



Verhoging van calciumgehalte in zetmeelaardappelen

Perspectief

Kor Zwart & Henk Velvis



Nota 87



Verhoging van calciumgehalte in zetmeel- aardappelen: perspectief

Kor Zwart & Henk Velvis

Plant Research International B.V., Wageningen
april 2001

Nota 87

© 2001 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : post@plant.wag-ur.nl
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
Inleiding	3
A. Financiële aspecten als gevolg van rot tijdens teelt en bewaring en slechte kwaliteit pootgoed	5
1. Pootgoedteelt	5
2. Verlies van pootgoed gedurende de bewaring	6
3. Effect van slecht pootgoed op de opbrengst	6
4. Verlies door rot gedurende de bewaring	8
5. Samenvattend	8
B. Literatuuronderzoek naar de betekenis van calcium voor de aardappelteelt	9
Samenvatting	9
1. Inleiding	10
2. Gevolgen van calciumtekort voor gewasgroei en knolopbrengst	10
3. Gevolgen van calciumtekort voor kwaliteit en bewaarbaarheid van knollen	12
4. Biochemische rol van calcium in de aardappelplant	14
5. Opname en transport van calcium in de aardappelplant	15
6. Manieren om het calciumgehalte van knollen te verhogen	17
7. Conclusies voor de zetmeelteelt	17
8. Literatuur	17
C. Evaluatie van de experimentele resultaten	21
1. Resultaten 1998 en 1999	21
2. Resultaten 2000	22
D. Perspectieven	31
E. Plannen voor 2001	33

Samenvatting

Uit literatuurgegevens en eigen experimentele resultaten blijkt dat het moeilijk is om nauwkeurige voorspellingen te geven van de **directe** effecten van een verhoogd calciumgehalte in de aardappel op de opbrengst. In sommige gevallen worden positieve effecten op de opbrengst gemeld, in andere niet. In onze eigen experimenten vonden we geen effect op de opbrengst.

Er zijn meer aanwijzingen dat calcium een **indirect** effect heeft op de opbrengst door:

- een betere opbrengst van pootgoed door een lager percentage afkeuring als gevolg van rot;
- een betere kwaliteit pootgoed, met minder kans op Fusarium aantasting en daardoor hogere opbrengst;
- een lager bewaarverlies als gevolg van rot.

De totale financiële schade voor de zetmeelaardappelteelt als gevolg van deze drie factoren is moeilijk te schatten, maar ligt tussen de enkele miljoenen en enkele tientallen miljoenen gulden per jaar.

Verhoging van het calciumgehalte kan worden bewerkstelligd door bemesting met calciumhoudende meststoffen, maar de effectiviteit daarvan is laag. Vocht blijkt een belangrijke factor te zijn in de calciumvoorziening van de aardappelknol. Verhoging van het gehalte kan dan ook worden verkregen door de bodem in de rug, ter hoogte van het knolnest, van voldoende vocht te voorzien.

Het meeste perspectief lijkt te zitten in het verbeteren van de pootgoedteelt en ter afronding van het project zijn de plannen voor 2001 daarop afgesteld.

Inleiding

Op verzoek van de begeleidingscommissie zijn de resultaten van het project en de mogelijke perspectieven op een rij gezet.

In dit document zijn weergegeven:

- A. de resultaten van een beperkt onderzoek naar de financiële aspecten
- B. de resultaten van een recente literatuurstudie
- C. de experimentele resultaten

Op grond daarvan is:

- D. het perspectief voor verder onderzoek geschetst en
- E. een planning voor 2001 gemaakt.

A. Financiële aspecten als gevolg van rot tijdens teelt en bewaring en slechte kwaliteit pootgoed

Uit de resultaten tot dusver komt naar voren dat het calciumgehalte in zetmeelaardappels een rol speelt bij de start van het gewas (kieming, aantasting door *Fusarium*) en eventueel bij de bewaring van zowel pootgoed als hoofdteelt (*Erwinia*, *Fusarium*).

Om die reden is nagegaan wat gemiddeld gesproken de financiële gevolgen zijn van ziekte in pootgoed, effecten van slechte kwaliteit pootgoed op de opbrengst en van verliezen tijdens de bewaring. Door de beperkte tijd is dit op beperkte schaal uitgevoerd.

1. Pootgoedteelt

Algemeen

Elk jaar wordt pootgoed gekeurd op de aanwezigheid van zieke planten. Percelen met een te groot aantal zieke planten worden afgekeurd voor de handel. Het totaal oppervlak gekeurd en afgekeurd pootgoed (inclusief consumptierassen) over een aantal jaren is weergegeven in Tabel 1. Gemiddeld wordt ruim 4% van het totale areaal afgekeurd.

Tabel 1. *Areaal gekeurd en afgekeurd pootgoed (cijfers Nederlandse Federatie van handelaren in Pootgoed, NFP).*

Jaar	Gekeurd ha	Goedgekeurd ha	Afgekeurd ha	Opbrengst kg/ha	Opbrengstderving (mln) ¹⁾
1985	34750	33680	1070	26745	22,9
1986	35413	33324	2089	26136	43,7
1987	35385	33793	1592	28138	35,8
1988	32454	31383	1071	23478	20,1
1989	33976	32413	1563	24910	31,1
1990	35547	34018	1529	27500	33,6
1991	38493	37300	1193	29450	28,1
1992	41171	36148	5023	25482	102,4
1993	37865	36502	1363	26220	28,6
1994	37152	35517	1635	27624	36,1
1995	37742	36610	1132	28637	25,9
1996	37916	37461	455	26576	9,7
1997	39326	38541	785	26576	16,8
Gemiddeld	36489	34846	1643	26756	34,8

¹⁾ op basis van een pootgoedprijs van f 80 per 100 kg

Zetmeelrassen

Voor een aantal zetmeelrassen staan de gegevens van een aantal jaren in Tabel 2 (cijfers NAK)

Het percentage dat jaarlijks wordt afgekeurd is gemiddeld 11.3 %, maar varieert sterk tussen jaren en rassen. De reden van afkeuring is niet gespecificeerd, maar wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door rot, aantasting door virussen en Rhizoctonia.

Financiële schade

De prijs van pootgoed is afhankelijk van o.a. de klasse en sortering en verloopt gedurende het jaar, zodat moeilijk een gemiddelde prijs is vast te stellen. Het grootste deel van het gekeurde areaal heeft betrekking op de klassen E, A, en C. De gemiddelde prijs voor de klassen A en C ligt tussen de 60 en 90 gulden.

Gemiddeld werd er vanaf 1992 per jaar ruim 173 ha pootgoed per jaar afgekeurd. Uitgaande van een gemiddelde opbrengst van 27 ton per ha, een prijs van pootgoed van 80 gulden per 100 kg en een prijs voor het afgekeurde pootgoed van 12,5 gulden per 100 kg, bedraagt de netto schade ca 3.2 miljoen gulden per jaar.

Ongeveer 30% hiervan wordt veroorzaakt door rot, met een waarde van ca 1 mln. gulden.

TBM pootgoed mag niet worden verhandeld, zodat een dergelijke berekening voor TBM pootgoed niet kan worden gemaakt. In de saldoberekening voor een zetmeelaardappelteler staat pootgoed echter met een bedrag van f 35,- per 100 kg op de balans. Ongeveer 10% (ca 6000 ha) van het totale areaal is nodig voor de pootgoedteelt. Indien ook hiervan 10% zou worden afgekeurd (NAK criteria), bedraagt de verliespost ruim 3.5 miljoen gulden per jaar

2. Verlies van pootgoed gedurende de bewaring

Er zijn geen kwantitatieve gegevens van het verlies van pootgoed als gevolg van rot gedurende de bewaring. De afgelopen jaren is het echter regelmatig voorgekomen dat ook in NAK gekeurd pootgoed aangetaste aardappelen voorkwamen. De financiële gevolgen daarvan liggen bij de handelaar, indien de aantasting wordt geconstateerd voordat de zakken door de teler zijn geopend. Veelal openbaren de problemen zich echter pas na het poten en in dat geval zijn de gevolgen niet te verhalen op de handelaar. In het ernstigste geval moet de teler nieuw pootgoed aanschaffen en anders komt het tot uiting in een lagere opkomst en / of een slechte ontwikkeling.

