

Effecten van zwavel, borium en mangaan bij de teelt van zetmeelaardappelen

Eindrapport over de jaren
2011 en 2012

BLGG RESEARCH



Auteurs

dr. ir. A. Mulder
dr. ir. L.J. Turkensteen
ing. W.S. Veldman

Projectcode

11009

Rapportnummer

13-20

Datum

mei 2013



research and consultancy in agriculture



RAPPORT

Titel	Effecten van zwavel, borium en mangaan bij de teelt van zetmeelaardappelen. Eindrapport over de jaren 2011 en 2012
Opdrachtgever	Productschap Akkerbouw ir. H.J. Greve Stadhoudersplantsoen 12 2517 JL Den Haag
Auteurs	dr. ir. A. Mulder dr. ir. L.J. Turkensteen ing. W.S. Veldman
HLB-project	11009
HLB-rapport	13-020
Afgedrukt op	11 juni 2013

Dit project is gefinancierd door het Productschap Akkerbouw

Met cofinanciering van AkzoNobel



Op al onze dienstverlening zijn de algemene voorwaarden van HLB van toepassing. U vindt deze voorwaarden op onze website.



Samenvatting

In 2011 en 2012 werden in opdracht van Productschap Akkerbouw veldproeven uitgevoerd in het kader van het project "Effecten van meso- en micro-elementen bij de teelt van zetmeelaardappelen". Het werd uitgevoerd door HLB BV, BLGG AgroXpertus en NMI.

Doel van het onderzoek was te bepalen welke effecten toediening van borium en zwavel in combinatie met bladbemesting met mangaan op de groei, ontwikkeling en opbrengst van zetmeelaardappelen hebben.

Rassenkeuze.

Vanwege de wettelijke bepalingen voor de beheersing van wratziekte is de keus van in te zetten rassen voor het betreffende gebied vrij beperkt. De te gebruiken rassen dienen volledig resistent te zijn tegen de in het teeltgebied voorkomende fysiologische rassen van deze ziekte. Het onderzoek is uitgevoerd met twee zetmeelrassen: in 2011 met Seresta en Festien; in 2012 met Dartiest en Festien. De proeven zijn uitgevoerd op zandgrond (ontginningsgrond) in praktijkpercelen bij Hijken.

Weersomstandigheden.

Zowel in 2011 als in 2012 waren de weersomstandigheden in hoge mate bepalend voor de uitkomsten van het onderzoek. In 2011 is dat de langdurige droogteperiode in de eerste helft van het groeiseizoen geweest. In 2012 werd het seizoen daarentegen gekenmerkt door koel vochtig weer in de maanden april, mei en juni, en nat weer in de maanden juli en augustus met 91,4 resp. 103,6 mm neerslag.

Bemesting.

In 2011 werden borium en zwavel zowel volledig voor het poten aan de bodem toegediend, als in de vorm van een gedeelde toediening aan bodem en blad. Naar aanleiding van de in 2011 verkregen resultaten werd zowel borium als zwavel in 2012 voor het poten volledig aan de bodem toegediend.

Mangaan werd in beide jaren deels wel en deels niet over de borium- en zwavelvarianten toegediend. In het droge, warme teeltseizoen van 2011 werd een duidelijk positief effect van toediening van mangaan op beide rassen vastgesteld. In het vochtigere en koelere teeltseizoen van 2012 werd geen effect van mangaan op de opbrengst waargenomen.

Waarnemingen in het gewas.

In beide jaren waren de verschillen tussen de gebruikte rassen in stand van het gewas gering.

Symptomen van boriumgebrek. In het zeer droge groeiseizoen van 2011 zijn zowel in de onbehandelde als in de behandelde objecten in beide rassen tot in de vijfde en zesde bladstage boriumgebreksverschijnselen waargenomen. Door de langdurige droogte bij de aanvang van de teelt werd de opneembaarheid van borium door de wortels sterk gelimiteerd. Na beregeningen op 3 en 11 juni is geen verdere uitbreiding van deze gebrekssymptomen waargenomen.

In 2012 deden zich bij het ras Festien in alle objecten in de eerste en tweede bladlaag symptomen van boriumgebrek voor, ongeacht of er al dan niet borium aan de bodem was toegediend. Bij het ras Dartiest zijn alleen symptomen van boriumgebrek in de eerste bladlaag waargenomen van de objecten waaraan geen borium werd gegeven.

Symptomen van mangaangebrek. In 2011 zijn geen symptomen van mangaangebrek waargenomen. Door tijdig te beregenen werd voorkomen dat mangaan niet in voor de planten onopneembare vorm werd omgezet; in 2012 was als gevolg van het donkere vochtige weer gedurende het gehele groeiseizoen voldoende opneembaar mangaan voor het gewas beschikbaar.

Symptomen van zwavelgebrek. In 2011 werden geen symptomen van zwavelgebrek waargenomen. In 2012 werd begin september bij de rassen Dartiest en Festien in alle objecten in lichte mate zwavelgebrek waargenomen. In de natte juli- en augustusmaanden lijkt zoveel zwavel uitgespoeld te zijn dat voor de gewassen een tekort aan zwavel ontstond. De verschijnselen van zwavelgebrek traden zo laat in het seizoen op en die van boriumgebrek waren zo licht, dat ze geen aantoonbaar effect op de opbrengst hebben gehad.

De aardappelopbrengsten waren in 2011 gezien de minder gunstige weersomstandigheden met een veldgewicht van gemiddeld ruim 50 ton/ha en een basisgewicht van gemiddeld bijna 72 ton/ha goed te noemen. In 2012 viel de opbrengst enigszins tegen met een veldgewicht van gemiddeld 46 ton/ha en een basisgewicht van gemiddeld 59 ton/ha.

De belangrijkste uitkomst uit het onderzoek is dat de volledige borium- en zwavelgift voor het poten aan de bodem toegediend en, indien de verwachte weersituatie daar aanleiding toe geeft, toediening van mangaan aan het loof tot de hoogste opbrengsten qua veldgewicht en basisgewicht leiden. In deze opzet gaat het om resp. 1 kg borium en 75 kg zwavel (SO₃) per ha.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1. Inleiding	8
2. Opzet en uitvoering	10
2.1. Proefvelden.....	10
2.2. Weersomstandigheden	12
3. Resultaten 2011	14
3.1. Gewasontwikkeling / Gebreksziekten	14
3.2. Opbrengst.....	15
4. Resultaten 2012	19
4.1. Gewasontwikkeling / Gebreksziekten	19
4.2. Opbrengst.....	21
5. Discussie.....	23
6. Conclusies.....	28
7. Geraadpleegde Literatuur / naslagwerken	29
Bijlage 1: Proefdetails.....	31
Bijlage 2: Productinformatie	32
Bijlage 3: Gewasontwikkeling.....	35

1. Inleiding

In opdracht van het Productschap Akkerbouw (PA) voerden HLB B.V., BLGG AgroXpertus en NMI een tweejarig onderzoeksproject uit met meso- en micro-elementen (zwavel, borium en mangaan) in zetmeelaardappelen. In 2011 en 2012 werden veldproeven uitgevoerd op zandgrond in Noordoost Nederland. Hierin werden diverse combinaties van zwavel (S) en borium (B) via bodem en/of blad toegediend, al dan niet aangevuld met toediening van mangaan (Mn) aan het blad.

Parallel aan dit project vond gedetailleerd grondonderzoek plaats en werden proefrooiingen uitgevoerd door sectie Bodemkwaliteit van WUR in het kader van het STW-project "Micronutrient Management for Sustainable Agriculture and Environment". Dit STW-project wordt eveneens ondersteund door het PA. De resultaten waren nog niet beschikbaar op het moment van het afronden van dit rapport en derhalve niet in dit rapport opgenomen.

Doelstelling van het project is het bepalen van het effect van toediening van S, B en Mn op groei, ontwikkeling en opbrengst van zetmeelaardappelen.

Het project werd gefinancierd door PA met cofinanciering van Akzo Nobel.

De opbrengst van de zetmeelaardappelen blijft al een groot aantal jaren achter, ondanks de hogere opbrengstpotentie van nieuwe rassen. Een belangrijke opbrengstbeperkende factor is vermoedelijk de beschikbaarheid en opneembaarheid van nutriënten die niet met een standaardbemesting van de macronutriënten stikstof, fosfaat en kalium worden toegediend. Op de hier betreffende zandgronden is het boriumgehalte lager dan het aantoonbaarheidsniveau van het reguliere praktijkonderzoek. De depositie van zwavel met neerslag is sinds meer dan 15 jaar zo weinig dat ook voor aardappels bemesting met zwavel noodzakelijk is geworden.

Borium en zwavel hebben grote invloed op de ontwikkeling van het wortelstelsel en daarmee op het effectief nutriëntenopnemend oppervlak ervan.

