

NEDERLANDSCHE PLANTENZIEKTENKUNDIGE (PHYTOPATHOLOGISCHE) VEREENIGING

TIJDSCHRIFT OVER PLANTENZIEKTEN

ONDER REDACTIE VAN

IR N. VAN POETEREN, PROF. DR W. K. J. ROEPKE EN
PROF. DR JOH^A WESTERDIJK

43e Jaargang

5e aflevering

Mei 1937

ZINK ALS EEN NOODZAKELIJK ELEMENT VOOR DE
SUIKERBIET EN DE AARDAPPELPLANT

(WITH A SUMMARY: ZINC AS AN ESSENTIAL ELEMENT FOR
SUGAR BEETS AND POTATO PLANTS)

DOOR

D. A. VAN SCHREVEN

I. DE BETEKENIS VAN ZINK VOOR DE PLANT

De eerste proeven, die betrekking hebben op de vraag of planten zink noodig hebben voor een normale ontwikkeling, zijn genomen met lagere planten, voornamelijk met de schimmel *Aspergillus niger*. Reeds in 1869 meende RAULIN (34) te hebben aangetoond, dat deze zwam zink noodig heeft. Verschillende andere onderzoekers hebben later bevestigd, dat sporen zink den groei van *A. niger* stimuleeren.

Voor een overzicht van de zinkproeven bij de microflora kan verwezen worden naar het werk van BRENCHLEY [1927 (5)] en naar dat van SCHARRER en SCHROPP [1934 (38)], waarin eveneens de meeste laboratoriumonderzoekingen zijn vermeld, die betrekking hebben op de vraag of zink een noodzakelijk element is voor hogere planten.

De belangrijkste onderzoekingen zijn wel die van SOMMER en LIPMAN (43), SOMMER (44, 45) en die van HOAGLAND, CHANDLER en HIBBARD [1936 (21)].

In 1926 publiceerden SOMMER en LIPMAN (43) proeven, die zij namen met gerst en dwergzonnebloem. In watercultuur, waarbij extra gezuiverde chemicaliën en potten van pyrexglas werden gebruikt bleven de planten veel kleiner dan de contrôleplanten, wanneer geen zink werd gegeven. SOMMER (44, 45) zette haar watercultuurproeven voort met tarwe, boekweit, paardeblood en

roode Kidney boon. Al deze planten bleken voor een normale ontwikkeling zink nodig te hebben.

In Californië onderzochten HOAGLAND, CHANDLER en HIBBARD [1936 (21)] de noodzakelijkheid van zink voor tabak, pompoen, mais, alfalfa en abricoszaailingen in watercultuur, waarbij chemicaliën werden gebruikt, die niet extra gezuiverd waren. Mais en pompoen werden vrij spoedig ernstig ziek wanneer geen zink werd toegevoegd. Tabak werd minder hevig aangetast dan deze beide planten, ofschoon de bladeren eenige chlorose vertoonden en kleiner bleven dan de contrôleplanten. De verschijnselen bij abricos waren eveneens vrij zwak, terwijl alfalfa oogenschijnlijk gezond bleef, ofschoon de opbrengst iets geringer was dan die van de planten, die zink kregen.

Zij kweekten eveneens abricoszaailingen in een oplossing, waaraan zouten waren toegevoegd, die opnieuw waren omgekristalliseerd. Wanneer geen zink werd toegediend ontstonden ziekteverschijnselen, die veel ernstiger waren dan bij gebruik van zouten, die niet speciaal gezuiverd waren. Het ziektebeeld dat bij de verschillende planten in watercultuur ontstond, bleek geheel overeen te komen met dat van planten, die gekweekt werden in grond afkomstig van een perzikboomgaard, waarin de boomen symptomen vertoonden van „little leaf”, een ziekte welke bestreden kan worden met zink. De experimenteel teweeggebrachte ziektesymptomen bij mais geleken in alle opzichten op die van de „white bud” ziekte, zooals die voorkomen in de praktijk.

BRENCHLEY komt in haar laatste artikel [1936 (6)] tot de conclusie, dat het definitieve bewijs nog niet geleverd is, dat zink noodzakelijk is voor een normale ontwikkeling van hogere planten. Zij maakt echter geen melding van de belangrijke publicaties van SOMMER en LIPMAN.

In Californië en Florida zijn veel voorbeelden bekend, waarbij op het veld bepaalde ziekteverschijnselen voorkomen, die door middel van een zinkverbinding kunnen worden voorkomen of genezen. CHANDLER, HOAGLAND en HIBBARD (8, 9, 10, 11) slaagden er in een veelvuldig voorkomende ziekte bij vruchtboomen in Californië, bekend als „little leaf” of „rosette” te genezen door toediening van zinksulfaat, (A) door toevoeging van zinksulfaat aan den grond in de buurt van den stam, (B) door besproeien van het loof met een mengsel van zinksulfaat en gebluschte kalk en (C) eveneens door zinksulfaat in den stam te brengen. Het gelukte hun ook de ziekte bij verschillende boomsoorten te genezen door spijkers van zink in de stammen of takken te slaan. De ziekte komt daar o.a. voor bij pruim, perzik, appel, peer, kers,

walnoot en wijnstok, op zeer verschillende grondsoorten: zandgrond, zandige leem, en zeer zware leem met een reactie varieërend tusschen pH 6,8 en pH 8. Een behandeling van den grond met zinkverbindingen is zeer kostbaar, aangezien de gronden in Californië het zink zeer sterk binden, waardoor een nieuwe behandeling spoedig noodzakelijk wordt. Het bleek dezen onderzoekers, dat een combinatie van zinksulfaat en een groote hoeveelheid ruw ijzersulfaat aan deze bezwaren voor een deel tegemoet komen.

Onafhankelijk van deze onderzoekers slaagden ALBEN, COLE en LEWIS (1, 2) er in de „pecan rosette” ziekte te genezen met zinksulfaat. Na 1932 zijn de onderzoeken, die betrekking hebben op de bestrijding van de „rosette-ziekte” regelmatig voortgezet (28, 17, 3, 24, 25, 16, 18).