Van TBM pootgoed zijn eveneens geen cijfers bekend over verlies gedurende de bewaring.

3. Effect van slecht pootgoed op de opbrengst

In 1998 is het verband vastgesteld tussen opkomst en ontwikkeling en de opbrengst door het percentage lege plantplaatsen en in ontwikkeling achtergebleven te registreren op 29 percelen. In dat jaar waren er gemiddeld 25% lege plantplaatsen en achtergebleven planten. Het ging hier in bijna alle gevallen om pootgoed dat niet door de NAK was gekeurd.

Elke 10% lege plantplaatsen ging gepaard met een opbrengstderving van 4%. Bij een prijs van zetmeelaardappelen van f 12.50 per 100 kg en een opbrengst van 45 ton per ha betekent een opbrengstderving van 4% een financiële schade van f 225,- per ha ofwel f 13.5 mln. voor het zetmeelareaal van 60000 ha. Modelberekeningen over 40 verschillende jaren laten iets dergelijks zien wanneer de slechte opkomst wordt nagebootst door de opkomstdatum te vertragen. Een opkomst vertraging van 10 dagen resulteert in een gemiddelde opbrengstderving van 5.2%.

Tabel 2. *Areaal pootgoed en afgekeurd areaal van een aantal zetmeelrassen (NAK).*

Jaar	Ras	Gekeurd ha	Afgekeurd ha	% afgekeurd
1992	Astarte	343,71	50,66	14,7
	Elkana	671,74	79,23	11,8
	Elles	233,03	70,68	30,3
	Karakter			
	Kardal	125,61	47,01	37,4
	Karida	193,87	22,17	11,4
	Karnico	263,14	109,3	41,5
	Seresta			
1993	Astarte	378,49	37,41	9,9
	Elkana	760,22	30,82	4,1
	Elles	200,01	15,21	7,6
	Karakter	19,19	0	0
	Kardal	91,97	9,93	10,8
	Karida	165,04	7,83	4,7
	Karnico	190,1	5,53	2,9
	Seresta	2,95	0	0
1996	Astarte			
	Elkana	625,82	33,65	5,4
	Elles	104,97	4,55	4,3
	Karakter	66,03	0	0
	Kardal	176,79	4,32	2,4
	Karida			
	Karnico	213,98	10,13	4,7
	Seresta	23,94	0	0
1997	Astarte	81,84	3,9	4,8
	Elkana	618,01	69,4	11,2
	Elles	116,95	0,52	0,4
	Karakter	97,62	0,1	0,1
	Kardal	205,41	14,96	7,3
	Karida	57,96	2,26	3,9
	Karnico	204,75	20,77	10,1
	Seresta	71,53	0,08	0,1
1998	Astarte	47,83	16,36	34,2
	Elkana	480,36	114,03	23,7
	Elles	89,24	22,57	25,3
	Karakter	116,75	36,64	31,4
	Kardal	222,92	46,69	20,9
	Karida	39,14	7,99	20,4
	Karnico	275,31	85,42	31
	Seresta	4,09	0	0
1999	Astarte	54,92	8,5	15,5
	Elkana	372,34	54,89	14,7
	Elles	59,17	3,8	6,4
	Karakter	109,8	11,87	10,8
	Kardal	159,94	15,88	9,9
	Karida	44,22	11,9	26,9
	Karnico	274,71	12,35	4,5
	Seresta	269,26	1,93	0,7
2000	Astarte	49,05	4,62	9,4
	Elkana	296,47	35,4	11,9
	Elles	32,46	2,75	8,5
	Karakter	117,28	18,96	16,2
	Kardal	97,9	6,8	6,9
	Karida	16,74	0,17	1
	Karnico	290,02	32,94	11,4
	Seresta	282,83	10,03	3,5
Gemiddeld				11,3

4. Verlies door rot gedurende de bewaring

Het verlies van opbrengst gedurende de bewaring is niet goed kwantitatief onderzocht. Men krijgt een indruk door het aantal vrachten dat eerder moet worden geleverd als gevolg van aantasting door rot. Dit aantal bedraagt gemiddeld ca 400 per jaar en vertegenwoordigd ca 1% van de aanvoer. Verder wordt 1-3% van de aanvoer gekort op de premie of geweigerd als gevolg van een te grote hoeveelheid zieke of rotte knollen. De totale financiële schade die hiermee gemoeid is bedraagt enkele miljoenen guldens (Jans Klok, pers. mededeling).

5. Samenvattend

De totale schade als gevolg van afgekeurd pootgoed, opbrengstderving als gevolg van slecht opgekomen planten en verlies door rot gedurende de bewaring kan dus niet precies worden gegeven, maar zal liggen tussen enkele miljoenen en enkele tientallen miljoenen guldens per jaar.

B. Literatuuronderzoek naar de betekenis van calcium voor de aardappelteelt

Samenvatting

Calcium is een essentieel element bij o.m. de groei van de spruit, de inductie van de knolvorming en de weerstand tegen pathogene organismen. Bij dit laatste is m.n. de rol van calcium als structurelement in celmembranen van belang, maar ook de regulerende rol bij de vorming van phytoalexinen.

Tekorten aan calcium kunnen zich m.n. voordoen in de knol. Dit is een gevolg van het slechte neerwaartse transport via het phloem. Calcium wordt vooral via het xyleem getransporteerd naar de meest transpirerende delen. Ter compensatie kunnen knollen vrij gemakkelijk rechtstreeks calcium opnemen uit hun directe omgeving.

Een tekort in de knol kan verschillende gevolgen hebben:

- a. Calcium kan een beperkende factor zijn bij de knolontwikkeling, met als gevolg een lagere opbrengst. Effecten van calciumbemesting op de opbrengst zijn wisselend. Soms worden opbrengstverhogingen van zo'n 10% gehaald. Dat is dan vaak op gronden met een van nature laag calciumgehalte. Over het algemeen lijkt het calciumgehalte niet beperkend voor de opbrengst. Extra calcium heeft dan geen verhogend effect meer.
- b. Calciumgebrek in de knol kan leiden tot fysiologische gebrekverschijnselen en tot een lagere weerstand tegen knolziekten veroorzaakt door bacteriën en schimmels. Goed geplaatste calciumbemesting verhoogt veelal het calciumgehalte van de knol en vermindert in veel gevallen de gebreksymptomen. Vaak wordt ook de weerstand tegen knolziekten (*Erwinia*, *Fusarium*) verhoogd. Naast calcium zijn er echter vele andere factoren die de vatbaarheid van knollen bepalen. Als gevolg daarvan zijn de effecten van een hoger calciumgehalte op de infectie door bacteriën en schimmels vaak niet consistent. Het is moeilijk om een cijfer te geven voor de potentiële verbetering die door verhoging van het calciumgehalte van de knol mogelijk is. Onder ideale omstandigheden is voor *Erwinia*-aantasting een reductie bereikt van 40 á 50%, voor *Fusarium* is er één voorbeeld van 70% reductie.
- c. Een te laag calciumgehalte in de pootaardappel kan leiden tot slechtere kieming (kortere kiem, sub-apicale necrose, meervoudige vertakking van de kiem). Proeven die hiermee zijn gedaan zijn hebben steeds betrekking op aardappels die in het donker gekiemd zijn zonder grond. Behandeling van kiemen met een calciumoplossing voorkomt deze verschijnselen. Over de gevolgen van slechte kieming door calciumgebrek voor de eindopbrengst zijn geen literatuurgegevens gevonden. Waarschijnlijk wordt het tekort bij een voldoende hoog calciumgehalte in de grond vrij snel gecompenseerd door rechtstreekse opname door de spruit zelf of via de nieuwgevormde worteltjes.
Manieren om knollen met een hoger calciumgehalte te krijgen zijn: calciumbemesting in de knolomgeving, remming van de transpiratie, irrigatie, en veredeling.