Het element mangaan is vooral van belang voor opbouw, oppervlak en instandhouding van het assimilatie apparaat van de plant, en is daarmee in belangrijke mate mede bepalend voor opbouw en onderhoud van het wortelstelsel. Bovengenoemde processen zijn bepalend voor de opbrengst. Een hieruit voortkomende gedachte is dat een geoptimaliseerde toediening van B, S en Mn de (zetmeel)aardappelopbrengst zou moeten verhogen.

Symptomen van borium- en zwavelgebrek zijn niet algemeen bekend. In het Aardappelziektenboek (Mulder en Turkensteen, 2008) zijn deze symptomen beschreven, evenals hun impact bij de groei en ontwikkeling van de plant.

Borium. Borium is bij veel aardappeltelers een ondergewaardeerd element. Borium speelt een rol bij groei, assimilatie, neutralisatie van superoxidatie en opname van diverse elementen (o.a. mangaan en stikstof) en vastlegging daarvan in enzymen, o.a. in chlorofyl. B-gebrek is op armere gronden van nature, maar ook op oudere teeltgronden (o.a. oude rivierklei) chronisch aanwezig.

Een specifiek probleem met borium is dat het na vastlegging in de plant niet meer verplaatsbaar is. Dit geldt ook voor transport van borium aanwezig in de poter naar kiem en spruit. Een belangrijke consequentie daarvan is dat borium vanaf het uitlopen van de spruit in voldoende mate aanwezig moet zijn. Voldoende beschikbaarheid van borium geldt in feite voor de duur van het gehele teeltseizoen.

Als het in de rug na het poten te droog is blijft de wortelvorming zeer beperkt, en wordt onvoldoende tot geen borium opgenomen. Zonder voldoende borium strekken zich noch de wortels, noch de stengels, noch het blad. De gevolgen hiervan werken het gehele verdere groeiseizoen door.

Recentelijk is door de auteurs Turkensteen en Mulder waargenomen dat aan het begin van de groeiperiode acuut boriumgebrek als gevolg van droogte kan voorkomen in gebieden zonder historie van boriumgebrek, zoals in juni 2004 en juni 2011 zichtbaar werd in de noordelijke- resp. de zuidwestelijke zeekelegebieden. Onder dergelijke omstandigheden worden ook daar groei en opbrengst als gevolg van boriumgebrek door droogte sterk beperkt.

Zwavel. Symptomen van zwavelgebrek komen in Nederland / West Europa vooral tot uiting in de tweede helft van het groeiseizoen als de bodemvoorraad aan zwavel is uitgeput. Zwavelgebrek komt aanvankelijk tot uiting in een vaalgroene tot geelachtige verkleuring in de hoogste bladetages. Daarbij vouwt en buigt het blad enigszins schuitvorming langs de middennerf omhoog. Dit laatste symptoom valt door de opvallende lichtinval en lichtspeling van het loof op enige afstand al op (Aardappelziektenboek: 2008; 289-292). Zwavelgebrek is gemakkelijk te verwarren met stikstofgebrek vanwege de geelverkleuring, maar is vanwege de schuitvorming te onderscheiding van stikstofgebrek.

Mangaan. Tekorten aan opneembaar mangaan worden op de meeste gronden in Noordoost Nederland in de loop van het groeiseizoen zichtbaar in de bovenste bladetages als de weersomstandigheden (warm en droog) daar aanleiding toe geven.

Mangaangebrek is op verreweg de meeste gronden in het zetmeelaardappelgebied een aan de weersomstandigheden gerelateerd probleem, ook als voldoende mangaan in de grond aanwezig is. Toediening aan de bodem is in Noordoost Nederland alleen zinvol op gronden met een historie van mangaangebrek. Op gronden waar voldoende mangaan aanwezig is, is de opname ervan afhankelijk van pH, vochtgehalte en temperatuur.

Acuut mangaangebrek treedt op bij droog warm weer, eerst op kleigronden vanwege de hogere pH en daarna op zand- en dalgronden. In deze gevallen is mangaangebrek alleen te voorkomen door tijdige bladbemestingen (voordat symptomen zichtbaar worden) uit te voeren.

2. Opzet en uitvoering

2.1. Proefvelden

Locatie

In beide jaren werden de proeven op hetzelfde bedrijf in Hijken aangelegd in percelen met zetmeelaardappelen. In tabel 1 worden enkele proefvelddetails gegeven.

Tabel 1. Proefvelddetails

	2011	2012
Grondsoort	dekzand	dekzand
pH	4,8	5,1
Organische stof	3,8	4,4
Voorvrucht	Zomergerst	Zomergerst

Voor deze gronden was het N-leverend vermogen laag, de beschikbare hoeveelheid fosfaat (-PAE) hoog, de beschikbare hoeveelheden kali en magnesium goed. De beschikbare hoeveelheid zwavel was laag, evenals de beschikbare hoeveelheid mangaan. Het boriumgehalte was onder het detectieniveau van 76 µg B/kg. In bijlage 1 worden de relevante gegevens van de proeflocaties vermeld.

Proefopzet

De proeven werden als gewarde blokkenproeven in 4-voud, met twee zetmeelaardappelrassen aangelegd. De bruto grootte van elk veldje was 10 x 3 m; de netto grootte 1,5 x 8 m.

Rassenkeuze

Vanwege de wettelijke bepalingen voor de beheersing van wratziekte is de keus voor de in te zetten rassen voor het betreffende gebied vrij beperkt. De te gebruiken rassen dienen volledig resistent te zijn tegen de in het teeltgebied voorkomende fysiologische rassen van deze ziekte.

In 2011 werd het onderzoek uitgevoerd met het middenlate ras Seresta en het late ras Festien. Als gevolg van schaarste van hoogwaardig pootgoed werd het ras Seresta in 2012 vervangen door het zeer late ras Dartiest. Alle rassen zijn gekenmerkt door een hoog opbrengstniveau.

Objecten

In 2011 werden borium (B)- en zwavelgiften (SO₃) of geheel volvelds aan de bodem toegediend, of in verschillende varianten gedeeltelijk aan de bodem gegeven en gedeeltelijk

als bladbemesting toegediend. In het laatste geval werd borium bij het poten in de rij toegediend. Aan 50% van deze objecten werd via het blad een bemesting met mangaan gegeven als de weersomstandigheden (warm en droog) daar aanleiding toe gaven. In totaal waren er 7 bemestingsvarianten.

In 2012 werd de zwavelgift volledig aan de bodem toegediend; voor de boriumtoediening aan de bodem werden twee varianten opgenomen, wel en geen borium.

Betreffende de toediening van mangaan aan het loof in de vorm van Mn EDTA in 250 liter water per applicatie werden de volgende varianten opgenomen:

- 1) gedurende het gehele seizoen, dus zo nodig* ook kort na opkomst.
- 2) volgens praktijk: na het sluiten van het gewas zo nodig* 1 tot 3 maal 1 liter Mn EDTA.
- 3) geen toediening van Mn.

In totaal waren er 9 bemestingsvarianten.

* Ter indicatie: een mangaangift is hier nodig bij droge en warme weersomstandigheden gedurende een periode van ongeveer 5 dagen.

Overzicht van de toegediende voedingsnutriënten

De bemesting met de macronutriënten N, P en K is uitgevoerd op basis van bodemvruchtbaarheidsonderzoek. Stikstof werd gegeven in de vorm van Multi K magnesium, en om aan verschillen in stikstofbehoefte van de rassen te voldoen, aangevuld met KAS.

Fosfaat werd toegediend in de vorm van tripelsuperfosfaat en kali als Multi K Magnesium, voor zover nodig aangevuld met patentkali. Op de objecten waar zwavel werd toegediend was dat in de vorm van Multi K magnesium, tripelsuperfosfaat, patentkali en Esta Kieseriet. Mangaan werd toegediend in de vorm van Mn EDTA van Akzo Nobel en waar borium werd gegeven was dat in de vorm van borax.

In bijlage 2 staan de uiteindelijk toegediende hoeveelheden van de verschillende nutriënten vermeld.

Uitvoering

Bodembemesting

De korrelvormige meststoffen werden met de hand gestrooid; Borax werd met een proefveldspuit met dooptype TeeJet 002 volvelds aan de bodem toegediend. Het spuitvolume was 400 l/ha. De meststoffen werden vervolgens (om stuiven te voorkomen) ingewerkt met een vaste-tand cultivator.

Poten

De voorgekiemde aardappels werden met een pootmachine gepoot. Om aantasting van het gewas door Rhizoctonia te voorkomen werd het pootgoed behandeld met Moncereen (gedompeld in een 4% oplossing) en vervolgens in bakjes te kiemen gezet.