Ook een ziekte bekend als „bronzing” bij *Aleurites fordii* bleek met zink te kunnen worden bestreden (2), evenals een ziekte bij citrus-, sinaasappel- en grapefruitboomen, bekend onder den naam van „mottle leaf” (22, 23, 29, 30, 31, 32, 12, 26, 37) of „frenching” (7): Een studie van de inwendige veranderingen, die plaats vinden bij boomen met symptomen van „mottle leaf” is gemaakt door REED en DUFRÉNOY (14, 35, 36). De ziekte komt ook in West-Australië voor volgens PITMAN en OWEN (33) en is door FERNANDO (15) eveneens op Ceylon gesignaleerd.

Bij den wijnstok wordt een ziekte met den naam van „court-noué” door zink genezen. DUFRÉNOY (13) vermeldt het optreden van deze ziekte te la Couarde-sur-mer (Isle de Ré).

Ten slotte is er nog de reeds eerder genoemde ernstige ziekte bij mais in Florida, bekend onder den naam van „white bud”, die bestreden kan worden met zinksulfaat (4, 4a).

Voor aanvullende literatuur kan verder verwezen worden naar de Mededeelingen van het Instituut voor Suikerbietenteelt (42).

II. EIGEN ONDERZOEK

A. Materiaal en techniek.

In den zomer van 1936 werd de noodzakelijkheid van zink bij de suikerbiet en aardappelplant nagegaan in watercultures. Chemicaliën „Kahlbaum pro Analyse” werden gebruikt, welke tevoren twee maal in dubbel gedistilleerd water omgekristalliseerd waren, evenals bij de proef waarbij de invloed van koper op den groei van de suikerbiet bestudeerd werd (39, 40, 41). Het water werd uit kolven van pyrexglas gedistilleerd en eveneens in kolven van pyrexglas opgevangen. Voor de oplossingen werd

dubbel gedistilleerd water gebruikt, terwijl als potten 1 liter pyrex bekgelazen dienden. Enkele potten werden voorzien van geparaffineerde gipsdeksels, de meeste werden toegedekt met geparaffineerde deksels van eikenhout. In de deksels waren doorboorde kurken aangebracht, welke eveneens geparaffineerd waren.

De voedingsoplossing ontving per liter:

- 1,00 g kaliumnitraat,
- 0,50 g magnesiumsulfaat,
- 0,50 g calciumsulfaat,
- 0,60 g calciumphosfaat (tertiair),

en tevens:

- 100 mg ferroammoniumsulfaat,
- 5 mg mangaansulfaat,
- 0,7 mg boorzuur,
- 0,5 mg kopersulfaat.

Het tertiaire calciumphosfaat werd verkregen door omzetting van natriumphosfaat en calciumchloride, welke beide stoffen tevoren eveneens tweemaal omgekristalliseerd werden. De acht contrôlepotten ontvingen 0,5 mg zinksulfaat, terwijl negen potten geen zink ontvingen.

Op 8 en 30 Juli werd nogmaals ferroammoniumsulfaat toegevoegd in een hoeveelheid van 200 mg per liter. De oplossing werd op 6 Augustus geheel ververscht.

Het bietenzaad (var. *Hilleshög*) werd voorgekiemd in rijke bladaarde. De plantjes werden op 1 Juli in de potten overgebracht, nadat de beide eerste hartblaadjes zich hadden ontplooid. Hiertoe werden plantjes van gelijke grootte uitgezocht. De worteltjes werden zeer zorgvuldig met dubbel gedistilleerd water schoongespoeld. Naast elke bietenplant werd een aardappelspruit (var. *Eersteling* *) gekweekt, welke op 3 Juli in de oplossing werd geplaatst, nadat deze gedurende vier dagen was voorgekiemd in rijke tuinaarde. De spruiten ontwikkelden zich tot éénstengelige planten.

B. Resultaten.

Op 29 Juli was een duidelijk verschil in groei te bespeuren tusschen de aardappelplanten der serie zonder zink en die met zink. In het eerste geval bleven alle planten in groei achter. De topblaadjes richtten zich tevens iets omhoog, terwijl de rand van deze jonge blaadjes zich vaak een weinig naar boven omkrulde,

*) De spruiten waren afkomstig van gezonde aardappelknollen, die ik door tussenkomst van Professor Quanjer mocht ontvangen. Op deze plaats bevestig ik Professor Quanjer hiervoor nogmaals mijn hartelijken dank.

hetgeen deed denken aan primair bladrol. De blaadjes bleven eveneens duidelijk in grootte achter bij die der contrôleplanten. De internodiën van het topgedeelte bleven korter dan normaal en de planten voelden stijver aan dan bij de contrôle-objecten.

Bij de bieten was op 29 Juli slechts bij één plant van de serie zonder zink een duidelijk merkbaren achterstand in groei te zien. Bij deze plant waren de hartblaadjes smal en stonden nagenoeg recht op.

Op 5 Augustus waren de verschillen in groei tusschen de aardappelplanten der beide serie's veel duidelijker geworden, daar de planten der serie zonder zink vanaf 29 Juli practisch niet verder waren gegroeid (fig. 1). Bij de bieten was nog steeds weinig verschil in loofontwikkeling te bespeuren bij de beide serie's. Op dezen datum werden echter bij verschillende bieten, die geen zink hadden ontvangen, grijsbruine vlekken waargenomen op de bladeren ter halve hoogte van de plant en in enkele gevallen eveneens op de hartbladen. De wortels der planten, die geen zink kregen, waren donkerder gekleurd en zwakker ontwikkeld dan bij de serie met zink.

Op 19 Augustus hadden alle bietenplanten der serie zonder zink grijsbruine vlekken van onregelmatigen vorm op de bladeren. Bij 7 planten waren de vlekken te zien op de bladeren ter halve hoogte van de plant en in enkele gevallen ook op de oudere bladeren (fig. 2). Bij de beide overige planten, die geen zink kregen, waren de veel jongere bladen in het hartgedeelte sterk ziek, terwijl de overige bladen oogenschijnlijk geen afwijkingen vertoonden. Het hartgedeelte van deze twee planten bestond uit talrijke smalle blaadjes, waarvan verschillende voorzien waren van vlekjes.