1. Inleiding

In deze notitie wordt een overzicht gegeven van de literatuur rond calcium en aardappel.

Eerst wordt gekeken naar de effecten van calcium (of een tekort daaraan) op de gewasontwikkeling en de opbrengst. Vervolgens naar de relatie tussen het calciumgehalte van aardappelknollen en bewaarziekten. Daarna wordt de biochemische rol van calcium en de opname en het transport van calcium binnen de plant besproken. Een aantal mogelijkheden tot verhoging van het calciumgehalte in aardappelknollen wordt op een rij gezet. En tot slot worden wat algemene conclusies getrokken die voor het onderzoek in de zetmeelteelt van belang zijn.

Voor een algemeen overzicht van de relatie tussen calcium en ziekten in aardappel zij verwezen naar Turkensteen en Mulder (1996) en Velvis (1998).

2. Gevolgen van calciumtekort voor gewasgroei en knolopbrengst

Calcium is evenals andere nutriënten een essentieel element voor de groei van het gewas. Problemen t.g.v. calciumgebrek kunnen zich voordoen zowel in een het eerste stadium bij de ondergrondse kieming van de pootaardappel als later tijdens de ontwikkeling van het gewas en van de nieuwe knollen. Uiteindelijk kan zich dit vertalen in een lagere eindopbrengst.

Een tekort aan calcium in de pootaardappel kan calciumgebrek in de jonge kiemen veroorzaken, zich uitend in een slechtere groei en mogelijk zelfs bruinverkleuring en afsterving van het weefsel vlak onder de top (subapicale necrose), met als gevolg een slechtere opkomst van het gewas in het voorjaar (Mulder & Turkensteen, 1997). Een slecht kiemende aardappel is bovendien kwetsbaarder voor aantasting van een bodembewonende pathogeen als *Rhizoctonia solani*. Het tekort aan calcium kan worden opgeheven door opname uit de directe omgeving van de groeiende kiem, hetzij via de epidermis hetzij via het zich ontwikkelende wortelstelsel. In hoofdstuk 4 zal nader worden ingegaan op het mechanisme van opname en transport van calcium in aardappel.

Opkomstproblemen zullen zich dus m.n. voordoen wanneer het tekort aan calcium in de kiem niet snel genoeg gecompenseerd wordt door opname uit de grond. Over de effecten van door calciumgebrek veroorzaakte opkomstproblemen op de uiteindelijke knolopbrengst zijn geen literatuurgegevens gevonden.

Tekorten in het bovengrondse gewas worden weinig aangetroffen. Zelfs in een grond met een laag calcium gehalte van minder dan 350 mg/kg deed zich geen tekort aan calcium voor in de toppen van de planten (Simmons et al., 1988). Ook in eigen onderzoek is voor het zetmeelgebied nergens een tekort in de bovengrondse plantdelen (bladsteeltjes + bladeren) geconstateerd.

Voor de knolontwikkeling is calcium eveneens een essentieel element. In experimenten van Krauss & Marschner (1975) bleek de knolontwikkeling zonder toevoer van calcium uit de directe omgeving compleet te stagneren. In een potexperiment van Olsen et al. (1996), waarbij de potten bemest werden met een Hoagland oplossing met of zonder calcium, lag de knolopbrengst in de potten zonder calciumbemesting 78% (bij knol-initiatie) tot 42% (bij de volwassen knollen) lager dan in de potten mét calciumbemesting. De grond die voor de proef gebruikt werd had zelf een zeer laag calciumgehalte van 0.3 meq Ca per 100 g grond (= 60 mg/kg).

Literatuurgegevens over de invloed van calciumbemesting op knolopbrengst onder praktijkomstandigheden geven een wat wisselend beeld. Uitgaande van modelproeven zoals die uitgevoerd zijn door m.n. Krauss & Marschner en Kratzke & Palta (zie hoofdstuk 4) werd bij veldexperimenten veelal plaatsing van calcium in de knolgroei-omgeving nagestreefd, soms met aanvullende bijmestingen gedurende de groei van het gewas. Een beknopt overzicht:

Simmons & Kelling (1987) vonden in een tweejarig onderzoek geen opbrengstverhoging door een voorjaarsbemesting met gips bij doseringen van 84-588 kg Ca per ha (1984) en van 56-336 kg Ca per ha (1985). Wel een opbrengstverhoging (maximaal 11%) kregen zij wanneer de gipsbemesting werd gecombineerd met een side-dressing met calciumnitraat, toegediend op twee tijdstippen: bij opkomst en bij knolzetting. De proef met side-dressing werd alleen uitgevoerd op een grond met een van nature laag calciumgehalte (< 300 mg/kg). De gipsbemesting had wel invloed op de kwaliteit (US1A grade) en op de sortering van de knollen. Gipsbemesting leverde over het algemeen wat grotere knollen op en meer knollen in de 'prime size' sortering van 170-370 g. Bij gronden met een hoger calciumgehalte (> 500 mg/kg) waren de effecten niet consistent.

Door *Simmons et al. (1988)* werd gedurende drie achtereenvolgende jaren het effect van verschillende calciumbronnen (calciumsulfaat, lime en calciumchloride) en wijzen van toediening (preplant, side dress en broadcast) vergeleken. In twee van de drie jaren had calcium m.n. in de vorm van gips een verhogend effect op de opbrengst (tot maximaal 13%). Ook in deze proeven werd een verbetering van de kwaliteit en de sortering geconstateerd o.i.v. calciumbemesting. De proeven werden uitgevoerd in gronden met een laag calciumgehalte van < 350 mg/kg.

Silva et al. (1991) vonden geen verhoging van de opbrengst na gipsbemesting in een onderzoek over drie jaar. De gipsbemesting werd op verschillende manieren toegediend. De grond had een gehalte aan uitwisselbaar calcium van 538-943 kg per ha.

Sterrett & Henninger (1991) vonden eveneens geen opbrengstverhoging na bemesting met calcium carbonaat of calcium sulfaat in verschillende doseringen op twee grondsoorten met een laag (320 kg/ha) en een hoog (> 1200 kg/ha) calciumgehalte.

Tanfik & Palta (1992) vonden tijdens een tweejarig onderzoek een consistente maar meestal niet significante verhoging van de opbrengst na toediening van calciumnitraat en N-HIB (beide 113 kg Ca/ha) in de rug gedurende de knolvorming. Alleen de behandeling met N-HIB gaf in een van de jaren een significant effect. De proeven werden uitgevoerd in grond met een redelijk hoog calciumgehalte (1200 kg/ha). *Locascio et al. (1992)* vonden slechts in 1 van de 3 jaren een lichte en significante verhoging (tot 6%) van de opbrengst na bemesting met gips. Gips werd op twee manieren toegediend: band en broadcast. Het calciumgehalte van de grond varieerde van 436 tot 860 mg/kg.

Clough (1994) vond tijdens een driejarig onderzoek geen effect van calciumbemesting op de opbrengst of de sortering van drie rassen. Calcium werd toegediend als preplant calciumsulfaat (30 cm brede band op het midden van de rij, daarna ingewerkt in het bed) en als side dressing met calciumnitraat 7 weken na poten. In de discussie schrijft Clough dat hij gezien het vrij hoge calciumgehalte in de grond (5.7 meq/100g = > 1000 ppm) ook geen effect op de opbrengst verwacht had. Hij verwijst daarbij naar het onderzoek van Simmons & Kelling van 1987.