Bladbemesting

De toediening van nutriënten aan het loof werd uitgevoerd met een proefveldspuit met dooptype TeeJet 002 (de spuitdruk bedroeg 2 bar). Het spuitvolume was 400 l/ha. In 2011 betrof dat borium, mangaan en zwavel, in 2012 alleen mangaan.

In 2011 werd in de periode van 19 juli tot 12 augustus met een wekelijkse interval op het betreffende object vier maal een bladbemesting met mangaan gegeven.

In 2012 werd op variant 1 kort voor het sluiten van het gewas op 25 juni eenmalig mangaan toegediend. In variant 2 werd op 10 juli eenmalig mangaan toegediend na het sluiten van het gewas.

Verzorging van het gewas

De verzorging van het gewas is uitgevoerd zoals in de praktijk gebruikelijk is, met als uitzondering dat voor de beheersing van Phytophthora geen mangaanhoudende bestrijdingsmiddelen zijn gebruikt.

2.2. Weersomstandigheden

In de jaren 2011 en 2012 waren de weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen extreem verschillend. In 2011 was het groeiseizoen (extreem) droog en warm, in 2012 koel en vochtig tot nat.

2011. In begin mei 2011 kwam voor opkomst van het gewas lichte nachtvorst voor. Tot 23 juli kenmerkte de groeiperiode van 2011 zich door extreme en langdurige droogte. Gedurende de periode van 1 april tot 12 juni viel er geen neerslag, in de periode van 13 juni tot 23 juli viel er in totaal ca. 10 mm, vaak niet meer dan buitjes tegen het stof. Regen van enige betekenis viel pas op 23 en 24 juli. Het gevolg was dat inclusief de drie beregeningen (3 juni 25 mm, 11 juni 25 mm en 11 juli werd 30 mm toegediend) het gewas gedurende die periode een neerslag tekort van tenminste 135 mm heeft gehad. Dit komt overeen met rond 45 dagen achterblijvende groei en productiecapaciteit. De eerste helft van augustus was vrij

nat, en de hele maand was koel en somber. In september was het voor de tijd van het jaar vrij warm, de eerste week was het vrij nat, de laatste drie weken waren aan de droge kant. Begin oktober was zonnig en zeer zacht. Tijdens deze eerste decade was sprake van echte nazomerse omstandigheden.



Foto 2: Beregening van het proefveld in 2011

2012. Het groeiseizoen van 2012 werd gekenmerkt door over het algemeen koel weer met afwisselend korte perioden met neerslag en korte perioden met zon. Beregenen bleek in het groeiseizoen 2012 niet nodig. De maanden april, mei en juni waren met resp. 50,0; 46,6 en 46,6 mm neerslag vrij droog; de maanden juli en augustus waren met 91,4 en 103,6 mm neerslag aan de natte kant, wat de beheersing van *Phytophthora* bemoeilijkte.

3. Resultaten 2011

3.1. Gewasontwikkeling / Gebreksziekten

De opkomst was rond 10 mei. In het gewas werd geen zichtbare vorstschade waargenomen. De ontwikkeling van de het ras Seresta was aanvankelijk vlot. De beginontwikkeling van Festien was iets trager dan die van Seresta, maar de verschillen waren enkele weken na opkomst verdwenen.

Tussen de objecten werden binnen de rassen, geen significante verschillen in stand en mate van afrijping geconstateerd. Ook voor de objecten wel of geen mangaan werden op 12 augustus en 6 september geen significante verschillen waargenomen in stand resp. afrijping. In bijlage 3 worden de resultaten van de waarnemingen voor gewasontwikkeling en afrijping vermeld.

Tussen de rassen kwamen voor opkomst, stand en afrijping significante tot zeer significante verschillen voor. Seresta had een betere stand dan Festien.

Tijdens het groeiseizoen zijn voor beide rassen geen symptomen van mangaan- en zwavelgebrek waargenomen. Op 7 juni bleek dat zowel in de onbehandelde als in de met B behandelde objecten in beide rassen kenmerkende verschijnselen van B-gebrek tot in vijfde en zesde bladstage zichtbaar waren. Dit is verklaarbaar doordat door de grote droogte de toegang tot B (lees ook wortelontwikkeling) sterk was beperkt. Op 3 en 11 juni is beregend met 25 mm per keer. Na deze beregeningen is in geen van de objecten verdere uitbreiding van de B-gebreksverschijnselen waargenomen.

Op 6 september was Seresta nagenoeg afgestorven, terwijl Festien nog redelijk vitaal was. Behalve Erwinia, die in zeer geringe mate voorkwam (<1‰), werden met uitzondering van Phytophthora aan het eind van het seizoen geen ziekten in het gewas waargenomen. In verband met het sterk opkomen van Phytophthora werd het gewas op 15 september doodgespoten.

3.2. Opbrengst

Gemiddeld over de rassen

In 2011 varieerde het totaalgewicht gemiddeld over de rassen van 48,6 tot 53,2 ton/ha, het onderwater gewicht van 522 tot 533 gram en het basisgewicht van 70,16 ton/ha tot 76,43 ton/ha. In de tabellen 2 en 3 staan de opbrengsten vermeld.

Tabel 2. Opbrengst in tonnen/ha en maatsortering in mm; gemiddelden over de rassen Seresta en Festien, en over wel of geen toediening van mangaan.

Object ¹	<28	28-35	35-55	>55	Totaal gewicht	owg gram	Basis gewicht
A geen B en geen S	0,13	0,94	23,71	26,21	50,99	526	72,33
B ½ + ½ B en ¼ S	0,16	1,09	23,32	25,67	50,24	522	70,70
C B en ¾ + ¼ S	0,13	0,82	22,47	26,55	49,96	523	70,41
D geen B en wel S	0,11	0,85	23,16	28,31	52,44	528	74,84
E wel B en geen S	0,16	0,87	22,72	25,10	48,85	533	70,49
F B en S	0,15	0,88	21,93	28,39	51,35	531	73,72
G ¾ + ¼ S en ¼ B	0,13	0,93	21,95	26,81	49,82	526	70,74
Gemiddeld	0,14	0,91	22,75	26,72	50,52	527	71,89
+Mn	0,15	0,94	23,73	26,93	51,76	528	73,74
- Mn	0,12	0,88	21,78	26,51	49,28	526	70,04
LSD (P<0.05) object	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD (P<0.05) Mn	ns	ns	1,58	ns	1,54	ns	2,06
LSD (P<0.05) O*Mn	ns	ns	4,18	ns	ns	ns	ns
vc	48,1	36,7	12,6	15,2	5,6	2,5	5,2
F. prob. object	0,593	0,749	0,836	0,608	0,250	0,587	0,106
F. prob. Mn	0,086	0,486	0,017	0,697	0,003	0,678	<0,001
F. prob. Object*Mn	0,406	0,769	0,047	0,662	0,170	0,940	0,066

¹⁾ De vetgedrukte "bemesting" in object B, C en G is toegediend als bladmeststof.

Tabel 3. Effect van toediening van mangaan op opbrengst in tonnen totaal gewicht/ha en maatsortering in mm; gemiddeld over de rassen Seresta en Festien.

Object ¹	<28		28-35		35-55		>55		totaal	
	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn
A geen B en geen S	0,13	0,13	1,06	0,83	22,93	24,48	25,94	26,48	50,06	51,91
B ½ + ½ B en ¼ S	0,15	0,18	1,06	1,11	24,77	21,87	25,25	26,08	51,23	49,25
C B en ¾ + ¼ S	0,18	0,07	1,00	0,64	24,45	20,49	26,71	26,38	52,34	47,58
D geen B en wel S	0,13	0,09	0,78	0,93	22,38	23,94	29,12	27,51	52,42	52,46
E wel B en geen S	0,19	0,13	0,87	0,86	26,48	18,97	23,29	26,90	50,84	46,86
F B en S	0,15	0,15	0,86	0,90	22,84	21,03	29,69	27,08	53,54	49,16
G ¾ + ¼ S en ¼ B	0,14	0,12	0,97	0,89	22,24	21,65	28,52	25,11	51,87	47,77
Gemiddeld	0,15	0,12	0,94	0,88	23,73	21,78	26,93	26,51	51,76	49,28
LSD (P<0.05) object	ns		ns		ns		ns		ns	
LSD (P<0.05) Mn	ns		ns		1,58		ns		1,54	
LSD (P<0.05) O*Mn	ns		ns		4,2		ns		ns	
vc	48,1		36,7		12,6		15,2		5,6	
F. prob. object	0,593		0,749		0,836		0,608		0,250	
F. prob. Mn	0,086		0,486		0,017		0,697		0,003	
F. prob. Object*Mn	0,406		0,769		0,047		0,662		0,170	

²⁾ De vetgedrukte "bemesting" in object B, C en G is toegediend als bladmeststof.