Bij de bieten ontstonden de vlekken willekeurig verspreid op het bladoppervlak, in den regel tusschen de nerven en waren zoowel op den onder- als bovenkant van het blad te zien. Het kwam voor, dat een ziek blad slechts één of twee vlekken vertoonde, over het algemeen was het aantal vlekken grooter (fig. 3).

Langs den omtrek der vlekken was bij doervallend licht een smal strookje lichtgroen gekleurd weefsel te zien, dat overging in het normale groen van het overige deel van het blad. Bij de zeer sterk zieke bladeren werd ten slotte het heele bladoppervlak aangetast, waarbij de bladtop meestal het eerst verdorde en vaak naar boven omkrulde. Bij dergelijke bladen bleef de bladsteel het langst in leven (fig. 3, meest linksche blad). Op de vlekken werden geen schimmels waargenomen. Bij de planten, die geen zink kregen, bleven de penwortels duidelijk in dikte achter bij die der contrôleplanten.

Op de bladeren der aardappelplanten ontstonden bij afwezigheid van zink grijsbruine tot bronskleurige, onregelmatig gevormde vlekjes, gewoonlijk het eerst op de bladeren ter halve hoogte van de plant, soms echter op de oudere of meer jonge blaadjes en konden ten slotte meestal op alle bladeren gevonden worden. Op de plaats van de vlekken was het bladweefsel iets ingezonken en stierf ten slotte af. De aantasting der jonge blaadjes was in twee gevallen zóó hevig, dat het topeinde geheel afstierf. Bij ernstige aantasting ontstonden op de bladstelen, bladspillen en stengel van de aardappelplant plaatselijk ook bruingekleurde vlekjes. Bij een oriënteerend microscopisch onderzoek bleken op deze plaatsen de cellen van de epidermis, het collenchym, het schors- en mergparenchym, het cambium, het phloem en het xyleem groepsgewijs te zijn gedegeneerd, waarbij de celwand licht- tot donkerbruin gekleurd was. Een groot aantal der gedegeneerde phloemcellen bleek met een donkergekleurde substantie te zijn opgevuld. Op andere plaatsen van den stengel, bladsteel en bladspil had het weefsel een volkomen normaal uiterlijk. Op welke wijze de degeneratie der cellen zich in de plant bij zink tekort uitbreidt is verder niet onderzocht.

Typisch was, dat in enkele gevallen de aardappelplanten de vlekken eerder vertoonden dan de bieten die in dezelfde pot groeide, terwijl het omgekeerde eveneens werd waargenomen, ofschoon de aardappelplanten steeds eerder in ontwikkeling achterbleven dan de bieten.

De aardappelplanten werden kort voor het rijpen op 8 September geoogst. Slechts bij een enkelen knol werd plaatselijk een zeer oppervlakkige aantasting van schil en schors waargenomen bij de serie zonder zink. Het is mogelijk, dat de oorzaak hiervan aan rotting moet worden toegeschreven, aangezien de planten door het tekort aan zink zeer verzwakt waren. Alle overige knollen van de planten, die geen zink ontvingen, hadden uitwendig en inwendig een volkomen normaal uiterlijk, ofschoon zij over het algemeen kleiner waren dan van de serie waaraan zink was toegevoegd. De oogstresultaten zijn te vinden in tabel I.

TABEL I.

RESULTATEN ZINKPROEF IN 1936 BIJ DE AARDAPPELVARIETEIT *EERSTELING*
OF *DUKE OF YORK*

(Results of zinc experiment made in 1936 with the potato variety *Eersteling* = *Duke of York*)

No. pot No. pot		Lengte plant Length plant	Gem. lengte plant Average length plant	Loofgew. Weight foliage	Gem. loofgew. Average weight foliage	Knolgew. Weight tuber	Gem. Knolgew. Average weight tuber	Wortelgew. Weight root	Gem. wortelgew. Average weight root	Gem. gew. geheele plant Average weight whole plant	Verh. loof: knol Relation foliage: tuber
		cm	cm	g	g	g	g	g	g	g	g
Geen zink (No zinc)	1	28,2		11,33		12,34		2,45			
	2	18,9		8,37		8,52		1,95			
	3	25,5		14,75		14,90		1,72			
	4	22,9		12,02		17,25		5,08			
	5	18,7	22,4	9,10	9,26	12,16	10,90	4,45	2,79	22,95	0,85
	6	19,4	$\pm 1,12$	5,57	$\pm 1,01$	9,47	$\pm 1,12$	2,92	$\pm 0,44$	$\pm 2,24$	
	7	25,7		8,65		7,35		2,95			
	8	21,5		5,25		8,02		2,77			
	9	20,5		8,33		8,08		0,81			
0,5 m.g. Zn SO ₄ 7 p. L.	10	39,0		14,70		11,35		4,60			
	11	49,9		11,65		12,70		3,70			
	12	49,9		16,15		12,45		5,30			
	13	31,9		13,90		19,32		4,12			
	14	39,9	43,09	10,15	14,59	21,25	21,22	2,00	3,86	39,67	0,68
	15	42,6	$\pm 2,08$	13,60	$\pm 1,03$	19,20	$\pm 3,63$	1,05	$\pm 0,64$	$\pm 4,54$	
	16	45,7		17,85		38,02		3,17			
	17	46,2		18,60		35,45		6,75			