Kleinbenz et al. (1999) vonden in een tweejarig onderzoek met verschillende calciumbronnen en wijzen van toediening geen effect op de opbrengst en de sortering van het ras Atlantic. Het bodemgehalte aan calcium was laag: 350-410 mg/kg.

De conclusie uit deze literatuurgegevens moet zijn dat opbrengstverhoging door calciumbemesting, ook wanneer die wordt toegediend nabij de knolvormingszone, niet gegarandeerd is. De waargenomen positieve effecten op de opbrengst zijn meestal (niet altijd!) bereikt op gronden met een laag calciumgehalte. In de aangehaalde publicaties is wel vrijwel overal sprake van een significante verhoging van het calciumgehalte van de knol en van een verbetering van de kwaliteit, waaronder vermindering van fysiologische gebreksziekten in de knol. Kennelijk is calcium in de meeste gevallen geen beperkende factor voor de knolopbrengst geweest. De calciumgehalten in de grond van de bouwvoor liggen voor het zetmeelgebied in de range van 580-6400 mg/kg (eigen onderzoek 1998-2000). Bij deze gehalten is waarschijnlijk geen opbrengstverhoging door calciumbemesting te verwachten.

3. Gevolgen van calciumtekort voor kwaliteit en bewaarbaarheid van knollen

Een te laag calciumgehalte kan gevolgen hebben voor de kwaliteit en de bewaarbaarheid van de knollen.

Een van die gevolgen voor de kwaliteit is het optreden van fysiologische gebrekverschijnselen zoals interne roestplekken (internal brown spot). Het optreden van interne roest vertoont een negatief verband met het calciumgehalte van de knol, en verhoging van het calciumgehalte leidt over het algemeen tot vermindering van de verschijnselen (Clough, 1994; Collier et al., 1978 en 1980; Kleinhenz et al., 1999; Olsen et al., 1996; Silva et al., 1991; Tawfik & Palta, 1992; Tzeng et al., 1986; Win et al., 1991). Voor de zetmeelteelt lijkt het optreden van interne roestplekken van minder belang.

Calciumgebrek kan verder ook van invloed zijn op de vatbaarheid voor bewaarziekten van de knol, veroorzaakt door bacteriën en schimmels. De belangrijkste daarvan zijn: **natrot**, veroorzaakt door de bacterie *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*; **droogrot**, veroorzaakt door schimmelsoorten van het geslacht *Fusarium*, m.n. *F. solani* var. *coeruleum* en *F. sulphureum*; **gangreen**, veroorzaakt door de schimmel *Phoma exigua* subsp. *foveata*; en verder **rot** als gevolg van de schimmel *Phytophthora infestans*.

In breed opgezette enquête naar de Amerikaanse bewaarpraktijk (Varns et al., 1985) is becijferd dat er gedurende de eerste 3 maanden van de aardappelopslag gemiddeld een verlies optreedt van 1.6-3.8%, waarvan ruwweg eenderde veroorzaakt wordt door bacterie- en schimmelrot. Verliescijfers voor Nederland in het algemeen en voor de zetmeelteelt in het bijzonder zijn in de literatuur niet gevonden.

Natrot (Erwinia)

Vrij veel onderzoek is gedaan naar de invloed van het calciumgehalte van de knol op het optreden van natrot (Erwinia).

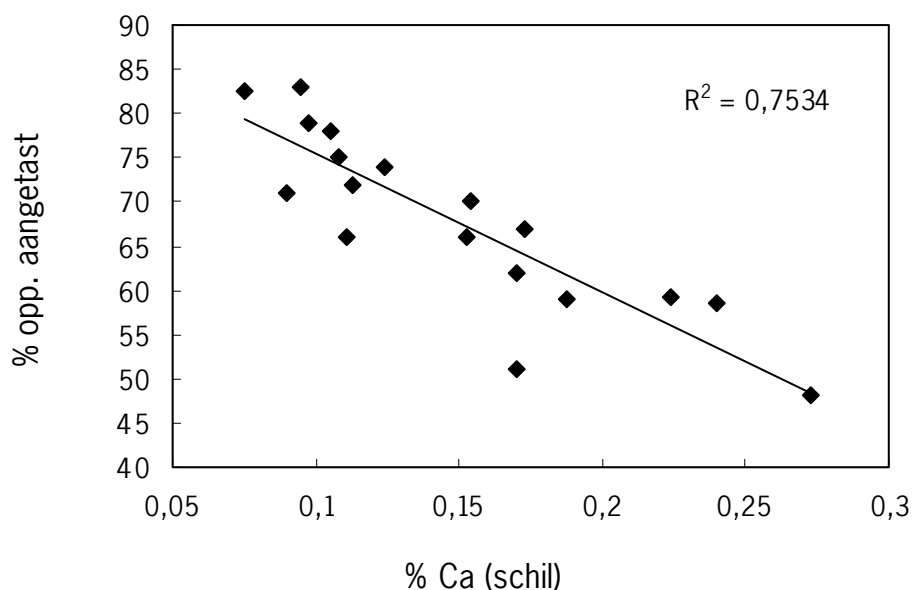
Model hiervoor staan de proeven die door McGuire & Kelman (1984) zijn uitgevoerd. Deze onderzoekers verhoogden het knolgehalte op kunstmatige manier via vacuüm infiltratie met calciumnitraat. De knollen (ras: Superior) werden geïnfecteerd met *Erwinia* en vervolgens geïncubeerd in zogenaamde mist chambers waarin de knollen vochtig werden gehouden. Na 60 uur bij 20 °C werden de knollen beoordeeld. Het percentage aangetast knoloppervlak nam af van 93% bij een calciumgehalte van 0.10% tot 0% bij een calciumgehalte van 0.51% in de schil. Een soortgelijke proef werd gedaan met knollen die in het veld geteeld waren bij verschillende calciumniveaus. Het percentage aangetast knoloppervlak varieerde nu van ca 80% bij een gehalte van 0.06% tot 50% bij een gehalte van 0.28% in de schil (zie Figuur 1, ontleend aan McGuire & Kelman). Bijbehorende gehalten in het knolvlies varieerden van 0.011-0.062% (= 110-620 mg/kg).

In vervolg op deze proeven werden verschillende aardappelrassen (14) door Tzeng, McGuire & Kelman (1990) bekeken op hun gevoeligheid voor *Erwinia*, in relatie tot het calciumgehalte. Het bleek dat niet calcium alleen, maar eerder het calciumgehalte in combinatie met het droge stofgehalte samenhang met de vatbaarheid.

Bartz et al. (1992) vonden in onderzoek over een periode van drie jaar een wisselend effect van calciumbemesting (CaSO_4) op de resistentie tegen *Erwinia* van de nateelt.

Hun conclusie is dat andere factoren zoals de hoeveelheid neerslag en ras de effectiviteit van calciumbemesting op de weerstand tegen *Erwinia* sterk kunnen beïnvloeden.

Cother & Cullis (1992) vonden in veldexperimenten met verschillende calcium-bemestingen geen correlatie tussen het calciumgehalte in de periderm en de aantasting door *Erwinia* (chrysanthemi).



Figuur 1. Percentage knoloppervlak aangetast door *Erwinia* in relatie tot het calciumgehalte in de schil (McGuire & Kelman, 1984).

Tawfik & Palta (1992) vonden wel een significante reductie van de natrot aantasting bij een hoger calciumgehalte in de knollen. De knollen waren geteeld bij verschillende calciumbemestingen.

Bain et al. (1996) onderzochten het effect van calciumbemesting (gips) op de vatbaarheid van de aardappelplant voor aantasting door *Erwinia* gedurende het hele traject van moederknol tot dochterknol. De afbraak van geïnfecteerde moederknollen en eveneens het optreden van zwartbenigheid aan de stengel werden in de gipsveldjes significant vertraagd. Later was het effect niet meer merkbaar. De dochterknollen hadden een hoger calciumgehalte en waren resistenter tegen *Erwinia*. Het effect was echter niet consistent.

