

CENTRUM VOOR AGROBIOLOGISCH ONDERZOEK
WAGENINGEN

ZINK ALS VERKLARENDE FACTOR VOOR
DE OPBRENGSTREDUCTIES BIJ DE NAUWE
TEELT VAN AARDAPPELEN OP "DE SCHREEF"

J. Vos en J. Groenwold

Intern rapport

november 1984

INLEIDING

Ten opzichte van rotaties waarbij eenmaal in de zes jaar aardappelen op eenzelfde perceel worden geteeld werden er op "De Schreef" opbrengstreducties waargenomen bij hogere teeltfrequenties. De opbrengstreductie is groter naarmate aardappelen vaker in het bouwplan voorkomen en wordt voorts versterkt door de voorvrucht suikerbieten. Ten opzichte van 1 op 6 geeft 1 op 3 aardappelen met voorvrucht bieten (rotatie 5b) zo'n 15 tot soms 30% lagere opbrengst. In dit bouwplan stopt bij aardappelen de bladgroei eerder in het seizoen, blijft de fosfaatopname achter (Hoekstra, 1981) en is de beworteling oppervlakkiger (Heringa et al., 1980). Door grondbehandelingen kunnen in het veld (nematiciden) en in potproeven (sterilisatie) de negatieve voorvrucht en frequentie-effecten respectievelijk gedeeltelijk en praktisch geheel opgeheven worden.

De volgende factoren kunnen de opgetreden verschijnselen niet of in onvoldoende mate veroorzaakt hebben:

- verschil in structuur van de grond; behalve misschien een veelvuldiger optreden van reductie in de grond bij bouwplan 5b;
- beschikbaarheid van macro-voedingselementen;
- plantparasitaire aaltjes, met name cysteaaltjes niet;
- schimmels (*Streptomyces* spp, *Rhizoctonia solani*, *Verticillium* spp);
- toxische stoffen die vrijkomen bij de vertering van organische stof, althans voor zover dit zure stoffen zijn.

Heringa (persoonlijke mededeling, 1981) acht het niet erg waarschijnlijk dat parasitaire schimmels een belangrijke rol spelen als veroorzakers van de waargenomen opbrengstdervingen omdat:

- bij de bestudering van wortels die waren uitgewassen voor het meten van de wortelmasse er in een vroeg stadium reeds verschillen werden waargenomen tussen '3a' en '5b' wortels; de laatstgenoemde waren dan al bruiner terwijl er nog geen sprake was van duidelijke 'aantastingen' (insnoeringen, breuken).
- bij proeven op de Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, (LH), waarbij 5b grond in verschillende verhoudingen werd gemengd met een 'gezonde grond', de opbrengstderving evenredig bleek te zijn met het gehalte aan 5b grond (Buurma, 1975/1976; Klein Hesselink 1976/1977).
- schimmelinfecties in de grond bij aanwezigheid van aantastbare planten zich meestal snel uitbreiden en daarom weinig 'entmateriaal' (initiëel inoculum) behoeven. Als dit waar is dan is het onbegrijpelijk dat de opbrengstderving evenredig is met de frequentie waarmee de grond reeds met aardappelen en bieten is beteeld, zoals in potproeven op de Vakgroep Landbouwplantenteelt en

Graslandkunde is gevonden (o.a. Bosselaar, 1977).

Heringa lanceerde de hypothese, dat onvoldoende beschikbaarheid van zink een verklarende factor zou kunnen zijn. In het navolgende worden gegevens aangedragen die voor de beoordeling van de hypothese van belang zijn. Daarnaast worden toetsingen van de hypothese besproken.

SYMPTOMEN VAN ZINKDEFICIENTIE:

Bij zinkgebrek groeien de bladeren in het algemeen minder uit (Viets et al., 1954). Chlorose kan optreden in de oudere bladeren (voorbeeld bonen) of in de uitgroeiende bladeren (voorbeeld bieten). Bij aardappelen zijn de internodia korter terwijl de eveneens kleinere bladeren lepelvormig en breekbaarder zijn. De laatstgenoemde symptomen zijn waarneembaar op "De Schreef". Zn-deficiënte aardappelbladeren vertonen vaak een grauwbroune, bronsachtige tot gele kleur, of vlekken van dien aard. In ernstige gevallen kan de groeitop op een zich onttrollend varenblad lijken ('fern leaf'). Zulke misvormingen worden op "De Schreef" niet gevonden.