De gemiddelde lengte van de planten die zink ontvingen bedroeg $43,09 \pm 2,08$ cm en van de planten zonder zink: $22,4 \pm 1,12$ cm. Het verschil in lengte is $20,69 \pm 2,36$ cm, dus significant. Het gemiddelde gewicht van het loof der planten, die zink kregen, bedroeg $14,59 \pm 1,03$ g en van de serie zonder zink: $9,26 \pm 1,01$ g. Het verschil in loofgewicht is $5,33 \pm 1,44$ g, dus reëel. Het gemiddelde gewicht van de knollen der planten die zink kregen was $21,22 \pm 3,63$ g en van de planten zonder zink $10,90 \pm 1,12$ g. Het verschil in knolgewicht is $10,32 \pm 3,82$ g, berekend volgens de „t-test” van STUDENT (zie FISHER (33)) significant. Het wortelgewicht bedroeg bij de serie met zink $3,86 \pm 0,64$ g en bij de serie zonder zink $2,79 \pm 0,44$ g. Het ver-

schil bedraagt $1,07 \pm 0,77$ g, is m.a.w. niet reëel. Het gemiddelde plantgewicht bedroeg bij de serie waaraan zink was toegevoegd $39,67 \pm 4,54$ g en bij de andere serie $22,95 \pm 2,24$ g. Het verschil bedraagt $16,72 \pm 5,06$ g, is dus betrouwbaar. De verhouding tussen het loofgewicht en het knolgewicht is bij de planten, die geen zink ontvingen iets groter dan bij de planten der andere serie.

De bieten werden op 10 October geoogst. Ofschoon de planten van de serie waaraan zink was toegevoegd een volkomen normaal uiterlijk vertoonden, bleven zij aanmerkelijk kleiner dan bij andere proeven waarbij dezelfde soort oplossing, doch geen extra gezuiverde zouten werden gebruikt, hetgeen voor een deel verklaard kan worden uit het feit, dat zij bij deze zinkproef de oplossing met een aardappelplant hebben moeten deelen.

De oogstresultaten zijn vermeld in tabel 2.

TABEL 2.

RESULTATEN ZINKPROEF BIJ DE SUIKERBIET (VAR. *HILLESÖG*) IN 1936)

(Results of zinc experiment on sugar beet (var. *Hillesög*) in 1936)

No. pot No. pot	Loofgew. Foliage weight	Gem. loofgew. Average foliage weight	Wortelgew. Taproot weight	Gem. wortelgew. Average taproot weight	Gem. suikergeh. Average sugar content	Gem. suikergew. Average sugar weight	Verh. loof: wortel Relation foliage: taproot	Droge stof geh. loof Dry matter content foliage	Droge stof geh. wortel Dry matter content taproot	Aschgeh. loof Ash content foliage	Aschgeh. wortel Ash content taproot
	g	g	g	g	%	g		%	%	%	%
Geen zink (No zinc)	1	10,30		7,10							
	2	12,90		8,60							
	3	10,70		1,70							
	4	9,20	15,11	4,50	6,19	13,85	0,857	2,44	19,51	23,43	5,711
	5	16,80	$\pm 1,8$	4,70	$\pm 0,84$						1,346
	6	21,70		9,40							
	7	10,70		5,15							
	8	19,60		5,60							
	9	24,10		8,95							
0.5 m.g. Zn SO ₄ 7ag p. L.	10	6,50		17,45							
	11	26,95		17,30							
	12	25,15		17,45							
	13	26,65	18,45	13,00	12,58	15,80	1,988	1,47	21,47	24,89	5,283
	14	12,00	$\pm 2,9$	5,75	$\pm 1,7$						1,260
	15	24,45		11,80							
	16	15,50		6,00							
	17	10,40		11,60							