Mehta et al. (1997) vonden een lichte negatieve correlatie tussen het calciumgehalte in de schil en de mate van aantasting door rot (hoofdzakelijk natrot) in een bewaarproef met 10 verschillende (typisch Indiase) aardappelrassen en 8 aardappelhybriden. Bij nadere bestudering van hun gegevens bleek de relatie echter vooral door één extreme uitkomst bepaald te worden. Zonder deze uitkomst was er van een effect van calcium weinig meer over ($p = 0.726$).

Geconcludeerd mag worden dat de effecten van verhoging van het calciumgehalte in knollen op de weerstand tegen *Erwinia* niet eenduidig zijn. Onder sterk geconditioneerde omstandigheden worden duidelijk positieve effecten gemeten, maar met in het veld geteeld materiaal zijn de resultaten nogal wisselend. Veelal is het een combinatie van factoren (klimatologisch, rasafhankelijk) die het effect bepalen. Dit bevestigt de conclusie van Lyon (1989) in een overzichtsartikel over de biochemische achtergrond van de resistentie van aardappel tegen *Erwinia*, namelijk dat bij het proces van infectie door *Erwinia* een groot aantal mechanismen betrokken is. Calcium is daar slechts één van, als structurelement in de celwand. Bovendien is de rol van calcium in het celmetabolisme zelf al behoorlijk complex. In bepaalde concentraties kan calcium, als co-factor, bij voorbeeld de activiteit van bepaalde celwand afbrekende enzymen zelfs stimuleren.

Droogrot (*Fusarium*) en gangreen (*Phoma*)

Er is vrij weinig literatuur over het effect van calcium op rot veroorzaakt door schimmels.

Langerfeld (1973) heeft de vatbaarheid voor *Fusarium solani* subsp. *coeruleum* getest van aardappelknollen (ras: Isola), geteeld op veldjes die gedurende 9 jaar bemest waren met bepaalde combinaties van meststoffen (NK, NP, PK, Ca, NPK en NPK in combinaties met Ca, Mg, Mn, B of Cu). De knollen werden na infectie met *Fusarium* gedurende 7 weken bewaard. De aantastingsindex van knollen van grond met alleen calcium (kalk) lag 72% lager lag dan die van knollen van onbemeste grond. N, P en K in verschillende combinaties hadden ook een reducerend effect (32-53 % t.o.v. niet bemest), maar combinaties van NPK met Ca, Mg, Mn, B of Cu waren effectiever (reductie 37-65% t.o.v. NPK alleen). De gehalten van de knollen zijn niet bepaald.

Olsson (1988a en 1988b) vond weinig effect van een hoger calciumgehalte op de knolweerstand tegen *Phoma exigua* en *Fusarium solani*. Magnesium had meer effect, en dan m.n. op de resistentie tegen *Phoma*. Verschillen in resistentie tussen diverse rassen konden echter niet verklaard worden uit een verschil in magnesium- of calciumgehalte. Het effect van een hoger magnesiumgehalte was bovendien niet consistent, soms leken andere (klimatologische) omstandigheden waaronder de knollen geteeld werden meer bepalend voor de vatbaarheid.

Ook t.a.v. de resistentie tegen schimmels lijkt op basis van deze schaarse literatuurgegevens de (voorzichtige) conclusie gewettigd dat calcium weliswaar een verhoging van de weerstand teweeg kan brengen, maar dat andere factoren dat effect kunnen overschaduwen of teniet doen. Naast calcium kunnen ook andere elementen die de structuur van celwanden versterken de weerstand tegen schimmelinfectie vergroten.

4. Biochemische rol van calcium in de aardappelplant

Calcium vervult een aantal essentiële functies in de aardappelplant die belangrijk zijn bij de groei van de spruit, bij de knolvorming en bij de weerstand tegen ziekten. Een paar van deze functies worden hier besproken.

Calcium en de groei van de spruit.

Een tekort aan calcium kan leiden tot een slechte ontwikkeling van de spruit met name door verstoring van de celstrekking. Een ernstig tekort kan zelfs leiden tot afsterving van het weefsel vlak onder de top, een verschijnsel dat bekend is onder de naam sub-apicale necrose (Dyson & Digby, 1975 a en b). Hetzelfde verschijnsel kan optreden bij stolonen (Krauss & Marschner, 1971b). Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door desintegratie van de plasmalemma (Hecht-Buchholz, 1979) waarin calcium een belangrijk structurelement is.

Calcium als structurelement in celmembranen

Pectines vormen een belangrijk component van celmembranen. Pectine is een polymeer van galacturonzuur waarbij het merendeel van de vrije carboxylgroepen geësterificeerd is met methylgroepen. Meestal komt pectine in zowel geësterificeerde als niet-geësterificeerde vorm (pectaat) voor. Bij de laatste kan Ca als 2-waardig ion twee polygalacturonaten via hun vrije carboxylgroepen aan elkaar verbinden (Ca-brug). Op die manier ontstaat een stevige structuur die minder toegankelijk is voor pectolytische enzymen. Ca-pectaat is een belangrijke component van de middenlamellen van celwanden. Deze structuurfunctie van calcium bepaalt mede de weerstand tegen b.v. knolziekten. Wanneer aardappel-

knollen werden geïnfiltrerd met cultuurfiltraten van *Erwinia*, die de pectolytische enzymen polygalacturonase en pectaat lyase bevatten, was de weefselaantasting minder bij hoger Ca-gehalte (McGuire & Kelman, 1986). Dit onderstreept dat Ca betrokken is bij een hogere weerstand van celwanden tegen pectine lyserende enzymen van *Erwinia*.

Calcium en phytoalexinen

Een andere manier waarop calcium in kan grijpen op een verhoogde ziekteverstand tegen is via de biosynthese van phytoalexinen. Phytoalexinen zijn antimicrobiële stoffen die normaal niet in de plant aanwezig zijn, maar die gevormd worden als reactie op infectie door pathogenen. In de solanaceae zijn het m.n. de terpenoïde phytoalexinen, zoals rishitine, lubimine en phytuberine, die een rol spelen. De rol van zgn. phytoalexinen is vooral door het onderzoek aan geïnduceerde resistentie tegen *Phytophthora* aan het licht gekomen (Kuc et al., 1976). Infectie door een pathogeen organisme brengt een aantal reacties teweeg die leiden tot accumulatie van phytoalexinen, een reeks die je als volgt in schema kunt brengen: signaal (elicitatie) → cellulaire receptor → signaal transductie systeem → metabolisch respons systeem (Smith, 1996). Ca^{2+} wordt genoemd (en aangetoond) als één van de regulerende factoren in het responsproces dat leidt tot accumulatie van phytoalexinen (Smith, 1996; Zook et al., 1987). Ook na infectie door *Erwinia* treedt er vorming van phytoalexinen op in zowel knollen als andere plantdelen (Abenthum et al., 1995; Hildenbrand & Ninnemann, 1994; Lyon, 1972; Roeber, 1989).

Calcium en inductie van knolvorming

Knolvorming wordt o.m. geïnduceerd door plantehormonen (Krauss, 1985). Aangetoond is dat calcium een rol speelt bij de activiteit van deze hormonen (Balami et al., 1986; Elliot, 1986).