Uit de hier gepresenteerde resultaten blijkt dat een optimale opbrengst bereikt wordt als voldaan wordt aan een volledige borium- en zwavelgift aan de bodem. Dit komt voort uit het gegeven dat zwavel- en boriumgebrek via bladbemesting niet of in onvoldoende mate gewasherstellend zijn toe te dienen.

Voor mangaan ligt dit anders. Dit nutriënt is in de meeste gronden in voldoende mate aanwezig. De opneembaarheid is op deze wat zure gronden goed, maar neemt bij hogere bodemtemperaturen en drogere bodemcondities navenant af. Op deze momenten kan alleen in de behoefte aan mangaan worden voorzien door het via het blad toe te dienen.

Gemiddeld over de rassen heeft de voorziening met zwavel het grootste effect op zowel veldgewicht als basisgewicht, waarbij opvalt dat het beste effect wordt verkregen als de volledige zwavelgift voor het poten aan de bodem wordt toegediend. Borium lijkt hier vooral een positief effect te hebben op het onderwatergewicht, maar er zijn geen significante effecten gevonden voor borium en zwavel.

Gemiddelden per ras

In tabel 4 staan de resultaten uitgesplitst per ras voor veldopbrengst en maatsortering vermeld.

Tabel 4. Effect van toediening van mangaan op totaal gewicht (tonnen/ha) en maatsortering (mm) voor de rassen Seresta en Festien afzonderlijk.

Object ¹	<28		28-35		35-55		>55		totaal	
	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn
Seresta										
A geen B en geen S	0,16	0,18	1,11	1,16	28,74	32,21	23,16	18,37	53,16	51,92
B ½ + ½ B en ¼ S	0,18	0,27	1,29	1,72	30,64	26,87	20,66	19,29	52,78	48,14
C B en ¾ + ¼ S	0,28	0,09	1,23	0,85	30,03	26,45	21,81	18,90	53,36	46,29
D geen B en wel S	0,14	0,13	1,22	1,19	29,40	28,28	21,84	23,19	52,61	52,79
E wel B en geen S	0,26	0,16	1,08	1,09	31,41	21,64	19,29	22,21	52,04	45,10
F B en S	0,19	0,25	1,29	1,33	27,86	26,69	25,92	19,42	55,26	47,69
G ¾ + ¼ S en ¼ B	0,12	0,19	1,22	1,29	26,50	28,84	25,93	17,52	53,77	47,86
Gem. mangaan	0,19	0,18	1,21	1,23	29,23	27,28	22,66	19,84	53,28	48,54
Gem. ras	0,18		1,22		28,25		21,25		50,91	

Object	<28		28-35		35-55		>55		totaal	
	+Mn	-Mn	+M	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn
Festien										
A geen B en geen S	0,11	0,07	1,01	0,94	17,13	16,76	28,72	34,59	46,96	51,91
B ½ + ½ B en ¼ S	0,12	0,09	0,83	0,51	18,90	16,88	29,84	32,87	49,69	50,36
C B en ¾ + ¼ S	0,08	0,04	0,76	0,43	18,86	14,53	31,61	33,87	51,31	48,87
D geen B en wel S	0,12	0,04	0,34	0,66	15,37	19,61	36,40	31,82	52,22	52,13
E wel B en geen S	0,12	0,11	0,67	0,63	21,54	16,29	27,29	31,59	49,63	48,61
F B en S	0,10	0,04	0,43	0,47	17,82	15,37	33,47	34,74	51,82	50,63
G ¾ + ¼ S en ¼ B	0,17	0,04	0,71	0,49	17,99	14,45	31,10	32,70	49,97	47,68
Gem. Mangaan	0,12	0,06	0,68	0,53	18,23	16,27	31,2	33,17	50,23	50,03
Gem. ras	0,09		0,60		17,25		32,19		50,13	
LSD (P<0.05) ras	0,04		0,18		1,58		2,22		ns	
Vc	48,1		36,7		12,6		15,2		5,4	
F. prob. ras	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		0,291	
F. prob. ras*Mn	0,337		0,475		0,996		0,444		0,146	
F. prob. ras*object*Mn	0,164		0,695		0,419		0,447		0,894	

1) De vetgedrukte "bemesting" is toegediend als bladmeststof

Uit de hier gepresenteerde gegevens valt af te leiden dat Seresta qua veldgewicht duidelijk positief op een mangaangift reageert, terwijl Festien vrijwel neutraal reageert.

De significante verhoging van het veldgewicht bij de gemiddelden over de rassen is het resultaat van het opbrengstverhogende effect op Seresta (Tabel 3).

Voor Seresta heeft de Mn-bemesting een iets grovere maatsortering opgeleverd. In combinatie met mangaanbladbemesting heeft volledige borium- en zwavelgift aan de bodem het hoogste veldgewicht opgeleverd (55,26 ton/ha).

Voor Festien werd geen duidelijk effect van toediening van mangaan aan het blad gemeten, noch in de maatsortering, noch voor de totale opbrengst. Hierbij moet in ogenschouw moet worden genomen dat Seresta ten tijde van het loofdoden vrijwel was afgerijpt, terwijl de veel latere Festien nog volop in de productiefase was, waardoor de opbrengst van Festien moet zijn achtergebleven.



Foto 1. Overzicht van het proefveld op 17 juni 2011

4. Resultaten 2012

4.1. Gewasontwikkeling / Gebreksziekten

In 2012 was de opkomst rond 28 mei. De rassen Festien en Dartiest hadden een vlotte groei en beginontwikkeling en vormden veel hoogopgaand loof (ca. 150 cm). Tussen de rassen werden significante verschillen waargenomen. Festien had een iets betere gewasstand. Tussen de bemestingsvarianten waren geen significante verschillen. In bijlage 3 worden de resultaten van de standbeoordelingen vermeld.

Op 11 augustus werden over het gehele proefveld boven in het gewas ingewaaide aantastingen door *Phytophthora* waargenomen die door tijdige bestrijding werden geëlimineerd. Ook werd toen over het gehele veld lichte wantsenschade waargenomen.

Pas bij de beoordeling op veroudering van het gewas werden op 5 september duidelijke rasverschillen waargenomen. Festien toonde duidelijke afstervingsverschijnselen, terwijl Dartiest nog groen oogde. Op die datum werden in beide rassen symptomen waargenomen van een lichte aantasting door *Phytophthora*. Om onaanvaardbare verdere uitbreiding van deze ziekte te voorkomen werd het gewas op 17 september gedood.

Boriumgebrek.

Op 10 juli werden bij het ras Festien in alle objecten (waar al dan niet borium werd gegeven) alleen in de twee onderste bladlagen twee typen symptomen van boriumgebrek waargenomen. Het eerste type betreft het sterk vergrootte en verdikte, leerachtig aanvoelende eindblaadje van het onderste samengestelde blad (Foto 3), het tweede symptoom betreft misvormde topblaadjes als gevolg van het samengroeien van het oorspronkelijke topblad met één of beide blaadjes van het aangrenzende juk. Op Foto 4 is een blaadje van het eerste juk (linksonder) geheel opgenomen in het topblad, het andere blaadje van dit juk is er grotendeels mee vergroeid.

Voor het ras Dartiest werden alleen in de veldjes waar geen borium werd gegeven in de onderste bladlaag symptomen van boriumgebrek waargenomen in de vorm van een sterk vergroot leerachtig aanvoelend topblaadje.



Foto's 3 en 4. Typische vroege symptomen van boriumgebrek. Sterk vergoot leerachtig aanvoelend enkelvoudig topblaadje van de 1^e bladlaag; resp. topblaadje samengegroeid met beide blaadjes van eerste juk.

Mangaangebrek.

Gedurende het gehele groeiseizoen werden in geen enkel object symptomen van mangaangebrek waargenomen. De verklaring daarvoor is gelegen in het koele vochtige weer in de zomer van 2012, waardoor mangaan gedurende het gehele groeiseizoen in voldoende mate in voor de plant opneembare vorm beschikbaar is geweest.

Zwavelgebrek.

Zowel in Dartiest als in Festien werden op 5 september over het gehele proefveld inde bovenste bladetages beginnende symptomen van zwavelgebrek waargenomen (Foto5).



Foto 5. Symptoom van beginnend zwavelgebrek in de bovenste bladlagen.

4.2. Opbrengst

In 2012 varieerde het veldgewicht gemiddeld over de rassen van 44,1 tot 47,0 ton/ha, het onderwater gewicht van 478 tot 490 gram en het basisgewicht van 57,9 ton/ha tot 60,1 ton/ha. Dartiest had een significant hoger veldgewicht (47,5 ton/ha) dan Festien (43,2 ton/ha). Vanwege een significant hogere onderwatergewicht van Festien (506) dan van Dartiest (467), is het verschil in basisgewicht voor beide rassen klein (Dartiest 58,7 ton/ha en Festien 59,3 ton/ha) en niet significant.