ZINK IN DE BODEM

Totale hoeveelheid zink

Sphaleriet (ZnS) is het voornaamste zinkhoudende mineraal in de lithosfeer. Daarnaast wordt zink aangetroffen in de minerale fractie van de grond, namelijk in kleiroosters (hetzij door insluiting, hetzij door isomorfe substitutie (Mg)). Zink wordt tevens geadsorbeerd door bijvoorbeeld calciet, dolomiet, organische stof en metaaloxiden. Beneden pH 7 komt het zink meest als Zn^{++} voor en daarboven als $Zn(OH)_2$. De verdeling van zink over bodemfracties en het profiel, de adsorptiekaracteristieken, etc. vormen het onderwerp van een uitgebreide hoeveelheid literatuur (bijv. Shuman, 1979; recente reviews: Shuman, 1980; Pickering, 1980; Giordano en Mortvedt, 1980).

Het totale zinkgehalte van de grond ligt ergens tussen 10 en 300 ppm; 60 ppm is een redelijk gemiddelde waarde (Norrish, 1975). Behalve op zure, zanderige gronden is het totaal zinkgehalte van de grond vrijwel nooit een beperkende factor gebleken.

Opneembaar zink

Het al dan niet optreden van zinkgebrekverschijnselen hangt dus veelal niet af van de totale hoeveelheid zink, maar van de beschikbaarheid daarvan. Bij de bepaling van opneembaar, uitwisselbaar of beschikbaar zink (hoe men deze fractie ook wil noemen) doet zich allereerst een methodisch probleem voor. Diverse extractiemethoden worden gebruikt. Voor kalkhoudende gronden (Flevopolders!) zou een extractie met DTPA (Lindsay en Norvell, 1968) de beste methode zijn. De waarderingsschaal van de test is: laag 0 tot 0,5 ppm, marginaal 0,5 tot 1,0 ppm, voldoende meer dan 1,0 ppm Zn. Ook Nelson et al. (1959) beschreven een methode waarbij de waardering van de hoeveelheid zuur-extraheerbare zink (opneembaar) afhangt van de titreerbare alkaliniteit van de grond. In het algemeen kan men waarschijnlijk zeggen dat methoden die ontwikkeld zijn voor kalkloze of voor zuurdere gronden geen juist resultaat zullen geven voor kalkhoudende gronden. Roorda van Eysinga et al. (1978) onderzochten ruim 100 bodemonsters uit Nederland op o.a. opneembaar zink. Zij gebruikten vier verschillende extractiemethoden, doch niet de DTPA-test. De potproeven met deze gronden vonden ze de beste correlatie met Zn-opname door haver en freesia's wanneer opneembaar zink werd bepaald door extractie met ammonium acetaat (1 N, pH 7). Met deze methode vonden zij gehalten van 13 ppm Zn in grond uit Marknesse, 20 ppm in Ens, 8 ppm in (Oostelijk?) Flevoland en 1 ppm in Zuid-Flevoland (Roorda van Eysinga, pers. mededeling, 1981). De laagste, gemiddelde en hoogste waarde van 72 veldmonsters waren respectievelijk 0,5, 15,6 en 134 ppm Zn (Roorda van Eysinga et al., 1978).

INVLOED VAN BODEMFACTOREN OP DE OPNEEMBAARHEID VAN ZINK

Het is een vaststaand feit dat de aanwezigheid van CaCO_3 en/of een hoge pH de opneembaarheid van zink zeer drastisch beperken. Deze bodemomstandigheid doet zich voor in de Flevopolder. Het antagonisme tussen zink en fosfaat vormt het onderwerp van een omvangrijk aantal studies. Wanneer beide nutriënten in concentraties in de bodem voorkomen die (net) boven de grens tot inductie van gebreksverschijnselen liggen, roept bemesting met de ene nutriënt deficiëntie voor de andere op en omgekeerd. Eenzelfde antagonisme bestaat ten aanzien van ijzer. Op "De Schreef" is dit laatste vermoedelijk niet van belang, doch het feit dat de aardappelen in het algemeen rijkelijk met fosfaat zijn bemest (Hoekstra, 1981) is in dit verband mogelijk niet zonder betekenis.

