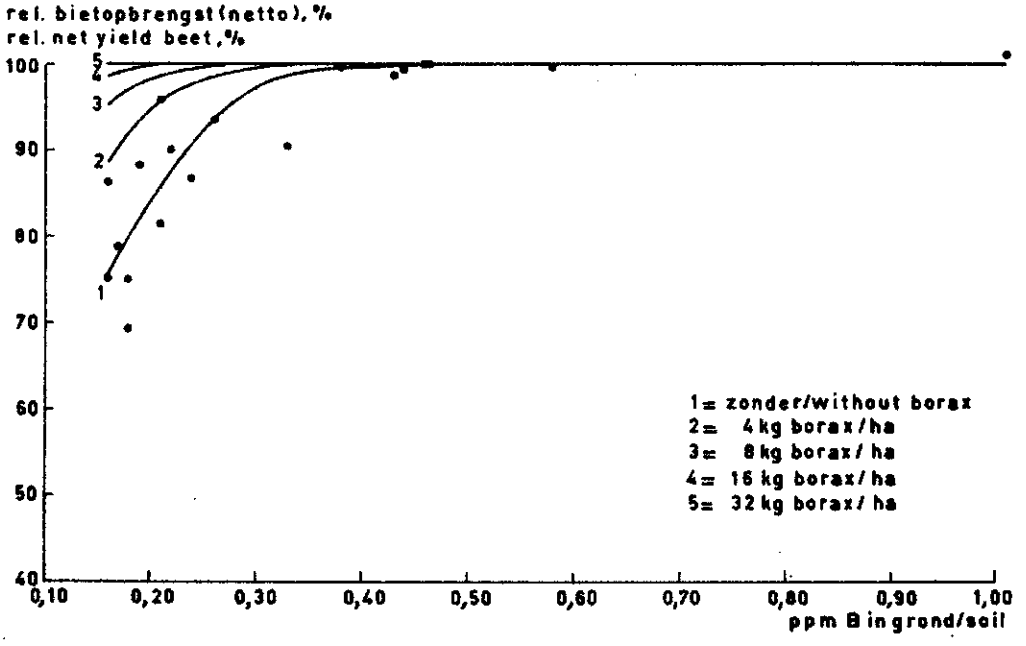

Fig. 24. Verband tussen boriumgehalte grond en relatieve bietopbrengst (met 32 kg borax/ha=100%); proefvelden IB 1149-1167.
Relationship between soil boron and relative beet yield (with 32 kg borax/ha=100%); field experiments IB 1149-1167.