PLAAT X

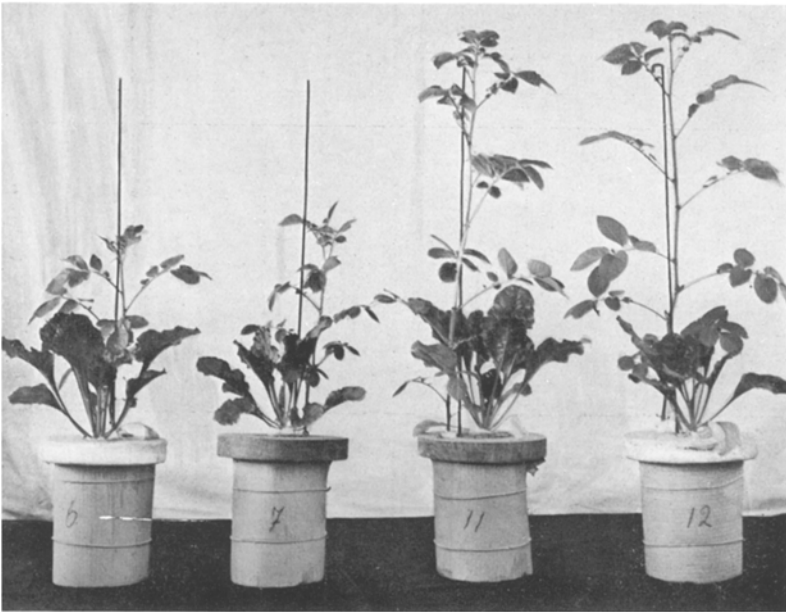


Fig. 1

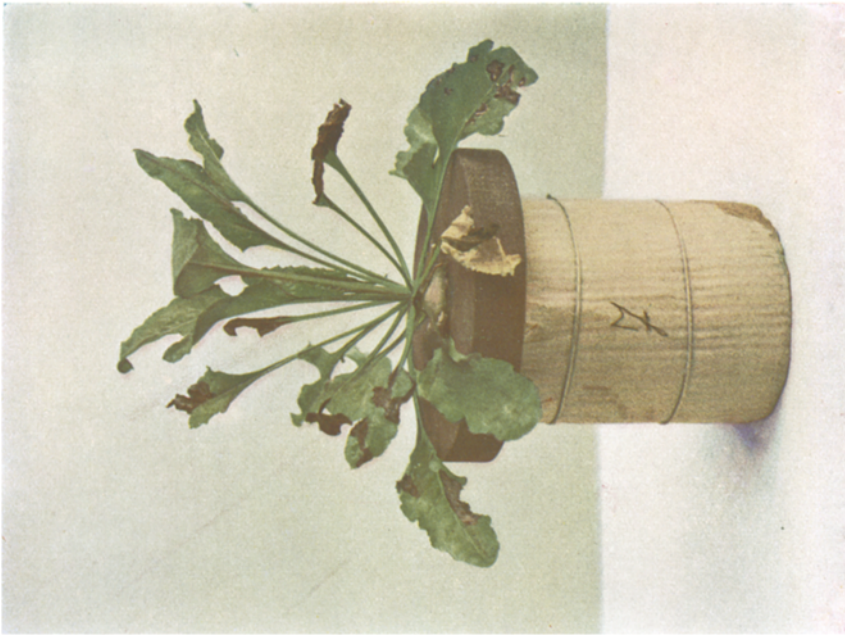


Fig. 2



Fig. 3

Het gemiddelde loofgewicht van de planten, die zink ontvingen, bedroeg $18,45 \pm 2,9$ g en van de planten zonder zink: $15,11 \pm 1,8$ g. Het verschil is $3,34 \pm 3,4$ g, dus niet significant. Het gemiddelde wortelgewicht van de planten der serie met zink was $12,58 \pm 1,7$ g en van de planten zonder zink $6,19 \pm 0,84$ g. Het verschil in wortelgewicht bedraagt $6,39 \pm 1,9$ g, is m.a.w. reëel. De verhouding van het loofgewicht tot het wortelgewicht bedroeg bij de serie met zink 1,47 en bij de andere serie 2,44, was in het laatste geval dus duidelijk grooter. Het gemiddelde suikergehalte was voor de serie met zink 15,8% en voor de serie zonder zink 13,85%, een verschil van 2%! Het gemiddelde suikergewicht van deze beide serie's bedroeg respectievelijk 1,988 en 0,857 gr. De planten die zink ontvingen, maakten dus meer dan twee maal zooveel suiker als de planten van de serie zonder zink, ofschoon de loofgewichten der beide serie's niet veel uiteenliepen. Het droge-stof-gehalte van het loof en van den wortel der planten die zink ter beschikking hadden, blijkt hooger te zijn dan dat van de planten zonder zink. Omgekeerd is het aschgehalte van het loof en van de wortels der zieke planten iets hooger dan van de gezonde.

III. BESCHOUWING

In Nederland zijn geen gevallen bekend, waarbij een opbrengst-vermeerdering van een bepaald landbouwgewas verkregen is door een toediening van zinksulfaat of een andere zinkverbinding. Evenmin zijn hier ziekteverschijnselen beschreven bij een bepaald gewas waarvan vermoed werd, dat de oorzaak een tekort zou zijn aan zink. Reeds dadelijk moet worden opgemerkt, dat het aan de hand van de experimenteel teweeggebrachte ziekteverschijnselen van zinktekort bij de biet, niet eenvoudig zal zijn eventuele gevallen van zinkgebrek bij deze plant in de practijk vast te stellen, doordat te verwachten is, dat tengevolge van de weersomstandigheden de verschijnselen op het veld niet geheel analoog zullen zijn aan die, welke bij de watercultures werden verkregen. Het is immers zeer waarschijnlijk, dat bij een eventueel zinktekort op het veld zich allerlei schimmels zullen ontwikkelen op de afgestorven bladgedeelten, evenals o.a. door MOWRY en CAMP (27) is geconstateerd bij *Aleurites*-boomen, die de verschijnselen van „bronzing” vertoonen en door KOZLOWSKI (24) bij boomen, die te lijden hebben van „little leaf”. Wanneer de afgestorven of verzwakte bladgedeelten door schimmels worden aangetast, zal een diagnose uitermate bemoeilijkt worden, aangezien het bij bieten vaak voorkomt, dat gedeelten van het blad

afsterven, waarbij gewoonlijk schimmels kunnen worden aangetoond. Of de schimmels primair of secundair zijn is dan meestal niet uit te maken, doch in het algemeen kan men aannemen, dat de aantasting in de hand gewerkt wordt door verschillende factoren, die een gunstigen groei van de plant tegenwerken, waardoor het weerstandsvermogen verzwakt wordt. Zoo zien we b.v. op de oudere bladeren van vergelingszieke bieten ten slotte verschillende schimmels woekeren. Ten slotte is het mogelijk, dat de afgestorven gedeelten, die zouden ontstaan bij een tekort aan zink op het veld tengevolge van de weersomstandigheden en rotting voor een deel kunnen wegvallen, zoodat gaten in de bladeren ontstaan, waardoor het ziektebeeld ook weer gaat afwijken van dat der kasproeven.

Het bekend zijn met de ziekteverschijnselen bij verschillende planten in de practijk, die genezen kunnen worden door een toediening van zinkverbindingen is daarom van groot belang. In het algemeen zijn de karakteristieke veranderingen die in deze gevallen optreden, een klein blijven van de nieuwe bladeren, waarbij op de blaadjes soms lichter, soms donkergekleurde gedeelten kunnen ontstaan, terwijl de blaadjes zich ook kunnen vervormen en vroegtijdig kunnen afvallen. Bij sterke aantasting is verder een typisch kenmerk het klein blijven der internodiën van de uiteinden van spruiten, stengels of takken, waardoor deze vaak een gedrongen bouw krijgen, terwijl de blaadjes hier dicht op elkaar komen te zitten. Typisch is verder het feit, dat de ziekteverschijnselen aanvankelijk beperkt kunnen blijven tot een deel van de plant, hetgeen vaak bij vruchtboomen wordt opgemerkt.

Bovendien is de behoefte aan zink bij verschillende planten, soms zelfs bij die behoorende bij een zelfde familie of soort, blijkbaar zeer verschillend, zoodat bij de eene plant de ziekteverschijnselen bij een tekort aan dit element zich eerder of hevinger zullen demonstreeren dan bij de andere plant.