GEWAS- INVLOEDEN OP HET OPTREDEN VAN ZINKTEKORT IN DE PLANT

Terman en Hawkins (1942) vonden dat aardappelen sterker op een zinksulfaat-bemesting reageerden (20 kg/ha) bij continu-teelt dan bij 1 op 2. Als er van zinktekort sprake is kan dat kennelijk verhevigd worden door een hogere teeltfrequentie. Hierbij dient opgemerkt te worden dat bij extrapolatie van deze gegevens naar 1 op 3 aardappelen er waarschijnlijk in het geheel geen effect van zinkbemesting opgetreden zou zijn. Daar staat tegenover dat de frequentie-effecten op "De Schreef" zich over een lange reeks van jaren ontwikkeld hebben, terwijl de voorgeschiedenis van de proefvelden van Terman en Hawkins onbekend is en mogelijk zeer kort van duur was.

De voorvrucht suikerbieten kan bij zinkgevoelige gewassen als bonen en maïs gebreksverschijnselen induceren (Boawn, 1965). Het gewas suikerbieten onttrekt echter zeker niet meer zink aan de grond dan bijvoorbeeld sorghum, na welk gewas er geen zinkgebrek optrad in bonen en maïs. Aardappelen en suikerbieten worden overigens als matig zinkgevoelige gewassen beschouwd, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld erg gevoelige gewassen als bonen, maïs en vlas en ongevoelige gewassen als granen, grassen, erwten en wortelen (Viets et al., 1954).

Ook is gebleken dat rassen binnen een soort nogal kunnen verschillen in zinkgevoeligheid; bij aardappelen werd dit geconstateerd door Cipar et al. (1974).

HET OPHEFFEN VAN ZINKGEBREK/TEKORT

Zinktekorten kunnen door de aanwending van verscheidene zinkhoudende middelen opgeheven worden. Zinksulfaat en zinkchelaten worden beide als blad- en bodembemesting toegepast. Bij aardappelen is gebleken dat een om onbekende redenen (mogelijk te late toepassing) onjuist uitgevoerde bemesting geen effect gaf, terwijl latere pogingen met een gewijzigde handelwijze wel positief resultaat leverden (Boawn en Leggett, 1963).

Een merkwaardig gegeven is dat zinktekorten blijkbaar kunnen worden opgeheven door de grond te behandelen met stoom, formaline, ether (Ark en Hoagland, geciteerd door De Remer en Smith, 1964) of met DD (Cipar et al., 1974). Het feit dat de negatieve frequentie en voorvrucht effecten in potproeven opgeheven kunnen worden door methylbromide of verhitting van de grond tot 100 °C (Bosselaar, 1977) hoeft dus niet eenduidig te betekenen dat er microbiële oorzaken in het spel zijn.

ZINKGEHALTEN IN DE PLANT

De zinkgehalten in de plant zijn afhankelijk van leeftijd en van het orgaan. Alleen daarom al kan men zinkgebrek niet eenvoudig aflezen aan een minimale concentratie. Bovendien kan er een 'Piper-Steenbjerg'-effect optreden. Dat wil zeggen, dat uitgaande van een gebrekssituatie het zinkgehalte in de plant eerst daalt bij toenemende zinkbemesting om vervolgens pas te gaan toenemen (Andrew et al., 1981).

Om de gedachten te bepalen kan men zeggen dat concentraties lager dan 20 ppm marginaal of onvoldoende zijn; bij een goede Zn voorziening liggen de waarden tussen 20 en 150 ppm, terwijl vergiftiging op kan treden bij concentraties hoger dan ongeveer 400 ppm (Giordano en Mordtvedt, 1980). Gezien het antagonisme met o.a. fosfaat wordt de verhouding tussen fosfaat en zink in het weefsel ook wel als parameter gebruikt. Bij een P/Zn verhouding groter dan 150-200 zou men in de gevarenszone komen (Andrew et al., 1981).