5. Opname en transport van calcium in de aardappelplant

Het interne transport van calcium binnen de plant vindt met name plaats via het xyleem met de waterstroom mee naar de meest transpirerende delen van de plant, de bladeren (Marschner, 1995; Wiersum, 1966). De mate waarin calcium zich in deze richting verplaatst is overigens niet alleen afhankelijk van de snelheid van de waterstroom, maar ook van het aantal vrije 'binding-sites' ofwel ion-uitwisselingsplaatsen (celwand R-COO⁻) dat het onderweg tegenkomt. Het is een eigenschap van calcium dat het zich makkelijk in uitwisselbare vorm bindt aan celwanden en plasmamembranen. De remobilisatie van calcium via het phloem naar andere delen van de plant is uitermate slecht, in tegenstelling tot dat van veel andere elementen.

Bij aardappel ligt het Ca-gehalte van de knol over het algemeen dan ook veel lager dan in het blad (Walworth & Muniz, 1993).

De Ca-voorziening van de aardappelknollen vindt plaats hetzij (a) via de beperkte transpiratiestroom vanuit het hoofdwortelstelsel naar deze plantdelen, hetzij (b) door translocatie van het xyleem naar het phloem (Nelson, 1991), hetzij (c) door directe opname vanuit de externe knolomgeving.

Aangetoond is dat verlaging van de bladtranspiratie leidt tot hogere Ca-gehalten in de knol (Win et al., 1991). In het hier aangehaalde onderzoek werden aardappelplanten (cv Atlantic) in het veld tijdens een periode met behoorlijke water stress besproeid met een transpiratierevend middel. Het calciumgehalte in eind oogstknollen van de behandelde veldjes lag 64-109% hoger dan in die van de controle.

Naar analogie daarvan, leidde verhoging van de knoltranspiratie in ander onderzoek eveneens tot een hoger calciumtransport naar de knol (Krauss & Marschner, 1973; Wiersum, 1966).

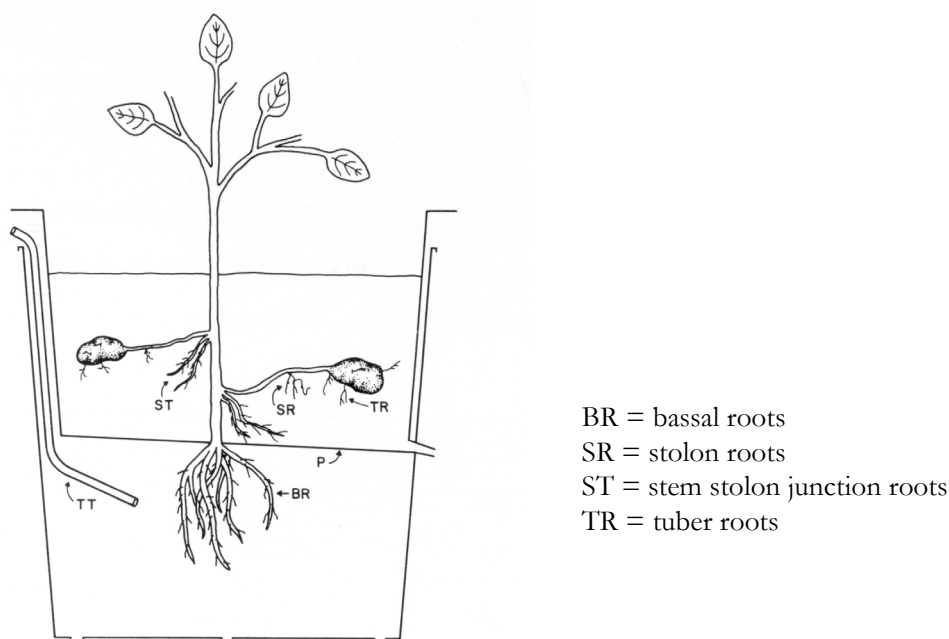
Uit meerdere onderzoeken is gebleken dat vooral opname uit de directe externe omgeving van de zich ontwikkelende knollen van belang is voor een goede calciumvoorziening van de knol. Daarbij kan het gaan om rechtstreekse opname door de knol zelf (Krauss & Marschner, 1971a en 1975) of door opname via zogenaamde stolon- of knolworteltjes (Kratzke & Palta, 1985; Struckmeyer & Palta, 1986). Het betreft veelal onderzoek dat onder in-vitro omstandigheden is uitgevoerd. Een aantal resultaten wordt hier kort weergegeven.

Zowel ondergrondse spruiten als stolonen en knollen blijken vrij makkelijk rechtstreeks calcium te kunnen opnemen via de epidermis. Zo kon necrose van de toppen van stolonen en van in het donker kiemende spruiten als gevolg van calciumgebrek worden voorkomen door ze direct te behandelen met een calcium-oplossing (Krauss & Marschner, 1971b, Dyson & Digby, 1975 a en b). In experimenten met watercultures waarbij de stolonen en knollen ruimtelijk gescheiden werden van de wortels, bleek de knolvoorziening met calcium vrijwel uitsluitend aangewezen op exogeen aanbod (Krauss & Marschner, 1975). De knollen, die groeiden in zogenaamde 'knolkamers' met een luchtvochtigheid van 80-90%, bleken zich alleen goed te ontwikkelen als ze behandeld werden met een CaSO_4 -oplossing.

Hiermee vergelijkbare experimenten werden uitgevoerd door Kratzke & Palta (1986). Deze onderzoekers kweekten aardappelplanten in een 'divided-pot system', waarbij de hoofd-wortels zich ontwikkelden in het onderste en de stolonen en knollen in het bovenste compartiment (zie Figuur 2).

De potten ontvingen als bemesting een Hoagland oplossing met daarin als basisgift voor de hele plant 100 mg/l Ca in de vorm van CaCl_2 . Een extra hoge bemesting met calcium (3000 mg/ml) in het onderste compartiment leidde niet tot een hoger knolgehalte aan calcium. Dezelfde bemesting in het bovenste compartiment gaf evenwel een verdrievoudiging van het knolgehalte: van 0.09 naar 0.27% in de schil en van 0.05 naar 0.18% in het knolvlees. De conclusie was dat de calciumvoorziening van de knollen m.n. plaatsvindt door opname vanuit de directe omgeving en niet via het hoofdwortelstelsel. De opname kon daarbij plaatsvinden via de stolon- en knol-worteltjes.

of door directe opname door de stolonen en knollen zelf. Er zijn aanwijzingen dat het merendeel van de calcium via de stolonworteltjes en de stolonen de knol binnenkomt (Davies & Millard, 1985).



Figuur 2. Divided-pot systeem van Kratzke & Palta (Figuur overgenomen uit Kratzke & Palta, 1986).

6. Manieren om het calciumgehalte van knollen te verhogen

In de voorgaande hoofdstukken is al een aantal mogelijkheden om het calciumgehalte van aardappelknollen te verhogen aan de orde geweest. In dit hoofdstuk worden deze nog eens op een rij gezet, met nog wat aanvullende gegevens. Verhoging middels vacuüminfiltratie wordt hierbij buiten beschouwing gelaten omdat dat voor de praktijk moeilijk uitvoerbaar is.

- a. *Calciumbemesting* Een methode die in de praktijk veelal succesvol was om het calciumgehalte in de knol te verhogen was een bemesting met calcium in de directe omgeving van de knolontwikkeling.
- b. *Remming van de transpiratie* Door bespoeien van het gewas met een transpiratierevend middel kon de opname van calcium door de knol aanzienlijk worden verhoogd. Een nadelig effect van transpiratierevinders kan zijn een lagere opbrengst.
- c. *Irrigatie* Uit de literatuur zijn geen gegevens bekend over stimulatie van de knolopname door irrigatie. Uit eigen onderzoek is inmiddels bekend (zie begeleidende rapportage) dat irrigatie, zeker onder droge omstandigheden, kan leiden tot aanmerkelijk hogere calciumgehaltenes.
- d. *Veredeling* Diverse genotypes van het geslacht *Solanum* blijken een hoog gehalte aan calcium in de knol te kunnen accumuleren. Proeven met selectie en inkruising waren veelbelovend voor het ontwikkelen van rassen met een hoog calciumopnemend vermogen (Bamberg et al. 1993 en 1998).