Behalve door na te gaan, of er ziekteverschijnselen voorkomen bij de planten op het veld, welke gelijken op die, welke in de practijk genezen kunnen worden met zink of op die, welke experimenteel teweeggebracht zijn in potproeven, waarbij gezorgd is, dat zink in onvoldoende hoeveelheid aanwezig is, kan door regionaal te nemen veldproeven een indruk verkregen worden van een eventuele behoefte aan zink in een bepaalde streek.

De nadruk moet echter worden gelegd op het gevaar dat er bestaat voor het gewas, wanneer een te groote hoeveelheid zink gegeven wordt. Evenals een te groote dosis koper, borium, of mangaan, oefent te veel zink een schadelijke werking uit op den

plantengroei. Veel voorbeelden van een zinkbemesting op het veld bij akkergewassen zijn er niet. De ondervinding zal dus moeten leeren hoe groot de zinktoediening onder verschillende omstandigheden voor de verschillende gewassen hoogstens mag zijn. Aangezien uit verschillende proeven is gebleken, dat de behoefte der planten voor borium in het algemeen grooter is dan aan zink, kan voorloopig worden aangenomen, dat bij een eventuele bemesting te velde met zinksulfaat met minder kan worden volstaan dan bij een bemesting met boorzuur. Of een bepaalde hoeveelheid zinksulfaat een schadelijke werking zal uitoefenen, zal behalve van de plantensoort waarschijnlijk ook van de grondsoort, het klimaat, den tijd van aanwending en de methode van toediening van het zinksulfaat, afhangen.

Instituut voor Suikerbietenteelt.

Bergen op Zoom, 1936.

IV. PLAATVERKLARING

(Explanation of plates)

PLAAT X

Fig. 1. De beide linksche potten ontvingen geen zink, de beide rechtsche potten kregen 0,5 mg. Zn SO_4 7 aq. per liter oplossing. De verschillen in loofontwikkeling zijn bij de aardappelplanten der beide series zeer duidelijk, terwijl bij de suikerbieten geen verschil te bespeuren is. Op dit stadium doet het ziektebeeld van de aardappelplanten eenigszins denken aan de verschijnselen van primair bladrol.

Fig. 1. Pots No. 6 and No. 7 received no zinc, pots No. 11 and No. 12 received 0,5 mg. Zn SO_4 7 aq. per litre solution. The differences in growth of the foliage are clear in the potato plants (var. Duke of York). In the beets no difference in development of foliage is noticed in both series. The potato plants resemble somewhat the primary symptoms of the „leaf roll” disease. On the foliage necrotic spots are still absent.

PLAAT XI

Fig. 2. Zinkgebrekverschijnselen bij de suikerbietenvariëteit *Hilleshög*. Op de bladeren zijn afgestorven gedeelten te zien.

Fig. 2. Symptoms of zinc deficiency in sugar beet (var. *Hilleshög*). The plant shows dead parts on the foliage.

Fig. 3. Verschijnselen van zink-gebrek bij bladeren van de suikerbiet. De bladeren zijn afkomstig van verschillende planten, die zonder zink werden gekweekt.

Fig. 3. Symptoms of zinc deficiency in the leaves of sugar beet. The leaves originated from different plants, which were grown without zinc.

V. SUMMARY

ZINC AS AN ESSENTIAL ELEMENT FOR SUGAR BEETS AND POTATO PLANTS

After a review of literature concerning the importance of zinc for the plant the writer describes his own experiments. In the summer of 1936 the necessity of zinc for sugar beets and potato plants was followed in water cultures. „Chemicals pro analyse” were employed. These chemicals were crystallised before twice in double distilled water. The water was distilled from receivers of pyrex glass. Double distilled water for the solutions and cups of pyrex glass of 1 Litre content were employed. The beet seed (variety *Hilleshög*) was germinated before in rich garden soil and the small plants transferred into the pots on the 1st July after development of the first two heart leaves. Alongside each beet plant a potato sprout was grown (variety *Eersteling* = *Duke of York*) which was placed into the solution on the 3rd July after having germinated before in rich garden soil during 4 days. The sprouts developed to one-stalked plants.

On the 29th July a distinct difference in growth could be noticed between the *potato plants* of the pots without zinc and those with zinc. In the former instance all plants remained behind in growth. The top leaves adopted a slightly vertical state, whilst the margins of these young leaves curled in various cases slightly upwards, giving the appearance of the primary symptoms of the „leaf roll” disease. The leaves also remained distinctly behind in size as compared with the control plants. The internodes of the top part remained shorter than normally and the plants felt stiffer than the control plants.

On the 5th August the difference in growth between the potato plants of both series had become much clearer, as the plants of the series without zinc practically discontinued growth as from the 29th July (fig. 1).

The leaves of the potato plants formed in absence of zinc greyish-brown to bronze coloured, irregular spots, usually first on the leaves at half the height of the plant, sometimes, however, on the older or on the younger leaves and could finally be noticed on practically all leaves. At the place of the spots the leaf tissue was sunk down a little and died finally. The affection of the young leaves was in two instances so serious that the top part of the plant died entirely. Under serious affection brownish-coloured spots were also found here and there on the leaf petiole, leaf rachis, nerves and stem of the potato plant. An orientating microscopic investigation showed that the cells of the epidermis, collenchyma, cortex- and ground-parenchyma, cambium, phloem and xylem near these spots had degenerated in groups. The cell-wall was coloured light- to dark-brown. A large number of the degenerated phloem-cells appeared to be filled with a darkly coloured substance. At other places of the stalk, petiole, rachis and nerves the tissue had a perfectly normal appearance. It has not been investigated further in which way the degeneration of the cells is extended in zinc-deficient plants.