VOORLOPIG OORDEEL OVER DE ZINKHYPOTHESE

Eén van de beste argumenten ter ondersteuning van de hypothese is het gegeven dat de opneembaarheid van zink op kalkhoudende gronden in het algemeen zeer laag is. Het specifieke effect van de voorvrucht suikerbieten (Boawn, 1965) spreekt eveneens tot de verbeelding. Ook de andere genoemde verschijnselen in de overweging betreffende kan men zeggen dat de hypothese er althans 'kwalitatief' tamelijk solide uitziet.

TOETSINGEN VAN DE ZINKHYPOTHESE

Bepalingen van het totale- en het opneembare zinkgehalte van de grond op

"De Schreef"

In 1981 zijn bepalingen verricht van het zinkgehalte van de grond op "De Schreef". Het totale zinkgehalte is tamelijk eenduidig te bepalen. Zoals uit tabel 1 blijkt lag het gehalte in alle bouwplannen op alle tijdstippen op ca. 80 ppm, hetgeen op zichzelf een vrij normale en zeker niet een te lage waarde is. Slechts een deel van het totale zink is echter beschikbaar voor de plant. Voor het bepalen van die fractie is gekozen voor de extractiemethode van Nelson et al. (1959). De methode is ontwikkeld voor kalkhoudende gronden. Er werd 2 gram grond in 20 ml 0,1 N HCl herhaald geëxtraheerd. De som van de extracties levert het voor de plant beschikbare zinkgehalte. Uit tabel 1 blijkt dat waarden tussen 25 en 40 ppm (mg/kg) werden gemeten. Bij de duiding van deze getallen in termen van 'laag, voldoende,

hoog' moet rekening worden gehouden met het kalkgehalte van de grond. Op "De Schreef" is dat ca. 10%. Nelson et al. geven geen conversiefactoren voor zulke hoge kalkgehalten. Bij extrapolatie van hun gegevens moet het gehalte aan beschikbaar zink op "De Schreef" nog als voldoende worden gekarakteriseerd. Hoewel deze extrapolatie enig houvast biedt is hij op zichzelf toch van dubieuze waarde. Terzijde wordt opgemerkt dat aan de Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding van de LH onderzoek wordt verricht naar methoden ter karakterisering van de fractie zink die voor de plant opneembaar is.

Tabel 1. Bepalingen van het zinkgehalte van de grond op "De Schreef" in drie bouwplannen en op drie tijdstippen (gegevens van 1981).

Bouwplan	Totaal zinkgehalte (mg kg ⁻¹)			Gehalte aan opneembaar zink ^a (mg kg ⁻¹)		
	datum: 3 mei	3 juni	5 augustus	3 mei	3 juni	5 augustus
3a ^b	81	83	83	28	41	32
5a	-	80	79	-	29	24
5b	77	81	79	27	31	25

a Bepaald met de methode van Nelson et al. (1959)

b Bouwplan 3a = w.tarwe, vlas, s.bieten, z.gerst, gr.erwten, aardappelen

5a = aardappelen, s.bieten, z.gerst

5b = aardappelen, graszaad, s.bieten

Waarnemingen op "De Schreef" in 1981 en 1982

In 1981 werd in een oriënterende proef het indicatorgewas stamslabonen (gevoelig voor zinkgebrek) geteeld in plaats van aardappelen. Daarnaast werden er in aardappelen en in bonen bladbespuitingen uitgevoerd met zinkhoudende middelen. De waarnemingen werden gedaan in de bouwplannen 3a, 5a en 5b. De bespuitingen werden om de 14 dagen uitgevoerd met zinksulfaat (1 kg in 400 l water ha⁻¹) en zinkcarbamaat (4 kg in 400 l ha⁻¹). De uitkomsten staan vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Opbrengsten van aardappelen en stamslabonen in drie bouwplannen met en zonder toepassing van bladbespuitingen met zinkhoudende middelen (gegevens van september 1981)