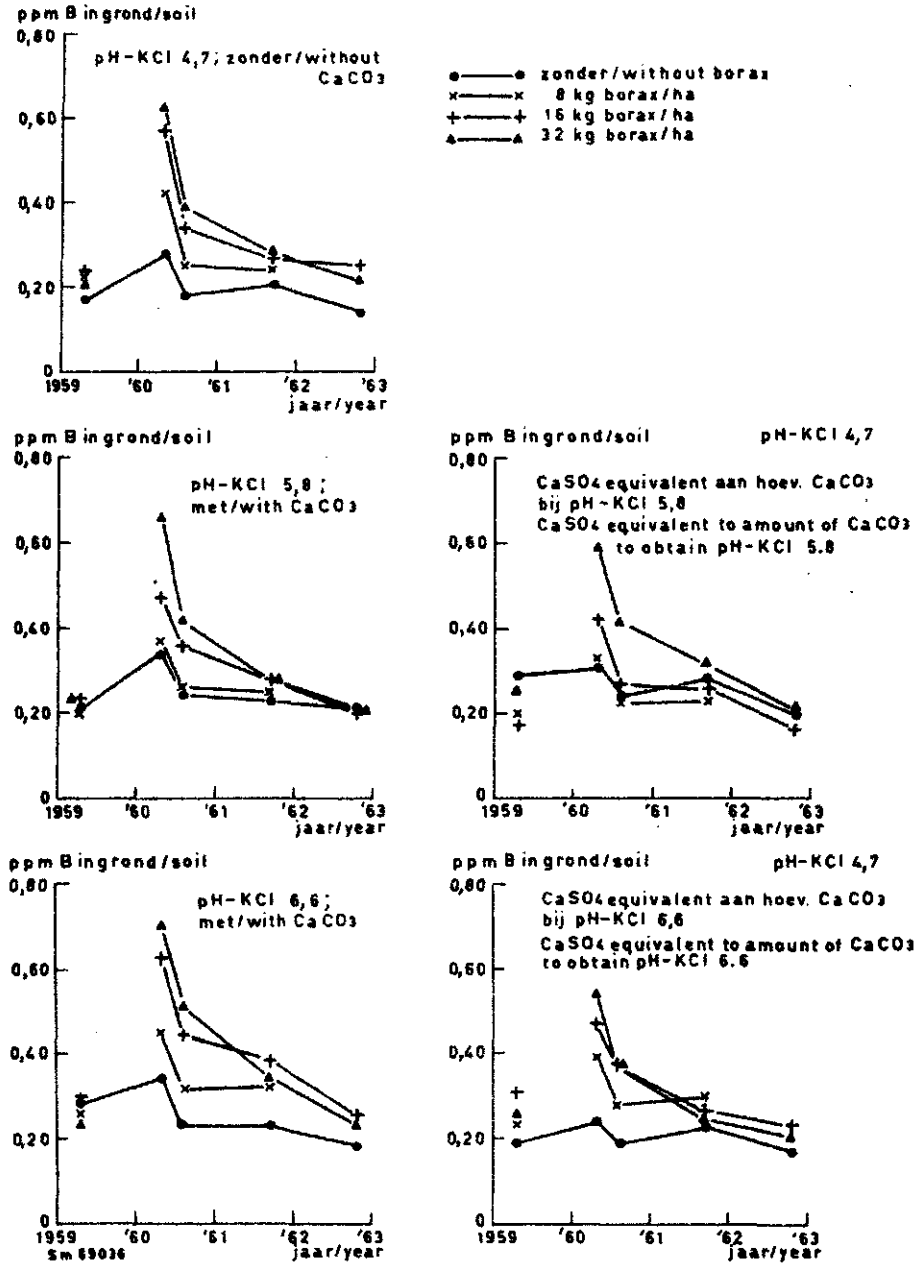

Fig. 25. Verloop van boriumgehalte in de grond na bemesting met borax en equivalente calciumhoeveelheden (als $CaSO_4$ en $CaCO_3$); proefveld IB 457 (1959-1962).
Soil boron trends following application of borax and equivalent quantities of calcium (as $CaSO_4$ and $CaCO_3$); field experiment IB 457 (1959-1962).

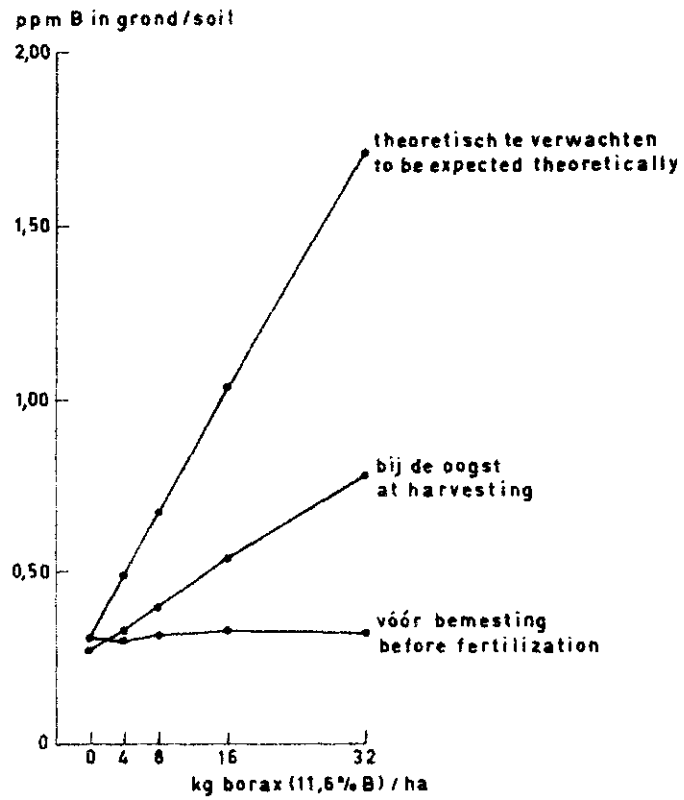

Fig. 26. Boriumgehalten van de grond vóór bemesting met borax, bij de oogst (suikerbieten) en theoretisch te verwachten waarden, onder invloed van bemesting met borax; proefvelden IB 1149-1167.
Soil boron contents before application of borax, at harvesting (sugar beets) and theoretical values, following application of borax; field experiments IB 1149-1167.