The potato plants were harvested shortly before ripening on the 8th September. Only in a single tuber of the series without zinc a very slight affection was locally found in skin and cortex. It is possible that this was due to rotting, as the plants were weakened very much by zinc-deficiency. All the other tubers of the plants without zinc had a completely normal appearance both outwardly and inwardly, though they were in general

smaller than those of the series to which zinc was applied. The yields are stated in table No. 1 (page 105). The difference in length of the plants of the two series is: $20,69 \pm 2,36$ cm and therefore significant. The difference in foliage weight is $5,33 \pm 1,44$ g and therefore significant. The difference in weight of tubers is $10,32 \pm 3,82$ g, significant when calculated according to the „t-test” of STUDENT [see FISHER (33)]. The difference between the root weights amounts to $1,07 \pm 0,77$ g and is therefore not significant. The difference in average plant weight amounts to $16,72 \pm 5,06$ g and is therefore significant. The relation between the weight of foliage and of tubers is in the plants without zinc somewhat larger than that in the plants of the other series.

In the *beets* little difference in development of foliage could still be noticed in both series on the 5th August. At this date, however, various beet plants without zinc showed greyish-brown spots on the leaves at half the height of the plant and in some cases also on the heart leaves. The roots of the plants without zinc had a darker colour and were weaker in development than those of the series with zinc. On the 19th August all beet plants of the series without zinc showed greyish-brown or slate-coloured spots of irregular form on the leaves. On 7 plants the spots were on the leaves at half the height of the plant and in some instances also on the older leaves (fig. 2). As regards the two other plants without zinc, the much younger leaves in the heart part were strongly diseased, whilst the remaining leaves showed no apparent irregularities. The heart part of these two plants consisted of a number of narrow leaves, various of them with spots.

The spots in the beets were spread over the surface of the leaf, as a rule between the veins and could be noticed both at the upper and under sides of the leaf. It occurred that a diseased leaf only showed one or two spots; in general the number of spots was larger (fig. 3).

Along the outline of the spots a narrow band of light greenish-coloured tissue could be noticed in transmitted light, fading into the normal green of the other part of the leaf. In the very strongly affected leaves the whole surface of the lamina became finally affected. The top of the leaf mostly withered first and frequently curled upwards. In such leaves the petiole kept longest alive (picture 3, the leaf at the extreme left). No mould was found on the spots. The taproots of the plants without zinc remained distinctly less thick than those of the control plants.

It was typical that in some cases the potato plants showed the spots earlier than the beets in the same pots, whilst the reverse was also ascertained, though the potato plants always remained earlier behind in development than the beets.

The beets were harvested on the 10th October. Though the plants of the series with zinc had a completely normal appearance, they remained appreciably smaller than those in other experiments with the same kind of solution but without extra purified salts, which may be explained in part by the fact that they had to share the solution in this zinc experiment with potato plants.

The yields are stated in table No. 2 (page 106).

The difference in average weight of foliage of the plants with zinc and that of the plants without zinc is $3,34 \pm 3,4$ g and is therefore not significant. The difference in taproot weight is $6,39 \pm 1,9$ g and is therefore significant. The relation of foliage weight and taproot weight was in the series with zinc 1,47 and in the other series 2,44 and therefore in the latter instance distinctly larger. The average sugar content was for the series

with zinc 15,8% and for the series without zinc 13,85%, a difference of 2%. The average sugar weight of both series amounted to 1,988 and 0,857 g respectively. The plants with zinc produced therefore more than twice the quantity of sugar of the plants without zinc, though the weight of foliage of both series did not show much difference. The dry matter content of the foliage and of the taproots of the plants with zinc appear to be higher than in the plants without zinc. On the other hand the ash content of the foliage and roots of the diseased plants is slightly higher than that of the sound ones.

*Instituut voor Suikerbieteneteelt,
Bergen op Zoom, Holland, 1936.*

LITERATUUR

1. ALBEN, A. O., COLE, J. R. and R. D. LEWIS. Chemical treatment of pecan rosette. *Phytopath.*, Vol. 22, p. 595-601, 1932.
2. ———, New development in treating pecan rosette. *Phytopath.*, Vol. 22, p. 979-981, 1932.
3. BALLARD, W. S. and R. C. LINDNER. Studies of the little leaf disease in California. *Proc. of the Amer. Soc. for Hort. Sci. for 1934*, Vol. 32, p. 1-10, 1935.
4. BARNETTE, R. M. and WARNER, J. D. A response of chlorotic corn plants to the application of zinc sulphate to the soil. *Soil Science*, 39, p. 145-159, 1935.
- 4a. BARNETTE, R. M., CAMP, J. P., WARNER, J. D. and GALL, O. E. The use of zinc sulphate under Corn and other field crops. *Bull. Fla. agri. Exp. Sta.* 292, 1936.
5. BRENCHLEY, W. E. *Inorganic plant poisons and stimulants*. Cambridge Univ. Press, 1927.
6. ———, The essential nature of certain minor elements for plant nutrition. *Botanical Rev.* 2, p. 173-196, 1936.
7. CAMP, A. F., Zinc sulphate as a soil amendment in citrus groves. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, p. 33-38, 1934.
8. CHANDLER, W. H., HOAGLAND, D. R. and HIBBARD, P. L. Little leaf or rosette in fruit trees. I, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. for 1931*, Vol. 28, p. 556, 1932.
9. ———. Little leaf or rosette in fruit trees. II. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. for 1932*, Vol. 29, p. 255-263, 1933.
10. ———. Little leaf or rosette in fruit trees. III. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. for 1933*, Vol. 30, p. 70-86, 1934.
11. ———. Little leaf or rosette in fruit trees. IV. *Proc. Amer. Hort. Sci. for 1934*, Vol. 32, p. 11-19, 1935.
12. DEMAREE, J. B., FOWLER, E. D. and H. L. CRANE. Control of pecan rosette with zinc sulphate. *Proc. 28th Ann. Convention Southeastern Pecan Growers Ass.*, p. 29-37, 1934.
13. DUFRÉNOY, J. Le zinc et la croissance de la vigne. *La potasse* No. 75, p. 137, 1934.
14. ——— and H. S. REED. Effects pathologiques de la carence ou de l'excès de certain ions sur les feuilles des citrus. *Ann. Agron. Paris*, IV, p. 637-653, 1934.
15. FERNANDO, M. Mottle leaf of Citrus: its incidence and control. *Trop. Agriculturist*, LXXXVI, 6, p. 332-334, 1936. *Rev. Appl. Myc.*, Vol. XV, p. 714, 1936.