Bouwplan ^a en object	Aardappelen (knollen)			Stamslabonen (zaden)				
	verse opbrengst kg veldje ⁻¹ 12 m ²	rel.	gem. opbrengst ^b t ha ⁻¹ vers	rel.	ds opbrengst kg veldje ⁻¹ 6,3 m ²	rel.	gem. opbrengst kg ha ⁻¹ droog	rel.
3a contr. 77		100			1,72	100		
3a Zn sulf 74		96	62,3	100	1,70	99	2762	100
3a Zn carb 73		95			1,80	105		
5a contr. 75		100			1,74	100		
5a Zn sulf 70		93	59,7	96	1,75	100	2841	103
5a Zn carb 70		93			1,88	108		
5b contr. 62		100			1,60	100		
5b Zn sulf 63		102	52,7	85	1,58	99	2603	94
5b Zn carb 65		105			1,73	108		

^a zie de voetnoten van tabel 1 voor de verklaring van de bouwplancodes

contr. = standaarduitvoering van het bouwplan

Zn sulf = bespuitingen met Zn-sulfaat

Zn carb = bespuitingen met Zn-carbamaat

^b de gemiddelden zijn per bouwplan berekend over alle behandelingen

In de drie bouwplannen leidden bladbespuitingen met zinkhoudende middelen niet tot duidelijk positieve of negatieve effecten op de opbrengsten van de aardappelen. De gemiddelden over alle behandelingen per rotatie weerspiegelen daarentegen wel de verschillen in opbrengst die deze rotaties onderling veelal vertonen.

Bij stamslabonen lijkt zinkcarbamaat bij alle bouwplannen een licht positief effect te hebben gesorteerd. Dit kan echter ook aan de fungicide-eigenschap van de betreffende stof worden toegeschreven. Opvallend is dat ook bij bonen bouwplan 5b de laatste opbrengst gaf.

In 1982 is in bouwplan 5b een bemesting met zink uitgevoerd (2 g zinksulfaat per m²) op zowel het wel als het niet met nematocide ontsmette deel van het proefveld.

De netto veldgrootte was 30 m². De proef lag in enkelvoud. De opbrengstgegevens staan vermeld in tabel 3. Bemesting met zink bleek echter niet positief te werken.

Tabel 3. Opbrengsten van aardappelen in bouwplan 5b bij wel en geen bemesting met zinksulfaat (gegevens van september 1982)

Object	Niet ontsmette grond		Ontsmette grond	
	verse opbrengst (knollen) t ha ⁻¹	rel.	verse opbrengst (knollen) t ha ⁻¹	rel.
5b controle	41,3	100	42,7	100
5b Zn bemest	39,7	96	41,0	96

Laboratorium waarnemingen

Aan de Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding (LH) zijn eveneens proefnemingen verricht ter toetsing van de zinkhypothese (Baltissen, 1983). De zogenaamde dubbele pottechniek leverde geen aanwijzingen op over zink deficiëntie in aardappelen bij gebruik van grond afkomstig van "De Schreef". In een potproef werd de groei van aardappelen gemeten in grond van verschillende bouwplannen van "De Schreef" met als proeffactoren wel en geen zinktoevoeging en weinig en veel fosfaatbemesting. Deze proef leverde geen ondersteuning van de zinkhypothese: gedurende de proefperiode (eind april tot eind juli) werden er geen verschillen in groei tussen de objecten geconstateerd, behalve een positief effect van meer fosfaat op het knolgewicht. In de drogestof van bladeren en stengels lag het Zn gehalte bij de niet met Zn bemeste objecten tussen de 30 en 100 ppm; de ruimste P/Zn verhouding in de drogestof die werd aangetroffen was 80. Deze gegevens wijzen niet op Zn-deficiëntie.

CONCLUSIE

Hoewel er wellicht het een en ander aan te merken valt op de opzet en opvang van de besproken proeven rechtvaardigen de uitkomsten wel de conclusie dat onopneembaarheid van zink geen factor van betekenis is bij het ontstaan van opbrengstreducties bij intensieve teelt van aardappelen op "De Schreef". De factor zink is daarom ook niet verder in het onderzoek bestudeerd.