7. Conclusies voor de zetmeelteelt

Uit de gegevens kunnen globaal de volgende conclusies voor de zetmeelteelt worden getrokken:

- a. Het is niet te verwachten dat calciumbemesting van de grond direct zal leiden tot opbrengstverhoging. De bodemgehaltenes in het gebied zijn, in vergelijking met literatuurgegevens, meestal zo hoog (580-6400 mg/kg = ± 1600-17500 kg/ha) dat calcium waarschijnlijk geen beperkende factor is voor de knolontwikkeling.
- b. Goed geplaatste calciumbemesting leidt tot een gemiddeld hoger calciumgehalte van de knollen en een gemiddeld hogere weerstand tegen knolziekten. De bewaarverliezen t.g.v. rot zullen daardoor kleiner worden. Dit is niet gegarandeerd, omdat resistentie van knollen door meer factoren dan alleen calcium bepaald wordt.
- c. Irrigatie leidt onder droge weersomstandigheden eveneens tot een hoger calciumgehalte.
- d. Verhoging van het calciumgehalte in het pootgoed geeft een gemiddeld betere kwaliteit van het pootgoed, door een betere resistentie tegen knolziekten en een betere kiemkracht. De consequenties hiervan voor de eindopbrengst zijn op basis van literatuurgegevens niet te becijferen.

8. Literatuur

Abenthum, K., Hildenbrand, S. & Ninnemann, H., 1995.

Elicitation and accumulation of phytoalexins in stems, stolons and roots of *Erwinia*-infected potato plants. *Physiological-and-Molecular-Plant-Pathology*. 46 (5), 349-359.

Bain, R.A., Millard, P. & Perombelon, M.C.M., 1996.

The resistance of potato plants to *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in relation to their calcium and magnesium content. *Potato Research* 39: 185-193.

Balami, V., Veluthambi, K. & Poovaiah, B.W., 1986.

Effect of calcium on tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Physiol.* 80: 856-858.

Bamberg J, B., Palta, J.P., Peterson, L.A., Martin, M. & Krueger-AR., 1993.

Screening tuber-bearing *Solanum* (potato) germplasm for efficient accumulation of tuber calcium. *Am. Potato J.*, 70: 219-226.

- Bamberg, J.B., Palta, J.P., Peterson, L.A., Martin, M. & Krueger, A.R., 1998.
Fine screening potato (*Solanum*) species germplasm for tuber calcium. *American Journal of Potato Research*, 75: 181-186.
- Bartz, J.A., Locascio, S.J. & Weingartner, D.P., 1992.
Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. II. Effect on the bacterial soft rot potential in the tubers. *Am. Potato J.*, 69: 39-50.
- Clough, G.H., 1994.
Potato tuber yield, mineral concentration, and quality after calcium fertilization. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119(2): 175-179.
- Collier, G.F., Wurr, D.C.E. & Huntington, V.C., 1978.
The effect of calcium nutrition on the incidence of internal rust spot in the potato. *J. Agr. Sci.* 1978, 91: 241-243.
- Collier, G.F., Wurr, D.C.E. & Huntington, V.C., 1980.
The susceptibility of potato varieties to internal rust spot. *J. Agr. Sci.* 1980, 94: 407-410.
- Cothier, E.J. & Cullis, B.R., 1992.
The influence of tuber position on periderm calcium content and its relationship to soft rot susceptibility. *Potato Research* 35: 271-277.
- Davies, H.V. & Millard, P., 1985.
Fractionation of calcium in sprouting and non-sprouting potato tubers. *Annals of Botany* 56: 745-754.
- Dyson, P.W., & Digby, J., 1975a.
Effects of calcium on sprout growth and sub-apical necrosis in Majestic potatoes. *Potato Research*, 18: 290-305.
- Dyson, P.W., & Digby, J., 1975b.
Effects of calcium on sprout growth of ten potato cultivars. *Potato Research*, 18:363-377.
- Elliot, D.C., 1986.
Calcium involvement in plant hormone action. In: A.J. Trewavas (Ed.), *Molecular and cellular aspects of calcium in plant development*. Pp 285-292. Plenum Press, New York.
- Hecht-Buchholz, C., 1979.
Calcium deficiency and plant ultrastructure. *Communications-in-Soil-Science-and-Plant-Analysis*, 10 (1-2): 67-81
- Hildenbrand, S. & Ninnemann, H., 1994.
Kinetics of phytoalexin accumulation in potato tubers of different genotypes infected with *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 44 (5), 335-347.
- Kelman, A., McGuire, R.G. & Tzeng, K.C., 1989.
Reducing the severity of bacterial soft rot by increasing the concentration of calcium in potato tubers. In: Engelhard, A.W. (ed.). *Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro- and microelements*. St. Paul, Minn. (USA). APS Press. 1989. p. 102-123.
- Kleinhenz, M.D., Palta, J.P. Gunter, C.C. & Kelling, K.A., 1999.
Impact of source and timing of calcium and nitrogen applications on 'Atlantic' potato tuber calcium concentrations and internal quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 124(5): 498-506.
- Kratzke, M.G. & Palta, J.P., 1985.
Evidence for the existence of functional roots on potato tubers and stolons: significance in water transport to the tuber. *American-Potato-Journal*. 1985, 62: 5, 227-236
- Kratzke, M.G. & Palta, J.P., 1986.
Calcium accumulation in potato tubers: role of the basal roots. *HortScience*, 21(4): 1022-1024.
- Krauss, A., 1985.
Interaction of nitrogen nutrition, phytohormones and tuberization. In: P.H. Li (Ed.), *Potato physiology*, pp 209-230. Academic Press, New York
- Krauss, A; & Marschner, H., 1971a.
Einfluss eines direkter Ca-Angebotes zu Kartoffelknollen auf Knollenertrag und Ca-Einlagerung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 129: 1-9.

- Krauss, A. & Marschner, H., 1971b.
 Auftreten von Calcium-Mangelnekrosen an Kartoffelstolonen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 129: 89-91.
- Krauss, A., & Marschner, H., 1973. Langstreckentransport von Calcium in Stolonen von Kartoffelpflanzen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 136: 229-240.
- Krauss-A; Marschner-H. 1975.
 Einfluss des Calcium-Angebotes auf Wachstumsrate und Calcium-Gehalt von Kartoffelknollen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 138: 317-326.
- Kuc, J., Currier, W.W. & Shih, M.J., 1976.
 Terpenoid phytoalexins. In: Friend-J and Threlfall (Eds.), *Biochemical aspects of plant-parasite relationships*. Academic Press, London, New York, San Fransisco. Pp. 225-237.
- Langerfeld, E., 1973.
 Einfluss der Nährstoffversorgung des Bodens auf die Anfälligkeit von Kartoffelknollen gegenüber Lagerfäulen, verursacht durch *Fusarium coeruleum* (Lib.) Sacc. *Potato Research* 16: 290-292.
- Locascio, S.J., Bartz, J.A. & Weingartner, D.P., 1992.
 Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. I. Effects on potato yield and tissue Ca and K concentrations. *Am. Potato J.*, 69: 95-104.
- Lyon, G.D., 1972.
 Occurrence of rishitin and phytuberin in potato tubers inoculated with *Erwinia carotovora* var. *atroseptica*. *Physiological-Plant-Pathology*. 2 (4), 411-416.
- Lyon, G.D., 1989.
 The biochemical basis of resistance of potatoes to soft rot *Erwinia* spp. – a review. *Plant Pathology* 38: 313-339.
- Marschner, H., 1995.
 Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, London
- McGuire, R.G. & Kelman, A., 1984.
 Reduced severity of *Erwinia* soft rot in potato tubers with increased calcium content. *Phytopathology* 74: 1250-1256.
- McGuire, R.G. & Kelman, A., 1986.
 Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *Atroseptica*. *Phytopathology* 76: 401-406.
- Mehta, A., Trehan, S.P. & Kaul, H.N., 1997.
 Calcium content in potato tuber in relation to keeping quality. *Agric. Sci. Digest* 17: 165-168.
- Mulder, A, & Turkensteen, L.J., 1997.
 Structurele en tijdelijke tekorten van micro- en macro-elementen bij de zetmeelaardappelteelt in noordoost Nederland. (Overzichtsrapport, ongepubliceerd (?))
- Nelson, D.P., 1991.
 Potato root morphology and nutrient transport to developing tubers. *Dissertation-Abstracts-International.-B,-Sciences-and-Engineering*. 1991, 51: 9, 4140B-4141B; Abstract of Thesis, Washington State University, USA, 1990, 201 pp., available from University Microfilms, Inc.
- Olsen, N.L. Hiller, L.K. & Mikitze, L.J. 1996.
 The dependence of internal brown spot development upon calcium fertility in potato tubers. *Potato Research* 39: 165-178.
- Olsson, K., 1988a.
 Resistance to gangrene (*Phoma exigua* var. *foveata*) and dry rot (*Fusarium solani* var. *coeruleum*) in potato tubers. 1. The influence of pectin-bound magnesium and calcium. *Potato Research* 31: 413-422.
- Olsson, K., 1988b.
 Resistance to gangrene (*Phoma exigua* var. *foveata*) and dry rot (*Fusarium solani* var. *coeruleum*) in potato tubers. 1. Evaluation of genotypic differences in pectin-bound magnesium and calcium for screening purposes. *Potato Research* 31: 423-429.