Veldopbrengsten in tonnen/ha en maatsortering in mm worden gemiddeld over de rassen Dartiest en Festien weergegeven in tabel 5. In tabel 6 worden de opbrengsten per ras weergegeven, in tabel 7 de onderwatergewichten en de basisgewichten.

Tabel 5. Veldopbrengst in tonnen/ha en maatsortering in mm; gemiddelden over de rassen Dartiest en Festien, en over wel of geen toediening van mangaan.

Object B en S	Mn	<40 mm	40-60mm	>60mm	totaal	owg gram	Basisgewicht
A geen B en wel S	1	3,61	27,74	12,73	44,09	490	57,94
B geen B en wel S	2	3,37	27,09	15,12	45,57	488	59,56
C geen B en wel S	3	3,56	27,94	14,31	45,81	487	59,72
D B en S	1	3,19	27,39	16,45	47,03	478	60,10
E B en S	2	3,87	27,36	13,58	44,81	486	58,21
F B en S	3	3,2	27,82	14,26	45,29	482	58,01
Dartiest		2,15	22,56	22,81	47,52	467	58,68
Festien		4,82	32,58	5,77	43,16	506	59,27
LSD (P<0.05) object		0,640	1,74	3,20	3,03	13	4,01
LSD (P<0.05) ras		0,302	0,95	1,74	1,65	7	2,19
LSD (P<0.05) ras*object		0,783	2,46	4,53	4,28	18	5,68
F. prob. object		0,210	0,864	0,263	0,492	0,469	0,772
F. prob. Ras		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,590
F. prob. Ras*object		0,483	0,497	0,820	0,979	0,393	0,912
VC		18,3	7,3	25,9	7,7	3,0	7,9

Tabel 6. Veldopbrengst in tonnen/ha en maatsortering in mm per ras.

Object B en S	Mn	<40 mm		40-60mm		>60mm		totaal	
		Dar	Fes	Dar	Fes	Dar	Fes	Dar	Fes
A geen B en wel S	1	2,18	5,04	23,37	32,12	20,41	5,06	45,96	42,22
B geen B en wel S	2	2,23	4,51	21,73	32,44	24,41	5,82	48,37	42,77
C geen B en wel S	3	2,22	4,90	23,15	32,72	22,39	6,24	47,76	43,86
D B en S	1	1,94	4,43	21,46	33,33	25,79	7,11	49,19	44,87
E B en S	2	2,18	5,55	22,62	32,11	22,29	4,88	47,09	42,54
F B en S	3	1,96	4,47	22,42	33,22	22,84	5,67	47,22	43,36
gemiddeld		2,15	4,82	22,56	32,58	22,81	5,77	47,52	43,16
LSD (P<0.05) object		0,640		1,74		3,20		3,03	
LSD (P<0.05) ras		0,302		0,95		1,74		1,65	
LSD (P<0.05) ras*object		0,783		2,46		4,53		4,28	
F. prob. object		0,210		0,864		0,263		0,492	
F. prob. Ras		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
F. prob. Ras*object		0,483		0,497		0,820		0,979	
VC		18,3		7,3		25,9		7,7	

Tabel 7. Onderwater gewicht en basisgewicht per ras

Object B en S	owg gram		Basis-gewicht	
	Dar	Fes	Dar	Fes
A geen B en wel S	472	508	57,66	58,22
B geen B en wel S	467	510	59,86	59,27
C geen B en wel S	469	504	59,33	60,12
D B en S	452	504	58,87	61,32
E B en S	474	499	58,97	57,45
F B en S	457	507	56,57	59,45
gemiddeld	467	506	58,68	59,27
LSD (P<0.05) object	13		4,01	
LSD (P<0.05) ras	7		2,19	
LSD (P<0.05) ras*object	18		5,68	
F. prob. object	0,469		0,772	
F. prob. Ras	<0,001		0,590	
F. prob. Ras*object	0,393		0,912	
VC	3,0		7,9	

5. Discussie

Opbrengsten

Veldgewichten. Gezien de extreem droge weersomstandigheden waren de opbrengsten in 2011 tussen 49,12 en 52,17 t/ha voor Festien en tussen 49,83 en 52,70 voor Seresta redelijk tot goed te noemen. De weersomstandigheden gedurende de voor de opbouw van het gewas zeer belangrijke periode april, mei, juni en juli tot de 23^{ste} waren extreem droog. In die periode is berekend om het gewas gaande te houden. Desalniettemin is er voor een optimale groei en ontwikkeling van het gewas gedurende 45 dagen sprake geweest van een neerslagtekort. Eén van de gevolgen hiervan is geweest dat tot aan de eerste berekening in beide rassen in alle objecten symptomen van boriumgebrek ontstonden. Dit wijst erop dat de wortelstelsels gebrekkig functioneerden en de vraag is dan ook of en hoe ernstig dit de opname van andere elementen dan borium (NPK en de meso- en micronutriënten) heeft belemmerd.

In 2012 was de groeiperiode door een latere pootdatum ca. 3 weken korter dan in 2011. Ook waren de weersomstandigheden met koel donker weer tot juli, gevolgd door veel regen in juli en augustus (91,4 resp. 103,6 mm) heel anders dan die in 2011. Als gevolg daarvan waren de veldgewichten in 2012 met 43,8 ton/ha voor Festien en 48,1 ton/ha voor Dartiest aanmerkelijk lager dan in 2011.

De range in opbrengstverschillen voor het basisgewicht varieerden voor Festien van 52,9 tot 64,2 ton/ha en voor Dartiest van 46,9 tot 67,1 ton/ha. Deze verschillen zijn niet terug te voeren op de behandelingen, noch op de herhalingen, en zijn daarmee onverklaarbaar.

Basisgewichten. In 2011 bereikten de onderwatergewichten en het daaruit voortkomende basisgewicht hoge waarden met 70,73 tot 76,01 t/ha voor Festien en 68,56 tot 79,02 t/ha voor Seresta.

Evenals de veldgewichten waren ook de basisgewichten in 2012 aanzienlijk lager dan in 2011. Voor Festien was dat 59,3 ton/ha, voor Dartiest 58,7 ton/ha.

Waarnemingen in het gewas

Ongeacht of voor het poten wel of niet een boriumbemesting was toegediend werden in het droge, zonnige jaar 2011 begin juni in de rassen Seresta en Festien in alle veldjes tot in de 5^e en 6^e bladstage verschijnselen van boriumgebrek waargenomen.

Door de grote droogte was de loof- en dus ook de wortelontwikkeling zo sterk beperkt, dat als gevolg daarvan de toegang tot voedingselementen, waaronder borium, vanaf het begin van de groei sterk was gelimiteerd. Na twee beregeningen van 25 mm per keer is in geen van de objecten verdere uitbreiding van de symptomen van boriumgebrek waargenomen.

Gedurende het groeiseizoen van 2011 zijn noch bij Seresta, noch bij Festien in het loof symptomen van tekorten aan mangaan of zwavel waargenomen, ondanks dat bij droge bodemomstandigheden mangaan vrijwel niet beschikbaar voor de plant.

In het vochtige, sombere groeiseizoen van 2012 waren de kenmerkende verschijnselen van boriumgebrek beperkt tot de eerste of tweede bladlaag. Voor het ras Dartiest werden alleen in de veldjes waar geen borium was gegeven symptomen van boriumgebrek waargenomen in de onderste bladlaag in de vorm van een sterk vergroot leerachtig aanvoelend topblaadje. Daarentegen werden voor het ras Festien in alle veldjes in de eerste en tweede bladlaag B-gebreksverschijnselen waargenomen.

Door het koele donkere weer is gedurende het gehele groeiseizoen van 2012 voldoende opneembaar mangaan voor het gewas beschikbaar geweest. Derhalve werden symptomen van een tekort aan mangaan niet verwacht; ze werden dan ook niet waargenomen.

Begin september werden ondanks de ruime zwavelgift van 85 kg SO₃/ha over het gehele proefveld (ook waar zwavel was toegediend) in beide rassen in de bovenste bladstages algemeen lichte symptomen van zwavelgebrek waargenomen. Kennelijk spoelde door de vele neerslag in juli en augustus zoveel zwavel uit dat tegen het eind van het groeiseizoen niet meer voldoende zwavel voor het gewas beschikbaar was. Daarbij telt mee dat de gewassen bijzonder zwaar ontwikkeld waren, wat ook zijn impact zal hebben gehad op de hoeveelheid opgenomen zwavel.

Response op nutriënten

In 2011 zijn geen significante effecten gevonden voor borium, zwavel en mangaan. Gemiddeld over de rassen lijkt zwavelbemesting het grootste effect op zowel veldgewicht als basisgewicht te hebben, waarbij opvalt dat het beste effect wordt verkregen als de volledige zwavelgift voor het poten aan de bodem wordt toegediend. Borium blijkt hier vooral een positief effect te hebben op het onderwatergewicht.