LITERATUUR

- Andrew, C.S., A.D. Johnson en K.P. Haydock, 1981. The diagnosis of zinc on the growth and chemical composition of some tropical and sub-tropical legumes. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.* 12 (1): 1-18.
- Baltissen, T., 1983. De zinkhypothese ter verklaring van opbrengstreducties van aardappelen bij hoge teeltfrequentie op de proefboerderij "De Schreef". Verslag van een 6-maands doctoraal onderzoek. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, LH, Wageningen. 33 pp.
- Bosselaar, S., 1977. Onderzoek naar de oorzaken van de aanzienlijke opbrengstdepressie bij de teelt van aardappelen in een nauw vruchtwisselingsverband met suikerbieten als directe voorvrucht. Doctoraal onderzoek Vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandkunde der LH.
- Boawn, L.C., 1965. Sugar beet induced zinc deficiency. *Agron. J.* 57: 509.
- Boawn, L.C. en G.E. Leggett, 1963. Zinc deficiency of the Russet Burbank potato. *Soil Science* 95: 137-141.
- Buurma, J.S., 1975/1976. Onderzoek naar de invloed van suikerbieten als voorvrucht van aardappelen. Doctoraal onderzoek Landbouwhogeschool, Afdeling Landbouwscheikunde (nu: Bodemkunde en Plantevoeding) te Wageningen.
- Cipar, M.S., D.E. Hunter, W.W. Weber, R. Miller en P. Porter. Soil fumigation and zinc status of soils in relationship to potato speckle-bottom disease. *Potato Res.* 17: 307-319.
- DeRemer, D.E. en R.L. Smith, 1964. A preliminary study on the nature of a zinc deficiency in field beans as determined by radioactive zinc. *Agron J.* 56: 67-70.
- Giordano, P.M. en J.J. Mortvedt, 1980. Zinc uptake and accumulation by agricultural crops. In: J.O. Nriagu (Ed.): *Zinc in the environment. Part II: Health effects.* John Willey & Sons, New York; pp. 402-14.
- Heringa, J.W., J. Groenwold en D. Schoonderbeek, 1980. An improved method for the isolation and the quantitative measurement of crop roots. *Neth. J. agric. Sci.* 28: 127-134.
- Hoekstra, O., 1981. 15 jaar "De Schreef". Publ. no. 11. PACV, Lelystad; p. 1-93.
- Klein Hesselink, D.J., 1976-1977. Onderzoek naar de invloed van fosfaat op de opbrengst van aardappelen in twee verschillende bouwplannen. Doctoraal onderzoek 1976-1977; afdeling Landbouwscheikunde (nu: Bodemkunde en Plantevoeding) van de Landbouwhogeschool te Wageningen.
- Lindsay, W.L. en W.A. Norvell, 1968. Development of DTPA micronutrient soil test. *Agron. Abstr. Amer. Soc. of Agron., Madison*; p. 1-68.
- Nelson, J.L., L.C. Boawn en F.J. Viets jr., 1959. A method for assessing zinc

- status of soils using acid-extractable zinc and 'titratable alkalinity' values. *Soil Sci.* 88: 275-283.
- Norrish, K., 1975. Geochemistry and mineralogy of trace elements. In: D.J.D. Nicholas en A.R. Egan (Eds.): Trace elements in soil-plant-animal systems. Ac. Press, New York; 55-81.
- Pickering, W.F., 1980. Zinc interaction with soil and sediment components. In: J.O. Nriagu (Ed.): Zinc in the environment. Part I: Ecological cycling. John Wiley & Sons, New York; p. 71-112.
- Roorda van Eysinga, J.P.N.L., P.A. van Dijk en S.S. de Bes, 1978. The extractable zinc content of soils in the Netherlands determined by various methods. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.* 9 (2): 153-167.
- Shuman, L.M., 1979. Zinc, manganese and copper in soil fractions. *Soil Sci.* 127: 10-17.
- Terman, G.L. en A. Hawkins, 1948. Response of potatoes to zinc. *The Amer. Fertilizer.* October 2: 26.
- Viets, F.G., L.C. Boawn & C.L. Crawford, 1954. Zinc contents and deficiency symptoms of 26 crops grown on a zinc deficient soil. *Soil Sci.* 78: 305-316.