16. FINCH, A. H. Pecan rosette a physiological disease apparently susceptible to treatment with zinc. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* for 1932, Vol. 29, p. 264-266, 1933.
17. ——— and KINNISON, A. F. Pecan rosette, soil, chemical and physiological studies. *Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 47, p. 407-441, 1933.
18. ——— Zinc and other mineral constituents in relation to the rosette disease of Pecan trees. *J. Agr. Res.*, LII, 5, p. 363-376, 1936.
19. FISHER, R. A. *Statistical methods for research workers*, London, 1934.
20. GARDNER, H. A. Tung oil production in America. *Sci. Sect. Nat. Paint Varnish and Lacquer Assoc. Inc. Circ. No.* 446, p. 607-613, 1933 (naar JACKS, G. V. and H. SCHERBATOFF. Soil deficiencies and plant diseases. *Imperial Bureau of soil Sc. Tech. Comm. No.* 31, 1934).
21. HOAGLAND, D. R., CHANDLER, W. H. and P. L. HIBBARD. Little-leaf or rosette of fruit trees. V. Effect of zinc on the growth of plants of various types in controlled soil and water culture experiments. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* for 1935, Vol. 33, p. 131-141, 1936.
22. JOHNSTON, J. C. Zinc sulphate promising new treatment for mottle-leaf. *Calif. Citrogr.*, XVIII, No. 4, p. 107, 1933. *Exp. Sta. Rec.*, Vol. 70, No. 3, p. 350, 1934.
23. ———. Suggestions on mottle-leaf control for Tulare County. *Calif. Citrogr.*, XXI, No. 5, p. 159, 1936. *Rev. Appl. Myc.*, Vol. XV, p. 576, 1936.
24. KOZLOWSKI, A. Little-leaf or rosette of fruit trees in California. *Phytopath.*, 25, p. 295-278, 1935.
25. ———. Soil conditions in relation to little leaf or rosette in fruit trees in California. *Phytopath.*, Vol. 26, p. 1041-1049, 1936.
26. MATTHEWS, I. The zinc sulphate treatment for mottle leaf of citrus trees in the Sundays River Valley. Progress report. *Citrus grower*, p. 30-32, 1935. *Rev. Appl. Mycol.*, Vol. XIV, p. 753, 1935.
27. MOWRY, H. and A. F. CAMP. A preliminary report on zinc sulphate as a corrective for bronzing of Tung trees. *Fla. Agric. Exp. Sta.*, Bull. 273, p. 1-34, 1934.
28. OVERHOLSER, E. L., CLAYPOOL, L. and F. L. OVERLEY. A progress report of studies of „little leaf” of fruit trees. *Proc. Wash. State Hort. Assoc.*, p. 160-163, 1932.
29. PARKER, E. R. Effect of certain zinc sulphate sprays for mottle leaf of citrus. *Calif. Citrogr.*, XIX, p. 204, 1934.
30. ———. Experiments on mottle leaf by spraying with zinc compounds. *Calif. Citrogr.* XX, 4, p. 90, 106-107, 1935. *Rev. Appl. Myc.*, p. 506, 1935.
31. ———. Experiments on the treatment of mottle-leaf of citrus trees. I. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Vol. 31, for 1934, p. 98-107, 1935.
32. ———. Experiments on the treatment of mottle-leaf of citrus trees. II. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* for 1935, Vol. 33, p. 82-86, 1936.
33. PITTMAN, H. A. and R. C. OWEN. Anthracnose and mottle-leaf of citrus in Western Australia. *J. Dep. Agric. W. Aust.*, XIII, 2, p. 137-142, 1936. *Rev. Appl. Myc.* XV, p. 714, 1936.
34. RAULIN, J. *Etudes chimiques sur la végétation*. *Ann. Sci. Nat.* 11, p. 139-140, 1869.
35. REED, H. S. and J. DUFRENOY. Modification in cell structure ac-

- companying mottle leaf of the Orange. *Amer. J. Bot.*, XXII, 3, p. 311-328, 1935.
36. ———. The effects of zinc and iron salts on the cell structure of mottled Orange leaves. *Hilgardia*, IX, 2, p. 113-137, 1935.
 37. ——— and E. R. PARKER. Specific effects of zinc applications on leaves and twigs of Orange trees affected with mottle-leaf. *Journ. Agri. Res.*, Vol. 53, No. 5, p. 395-398, 1936.
 38. SCHARRER, K. and W. SCHROPP. Sand- und Wasserkulturversuche über die Wirkung des Zink- und Kadmium-Ions. *Zeitschr. Pflanz. Düng. u. Bodenk. (A)*, Bnd. 34, p. 14-29, 1934.
 39. SCHREVEN, D. A. VAN. Kopergebrek bij de suikerbiet (Le manque de Cuivre chez la Betterave Sucrière). *Meded. v. h. Inst. voor Suikerb.teelt*, VI, Afl. 2, p. 37-57, 1936.
 40. ———. Le manque de cuivre dans la végétation de la Betterave sucrière. *Comp. Rend. définitif de la VIème Assemblée de l'I.I.R.B.*, Bruxelles, p. 204-212, 1936.
 41. ———. Copper deficiency in Sugar beets, *Phytopath.*, Vol. 26, N. 12, p. 1106, 1936.
 42. ———. Zink als een noodzakelijk element voor de suikerbiet en de aardappelplant. *Med. v. h. Inst. voor Suikerb.teelt*, VII, 1, p. 1-26, 1937.
 43. SOMMER, A. L. and C. B. LIPMAN. Evidence on the indispensable nature of zinc and boron for higher plants. *Plant Physiol.*, Vol. I, p. 231, 1926.
 44. ———. The search for elements essential in only small amounts for plant growth. *Science* 66, p. 482, 1927.
 45. ———. Further evidence of the essential nature of zinc for the growth of higher plants. *Plant Physiol.*, Vol. 3, p. 217, 1928.