Ook zijn zeer significante effecten aangetoond van mangaan op zowel veldgewicht als basisgewicht. In de maat 35-55 wordt een significant effect aangetoond voor mangaan, en ook een significante interactie tussen borium/zwavel en mangaan.

Borium. Ook de toepassing van borium kwam als beste naar voren als het volledig aan de bodem werd toegediend. Van borium is niet veel nodig maar het is uitermate van belang dat het vroegtijdig in voldoende mate beschikbaar is voor een snelle en ongestoorde opbouw van het wortelstelsel en de overige delen van de plant. Dat betekent dat het vanaf de allereerste groei en ontwikkeling voor de kiemende aardappelknol beschikbaar moet zijn. Daarnaast is het van belang voor de opname van borium door de jonge wortels dat de bodem voldoende vochtig is.

Behalve voor een vlotte goede ontwikkeling en groei van de plant is borium uitermate belangrijk voor vele processen in de plant, waaronder assimilatie en transport van o.a. suikers; processen die zeer bepalend zijn voor het onderwatergewicht. Omdat zowel borium als zwavel binnen de plant alleen van beneden naar boven wordt getransporteerd en

bovendien onomkeerbaar in bladweefsel wordt vastgelegd komt toediening van deze elementen door toediening aan het loof niet ten goede aan het wortelstelsel en heeft als gevolg daarvan weinig tot geen impact op groei en ontwikkeling ervan. (Tisdale e.a., 1990: 292-349; Marschner, 1995: 379-396)

Zwavel. De beste resultaten werden bereikt waar de volledige hoeveelheid zwavel direct bij het pootklaar maken van het land aan de bodem werd toegediend. Van meso-nutriënten is zoveel nodig dat toediening van grote hoeveelheden via het blad weinig perspectief biedt. Bovendien wordt zwavel niet via blad en stengels naar het wortelstelsel vervoerd. Via loof opgenomen zwavel wordt in feite lokaal onomkeerbaar in bladweefsel vastgelegd (Tisdale e.a., 1990: 292-349; Marschner, 1995: 255-265). Voor de opbouw van eiwitten is zwavel onmisbaar en dit geldt ook voor ondergrondse delen zoals wortels, stolonen en knollen. Zwavel voor de ondergrondse delen kan alleen door het wortelstelsel worden opgenomen. In 2012 werden, ondanks de ruime zwavelgift (85 kg SO₃/ha), begin september in beide rassen in alle objecten in de bovenste bladetages lichte symptomen van zwavelgebrek waargenomen. Door de overvloedige neerslag in de maanden juli en augustus is waarschijnlijk te veel zwavel uitgespoeld, waardoor tegen het eind van het groeiseizoen niet meer voldoende zwavel voor de planten aanwezig was.

Mangaan. Hoewel in 2011 geen symptomen van mangaangebrek in het loof werden waargenomen speelde mangaan in 2011 wel een belangrijke rol bij opbrengstverhoging. Ondanks een weinig geoptimaliseerde looftoepassing van mangaan (te laat en speciaal in het teeltseizoen van 2011 te weinig frequent:) bleek een duidelijke invloed op de toename van de opbrengst. Uit in voorgaande jaren op het HLB uitgevoerd onderzoek is gebleken dat toediening van mangaan onder droge warme omstandigheden altijd een positief effect op de opbrengst had, ook als geen symptomen van mangaangebrek werden waargenomen. Toch komen hier wat bedenkingen betreffende de tijdstippen van toediening op. Zo is het bijvoorbeeld ongebruikelijk om reeds vroeg in het seizoen kort na opkomst als het gewas in volle groei en opbouw van het bladapparaat is, bladbemesting met mangaan uit te voeren. Het gebeurt in de praktijk dan ook niet. De vraag is of dit wetenschappelijk gezien wel een juiste handelwijze is. Ook tijdens deze vroege gewasstadia treden veelvuldig langdurig droge perioden op waardoor mangaan in de grond onopneembaar wordt terwijl voor de vorming van bladgroen mangaan onmisbaar is. Ook is het een vraag of het zin heeft om gevoelsmatig vast te stellen (op grond van weersomstandigheden) of het tijd is om een looftoediening met mangaan uit te voeren. (Het lijkt veel meer voor de hand te liggen om gedurende alle blad(groen)opbouwende groeistadia standaard mangaan aan het blad toe te dienen). Als gevolg van het koele donkere weer gedurende vrijwel het gehele groeiseizoen van 2012 werden dat jaar geen symptomen van mangaangebrek waargenomen, noch in het proefveld, noch in de vele bezochte praktijkpercelen.

Rassen reageren verschillend.

De verkregen proefresultaten maken het steeds aannemelijker dat grote rasverschillen voorkomen in de behoefte aan borium, of in de efficiëntie van de opname ervan. Het is niet

zeker of het eerste ook het geval is voor mangaan. Hoewel het voor de hand ligt dat een dieper wortelend ras makkelijker mangaan kan opnemen, omdat ze aanwezig zijn in diepere grondlagen met een lagere temperatuur, een lagere zuurstofspanning en een hoger vochtgehalte; drie eigenschappen die de opneembaarheid van mangaan positief beïnvloeden.

Borium. De rassen Seresta, Festien en Dartiest zijn gekenmerkt door een hoog opbrengstniveau. Voor dergelijke opbrengsten is een goed en sterk ontwikkeld wortelstelsel een eerste vereiste. Voor een adequate opname van nutriënten, en dus ook voor borium is een goed wortelstelsel onontbeerlijk. In het algemeen geldt dat de meeste rassen waarbij zich problemen met boriumgebrek voordoen rassen zijn met zwakkere wortelstelsels (Aardappelziektenboek 2008: pag. 260 - 265). Hoewel op de proefvelden de hoeveelheid aanwezige borium beneden de detectiegrens lag, betekent dit niet dat er geen borium in de grond aanwezig is. Vergeleken met andere gewassen heeft de aardappel relatief weinig borium nodig. Door de sterk ontwikkelde wortelstelsels van de gebruikte rassen kunnen deze daardoor in veel gevallen voldoende borium voor een goede ontwikkeling hebben opgenomen.

In 2012 bleek echter dat ook rassen met goed ontwikkelde wortelstelsels verschillen in boriumbehoefte of in de mogelijkheid onder moeilijker omstandigheden voldoende borium op te nemen. In dit jaar ontwikkelden zich in het ras Dartiest alleen symptomen van boriumgebrek in de eerst ontwikkelde bladlaag op veldjes waar geen borium was gegeven. In het ras Festien daarentegen ontwikkelden dergelijke symptomen zich in de eerste en de tweede bladlaag in zowel de niet met borium bemeste veldjes als in de wel met borium bemeste veldjes.

Interessant is dat bij een in 2011 door HLB uitgevoerde Alternaria-proef met 20 rassen er een object bij was met **wel en geen** toediening van borium aan de bodem. Daaruit bleken voor deze borium-toediening grote, statistisch significante verschillen voor rassen. Dit betreft zowel expressie van resistentie tegen Alternaria (variërend van 0 tot 23%) als voor bodembedekking (variërend van 0 tot 52%). Wat hierbij opviel is dat deze effecten voor zowel Seresta als Festien vrijwel nul bleken. Deze waarneming ondersteunt de gedachte dat gevoeligheid voor boriumgebrek voor de ontwikkeling van de plant in hoge mate rasgebonden is. In ieder geval kan men zich afvragen of de keuze van de rassen, gedaan op grond van fyto-sanitaire eisen betreffende de beheersing van wratziekte, wel de meest gelukkige is geweest in relatie tot de respons op borium; één en ander uiteraard achteraf voortkomend uit kennis die bij de start van dit onderzoek niet beschikbaar was.

Mangaan. In 2011 werden in het loof noch voor Seresta, noch voor Festien symptomen van mangaangebrek waargenomen. Toch reageerde het ras Seresta gemiddeld over de objecten voor zowel het veldgewicht (53,3 ton/ha t.o.v. 48,5 ton/ha) als het basisgewicht (74,4 ton/ha t.o.v. 67,7 ton/ha) zeer duidelijk op een mangaangift aan het loof, terwijl het ras Festien, eveneens gemiddeld over de objecten, noch met het veldgewicht, noch met het basisgewicht op een mangaangift aan het loof reageerde.

Echter, op het object waar van de elementen borium en zwavel de gehele gift voor het poten aan de bodem werd toegediend bleek ook het ras Festien duidelijk positief op toediening van mangaan aan het loof te reageren, zij het in iets mindere mate dan Seresta deed (zie tabel 8). Daarbij moet wel in aanmerking worden genomen dat het late ras Festien op het moment van loofvernietiging nog lang niet klaar was en dus een belangrijk deel van de “bulking” heeft gemist.

Tabel 8. Reactie in het groeiseizoen van 2011 van de rassen Seresta en Festien op een bladbemesting met mangaan indien de borium- en zwavelgift voor het poten geheel aan de bodem werd toegediend.

Opbrengst (t/ha)	Veldgewicht		Onderwatergewicht		Basisgewicht		Verschil ton/ha
	- Mn	+ Mn	- Mn	+ Mn	- Mn	+ Mn	
Seresta	47,69	55,26	531	513	68,35	75,99	7,74
Festien	50,63	51,82	535	547	73,30	77,25	3,95

Uit de in bovenstaande tabel gepresenteerde proefresultaten blijkt dat, indien de klimatologische omstandigheden daar aanleiding toe geven, beide gebruikte rassen positief op een bladbemesting met mangaan reageren als de voorziening van de bodem met nutriënten voor het poten in orde is (in dit geval de voorziening met borium en zwavel). Het feit dat symptomen van mangaangebrek in het loof niet werden waargenomen, maar beide rassen in opbrengst toch met een aanzienlijke opbrengstvermeerdering op de bladbemesting met mangaan reageerden onderstreept het belang van een tijdige toediening van mangaan zodra de verwachte weerscondities (warm en droog) daar aanleiding toe geven.

Tenslotte

De resultaten van de in 2011 en 2012 uitgevoerde onderzoeken overziend blijkt dat een optimale opbrengst alleen kan worden bereikt als aan tenminste drie voorwaarden wordt voldaan: een volledige boriumgift en een volledige zwavelgift aan de bodem en, als de verwachte weersomstandigheden daar aanleiding toe geven, een bladbemesting met mangaan. Dit komt door de volgende eigenschappen. De drie genoemde elementen zijn in de plant weinig mobiel, en dat vooral als het herverdeling betreft naar lagere plantedelen. Er zijn voor deze elementen drie specifieke eigenschappen met ieder een eigen impact. Van het meso-nutriënt zwavel is zowel bovengronds als ondergronds zoveel nodig dat dit via bladbemesting niet is toe te dienen.

Van borium is zo weinig nodig dat loofproblemen met bladbemesting oplosbaar zijn, maar door de geblokkeerde neerwaartse beweging bewortelings- en knolproblemen niet.

Mangaanbemesting is voor zover bekend alleen voor de vorming van chlorofyl van belang, maar niet voor het wortelstelsel. Daarom is toediening aan het loof volledig effectief.

6. Conclusies

- Voor gezonde optimaal producerende gewassen is een evenwichtige voorziening met voldoende nutriënten in alle ontwikkelingsfasen van de plant een eerste voorwaarde. De beschikbaarheid van de nutriënten borium, mangaan en zwavel voor het gewas bleek afhankelijk van de weersomstandigheden en methode en tijdstip van toediening
- Uit de resultaten in 2011 bleek dat het hoogste veldgewicht en het hoogste basisgewicht werden verkregen als borium- en zwavelgift voor het poten volledig aan de bodem werden toegediend. In 2011 kwam verder naar voren dat toediening van mangaan bij warm droog weer tot hogere opbrengsten leidt. In 2012 deden dergelijke omstandigheden zich niet voor.
- In de proef van 2011 bleek toediening van zwavel en borium aan het loof (ter vervanging van toediening aan de bodem) weinig of geen effect op opbrengst te hebben. Echter, voor zwavelgebrek dat later in het groeiseizoen ontstaat als gevolg van een tekort, bij voorbeeld door uitspoeling, kan overbemesten met zwavelhoudende nutriënten uitkomst bieden, omdat dan een functioneel wortelstelsel beschikbaar is.
- Op gronden met voldoende borium kan in het begin van het groeiseizoen bij extreem droog weer een tijdelijk boriumgebrek in het aardappelgewas optreden. Onder deze zeer specifieke omstandigheden kan een bladbemesting met borium een boriumtekort in de jonge scheuten voorkomen resp. opheffen.
- De behoefte aan beschikbaar borium in de bouwvoor blijkt voor aardappelrassen te verschillen. De ervaring leert dat de meeste rassen waarbij zich problemen met boriumgebrek voordoen rassen zijn met zwakkere wortelstelsels. Rassen met sterker ontwikkelde wortelstelsels, of die uitgebreider en vaak dieper wortelen, kunnen navenant gemakkelijk aan hun boriumbehoefte voldoen uit de diepere bodemlagen. Gebleken is echter dat ook rassen met goed ontwikkelde wortelstelsels verschillen in boriumbehoefte of in de mogelijkheid onder moeilijker omstandigheden voldoende borium op te nemen.
- Toediening van mangaan aan het blad heeft op de lichte, wat zure gronden in Noordoost Nederland alleen zin als de verwachte weersomstandigheden (warm en droog) daar aanleiding toe geven.

7. Geraadpleegde Literatuur / naslagwerken

Bennet, W.F., 1994. Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms. In: W.F. Bennet (Ed.), Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA: 1-7.

Marschner, H., 1995. Functions of Mineral Nutrients - Sulfur. In: Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited: 255 - 265.

Marschner, H., 1995. Functions of Mineral Nutrients - Manganese. In: Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited: 324 - 333.

Marschner, H., 1995. Functions of Mineral Nutrients - Boron. In: Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited: 379 - 396.

Mulder, A. & L.J. Turkensteen, 2008. Gebreksziekten en overmaatziekten - Boriumgebrek. In: Mulder, A. & L.J. Turkensteen, Eds; Aardappelziektenboek, ziekten, plagen en beschadigingen. Den Haag, Aardappelwereld Magazine: 260 -265.

Mulder, A. & L.J. Turkensteen, 2008. Gebreksziekten en overmaatziekten - Mangaangebrek. In: Mulder, A. & L.J. Turkensteen, Eds; Aardappelziektenboek, ziekten, plagen en beschadigingen. Den Haag, Aardappelwereld Magazine: 279 – 280.

Mulder, A. & L.J. Turkensteen, 2008. Gebreksziekten en overmaatziekten - Zwavelgebrek. In: Mulder, A. & L.J. Turkensteen, Eds; Aardappelziektenboek, ziekten, plagen en beschadigingen. Den Haag, Aardappelwereld Magazine: 289 -292.

Stevenson, W.R., Loria, R., Frank, G.D. and Weingarter, D.P., 2001. Compendium of Potato diseases, 2nd edition. APS, St. Paul MN USA: 144 pp.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson & J.D. Beaton, 1990. Soil and Fertilizer Sulfur, Calcium and Magnesium. In: Soil Fertility and Fertilizers, Fourth Edition. Macmillan Publishing Company, New York: 292 – 349.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson & J.D. Beaton, 1990. Micronutrients and other beneficial elements in soils and fertilizers - Boron. In: Soil Fertility and Fertilizers, Fourth Edition. Macmillan Publishing Company, New York: 350 - 358.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson & J.D. Beaton, 1990. Micronutrients and other beneficial elements in soils and fertilizers - Manganese. In: Soil Fertility and Fertilizers, Fourth Edition. Macmillan Publishing Company, New York: 372 - 378.

Ulrich, A., 1994. Potato. In: Bennet, W.F. Ed., 1994. Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA; 149 -156.

Westerman, D.T., 1993. Fertility Management. In: Rowe R.C. (Ed.), Potato Health Management. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA: 77-86.

Bijlage 1: Proefdetails

Gegevens betreffende de in 2011 aangelegde veldproef en bodemvoorraad aan nutriënten.

Proefveldgegevens		Bodemvoorraad nutriënten	
Locatie:	Hijken, Drenthe	N totaal:	990 mg/kg
Grondsoort:	dekzand	P beschikbaar:	2,8 mg/kg
Organische stof :	3,8 %	K beschikbaar:	71 mg/kg
pH:	4,8	Zwavel totaal:	170 mg/kg
Voorvrucht:	zomergerst	Magnesium:	61 mg/kg
Pootdatum	22 april	Mangaan:	4080 µg/kg
Dat. loofdoding	15 september	Borium	niet aantoonbaar
Oogstdatum:	14 oktober 2011	Cu-beschikbaar:	< 20 µg/kg
		Zn-getal:	38

Gegevens betreffende de in 2012 aangelegde veldproef en bodemvoorraad aan nutriënten.

Proefveldgegevens		Bodemvoorraad nutriënten	
Locatie:	Hijken, Drenthe	N-leverend	
		vermogen:	32 mg/kg
Grondsoort:	Dekzand	P beschikbaar:	3,1 mg/kg
Organische stof :	4,4%	K beschikbaar:	87 mg/kg
pH:	5,1	Zwavel totaal:	-- mg/kg ²⁾
Voorvrucht:	Zomergerst ¹⁾	Mg-beschikbaar:	71 mg/kg
Pootdatum:	18 mei 2012	Mn-beschikbaar:	2680 µg/kg
Dat. loofdoding	17 september	Borium:	niet aantoonbaar
Oogstdatum:	19 oktober 2012	Cu-beschikbaar:	< 20 µg/kg
		Zn-getal:	38

¹⁾ na de oogst van zomergerst werd als nateelt bladrammenas ingezaaid

²⁾ niet bepaald

Bijlage 2: Productinformatie

Overzicht van de toegediende nutriënten proef 2011

Overeenkomende gift aan nutriënten per object (kg per ha).

Objecten	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₃	MgO	B	Mn ¹⁾
	Seresta	Festien						
A	240	180	135	151	10,0	6,7	0,99	0,33
B	240	180	135	151	28,8	-	0,99	0,33
C	240	180	135	151	77,8	30,0	0,99	0,33
D	240	180	135	151	75,0	40,0	0,02	0,33
E	240	180	135	151	10,0	-	0,99	0,33
F	240	180	135	151	75,0	40,0	1,01	0,33
G	240	180	135	151	77,8	30,0	0,25	0,33

1) Mn is over een deel van het proefveld 4 maal toegediend

Hoeveelheid product per object in kg per ha; (TSF = Tripelsuperfosfaat).

Objecten	KAS		TSF	Multi-K Mg	Esta Kieseriet	Sporumix A	Epsotop	Borax	Botrax	EDTA Mn
	Seresta	Festien								
										5,0
A	728	509	300	335						5,0
B	728	509	300	335			58,8			5,0
C	728	509	300	335	98		58,8		9,0	5,0
D	728	509	300	335	130	28,6				5,0
E	728	509	300	335				9,0		5,0
F	728	509	300	335	130	28,6		9,0		5,0
G	728	509	300	335	98		58,8		2,3	5,0

Overzicht van de toegediende nutriënten proef 2012 per object

Overeenkomende gift aan nutriënten per object (kg per ha).

Objecten	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₃	MgO	B	Mn
	Dartiest	Festien						
A ¹⁾	150	180	90	145	85	27,2		0,33
B ¹⁾	150	180	90	145	85	27,2		0,33 ²⁾
C ¹⁾	150	180	90	145	85	27,2		
D	150	180	90	145	85	27,2	1,100	0,33
E	150	180	90	145	85	27,2	1,100	0,33 ²⁾
F	150	180	90	145	85	27,2	1,100	
G	150	180	90	145	85	27,2		0,33
H	150	180	90	145	85	27,2		0,33 ²⁾
J	150	180	90	145	85	27,2		

1) Door een ommissie bij de uitvoering van de proef werd op alle objecten kieseriet gegeven, met als gevolg dat de objecten G, H en J identiek zijn aan de objecten A, B en C.

2) Na het sluiten van het gewas zonodig 1 tot 3 maal 1 liter Mn EDTA.

Hoeveelheid product per object in kg per ha; (TSF = Tripelsuperfosfaat).

Objecten	KAS		Multi-K Mg	TSF	patentkali	Esta Kieseriet	Borax
	Dartiest	Festien					
A	450	561	238	200	150	30	
B	450	561	238	200	150	30	
C	450	561	238	200	150	30	
D	450	561	238	200	150	30	10 ltr.
E	450	561	238	200	150	30	10 ltr.
F	450	561	238	200	150	30	10 ltr.
G	450	561	238	200	150	30	
H	450	561	238	200	150	30	
J	450	561	238	200	150	30	

Product informatie en jaar van gebruik.

Product	Gehalten nutriënten	
Kas	Kalkammonsalpeter 27 % N, minerale meststof	2011/2012
Tripelsuperfosfaat	45 % P ₂ O ₅ en 2-5 % SO ₃ , minerale korrelmeststof	2011/2012
Multi-K Mg	13 % N, 26% K ₂ O en 4% MgO, minerale korrelmeststof	2011/2012
Patentkali	30 % K ₂ O, 42 % SO ₃ en 10 % MgO	2012
<i>Mn EDTA</i>	<i>6 % Mn, vloeibare bladmeststof, geleverd door AkzoNobel</i>	<i>2011/2012</i>
Esta Kieseriet	25 % MgO en 50 % SO ₃ , bodemmeststof	2011/2012
Sporumix A	25 % Mg, 0,07 B %, 0,05 % Co en 1,2 % Cu, bodemmeststof	2011
Epso top	Magnesiumsulfaat , 16% MgO en 32% SO ₃ , bladmeststof	2011
Borax	11 % B, bodemmeststof	2011/2012
Bortrac 150	11 % B, bladmeststof	2011

Bijlage 3: Gewasontwikkeling

Gewasontwikkeling 2011 Seresta en Festien (gemiddelde van 4 herhalingen)

Object ¹⁾	Opkomst 10 mei		Stand 23 juni		Stand 11 juli		Stand 12 augustus		Afrijping 6 september	
	Ser	Fes	Ser	Fes	Ser	Fes	Ser	Fes	Ser	Fes
Ras										
A geen B en geen S	6,5	5,1	7,8	7,5	8,6	8,4	5,3	7,0	3,0	5,6
B $\frac{1}{2}$ + $\frac{1}{2}$ B en $\frac{1}{4}$ S	7,3	6,1	8,0	7,5	8,6	8,1	4,6	7,0	2,5	5,8
C B en $\frac{3}{4}$ + $\frac{1}{4}$ S	6,0	5,4	7,3	7,5	8,6	8,0	4,8	7,3	2,8	5,9
D geen B en wel S	5,9	5,0	7,3	8,0	8,6	8,4	5,1	7,1	3,0	6,3
E wel B en geen S	7,1	5,4	7,5	7,8	8,1	8,3	5,0	7,4	2,3	5,9
F B en S	6,0	5,0	7,5	8,0	8,5	8,6	5,0	7,3	2,5	6,0
G $\frac{3}{4}$ + $\frac{1}{4}$ S en	6,3	4,9	7,8	7,8	8,4	8,0	4,9	7,0	2,3	6,1
$\frac{1}{4}$B										
Gemiddeld	6,4	5,3	7,7	7,6	8,5	8,3	4,9	7,1	2,6	5,9
+Mn							4,9	7,1	2,9	5,6
- Mn							5,0	7,2	2,4	6,3
LSD (P<0.05) object		ns		ns		ns		ns		ns
LSD (P<0.05) ras		0,5		ns		0,2		0,2		0,4
LSD (P<0.05) Mn								ns		ns
Vc		15,0		7,2		5,0		4,7		16,5
F. prob. object		0,064		0,825		0,417		0,141		0,775
F. prob. ras		<0,001		0,342		0,036		<0,01		<0,01
F. prob. object*ras		0,898		0,333		0,488		0,167		0,694
F. prob. Mn								0,248		0,575
F. prob. Mn*ras								0,698		0,168
F. prob. Mn*ras*object								0,32		0,685

1) De vetgedrukte dosering is toegediend als bladmeststof

Gewasontwikkeling 2012 Festien en Dartiest (gemiddelde van 4 of 8 herhalingen)

Object ¹⁾	Stand 18 juni		stand 11 juli		Stand 29 juli	
	Festien	Dartiest	Festien	Dartiest	Festien	Dartiest
Ras						
A geen B en geen S Mn1	7,8	7,1	9,0	8,9	7,9	8,1
B geen B en geen S Mn2	7,9	7,1	9,0	8,9	8,1	8,1
C geen B en geen S Mn3	7,8	7,0	9,0	8,9	8,3	8,2
D wel B en S Mn1	8,0	6,8	9,0	8,9	8,5	8,5
E wel B en S Mn2	7,6	6,9	9,0	8,6	7,9	8,0
F wel B en S Mn3	7,8	7,0	9,0	8,6	8,0	8,1
LSD (P<0.05) object		ns		ns		ns
LSD (P<0.05) ras		0.2		0.1		ns
LSD (P<0.05) Mn		ns		ns		ns
Vc		4,4		2,7		6,9
F. prob. Object		0,532		0,544		0,374
F. prob. ras		<0,001		0,005		0,675
F. prob. Object *ras		0,814		0,544		0,991
variant 1 Mn	7.9	7.0	9,0	8,9	8,1	8,3
variant 2 Mn	7.8	7.0	9,0	8,8	8,0	8,0
variant 3 Mn	7.8	7.0	9,0	8,8	8,2	8,2
Gemiddeld	7.8	7.0	9,0	8,8	8,1	8,2
LSD (P<0.05) object		ns		ns		ns
LSD (P<0.05) ras		0.2		0.2		ns
LSD (P<0.05) Mn		ns		ns		ns
Vc		4,4		2,7		6,8
F. prob. Object (Mn)		0,968		0,584		0,706
F. prob. ras		<0,001		0,004		0,672
F. prob. Object (Mn) *ras		0,799		0,584		0,924

Object A, B en C hebben 8 herhalingen en D, E en F hebben 4 herhalingen