- Roeber, K.C., 1989.
Investigation of the synthesis of polyphenols and phytoalexins in rot infected potato tubers. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen (BPP)*. 184 (3-4): 277-284.
- Silva, G.H., Chase, R.W., Hammerschmidt, R., Vitosh, M.L. & Kitchen, R.B., 1991.
Irrigation, nitrogen and gypsum effects on specific gravity and internal defects of Atlantic potatoes. *Am. Potato J.*, 68: 751-765.
- Simmons, K.E. & Kelling, K.A., 1987.
Potato responses to calcium application on several soil types. *Am. Potato J.*, 64: 119-136.
- Simmons, K.E., Kelling, K.A., Wolkowski, R.P. & Kelman, A., 1988.
Effect of calcium source and application method on potato yield and cation composition. *Agronomy-Journal*, 80: 13-21.
- Smith, C.J., 1996.
Accumulation of phytoalexins: Defence mechanism and stimulus response system. *New-Phytologist*. Jan. 1996. 132 (1): 1-45
- Sterrett, S.B. & Henninger, M.R., 1991.
Influence of calcium on internal heat necrosis of Atlantic potato. *Am. Potato J.*, 68: 467-477.
- Struckmeyer, B.E. & Palta, J.P., 1986.
Anatomical evidence for the existence of roots on potato tubers and stolons. *American-Potato-Journal*. 1986, 63: 1, 57-60
- Tawfik, A.A. & Palta, J.P. 1992.
Practical means of enhancing tuber calcium content and reducing incidences of soft rot and internal brown spot by application of soluble form of calcium during bulking. *HortScience* 27(6): 665.
- Turkensteen, L.J. & Mulder, A., 1996.
Beschikbaarheid voor het aardappelgewas van macro- en microelementen in relatie tot opbrengst en gevoeligheid voor ziekten. *SIO Onderzoek 1995*. Pp. 235-245.
- Tzeng, K.C., Kelman, A. Simmons, K.E. & Kelling, K.A., 1986.
Relationship of calcium nutrition to internal brown spot of potato tubers and sub-apical necrosis of sprouts. *American-Potato-Journal*. 1986, 63: 87-97.
- Varns, J.L., Schaper, L.A. & Preston, D.A., 1985.
Potato losses during the first three months of storage for processing. *American-Potato-Journal*. 1985, 62: 91-99.
- Velvis, H. 1998.
Literatuurstudie calcium en borium (en andere micronutriënten) in aardappel, toegespitst op de relatie met ziekten en gebreksverschijnselen. *Nota 119, AB-DLO*.
- Walworth, J.L. & Muniz, J.E., 1993.
A compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes. *Am. Potato J.* 70, 579-597.
- Wiersum, L.K., 1966.
Calcium content of fruits and storage tissues in relation to the mode of water supply. *Acta Botanica Neerlandica* 15: 406-418.
- Win, K., Berkowitz, G.A., & Henninger, M., 1991.
Antitranspirant-induced increases in leaf water potential increase tuber calcium and decrease tuber necrosis in water-stressed potato plants. *Plant Physiol.* 96, 116-120.
- Zook, M.N., Rush, J.S. & Kuc, J.A., 1987.
A role for Ca²⁺ in the elicitation of rishitin and lubimin accumulation in potato tuber tissue. *Plant-Physiology*, 84 (2): 520-525

C. Evaluatie van de experimentele resultaten

De resultaten over 1998 en 1999 worden sterk samengevat weergegeven en die van 2000 zijn alleen nog maar mondeling gerapporteerd en worden daarom wat uitvoeriger behandeld.

1. Resultaten 1998 en 1999

A. Ca-gehaltenes

De inventarisatie van het calciumgehalte in het pootgoed, bovengrondse gewasdelen en zetmeelaardappelen liet zien dat in de bovengrondse delen het gehalte ruim binnen het niveau ligt dat in de literatuur als voldoende wordt beschouwd. In het pootgoed werden in 1998 en in 2000 in veel geval-gehaltes gevonden die of vlak boven of onder de waarde lagen die als onvoldoende moet worden aangemerkt. In 1999 was het gehalte in het pootgoed hoog, dat van de eind oogst daarentegen weer laag. De resultaten van de zetmeeloogst van 2000 zijn nog niet binnen.

B. Effect van lage calciumgehaltenes in de aardappel

Er is een verband gevonden tussen het calciumgehalte en de kieming van pootgoed: bij lage calciumgehaltenes worden kiemen aangetast door topnecrose, waardoor ze afsterven. Verder is er een verband aangetoond tussen het calciumgehalte en de gevoeligheid van aardappelen voor de aantasting door *Fusarium solani*: hoe lager het gehalte, hoe groter de kans op *Fusarium* rot. Opvallend is de waarneming dat zowel in 1998 als in 2000 veel *Fusarium* aantasting werd aangetroffen vroeg in de teelt, terwijl dit in 1999 niet het geval was.

C. Effect van lage calciumgehaltenes in de bodem

Bij sommige rassen (met name Karnico) werd een positief verband gevonden tussen het beschikbaar calciumgehalte in de bodem en de opbrengst. Echter, het beschikbaar calciumgehalte is nauw gekoppeld aan het organische stofgehalte van de bodem en het organische stofgehalte beïnvloedt weer de hoeveelheid beschikbaar vocht. Daardoor is het eventuele effect van calcium verweven met een aantal andere effecten.

D. Verhoging van het calciumgehalte met gips

In 1998 resulteerde een gipsbemesting van 2 ton per ha tot een hoger calciumgehalte in de aardappel, maar bleef het niveau nog onvoldoende.

In 1999 werd 2, 6 en 18 ton gips per ha. Bij een volledige menging met de bouwvoor (spitmachine), werd het calciumgehalte verhoogd door het geven van 2 ton gips per ha, maar bleef het gehalte te laag. Hogere giften hadden geen verder effect. Wanneer het gips minder diep werd ondergewerkt (frees), of in een strookbemesting werd gegeven nam het calciumgehalte in de knol nog verder toe bij zowel 2 als 6 ton gips per ha, maar niet bij 18 ton per ha. Bij 6 ton gips werd een calciumgehalte van ca 450 mg per kg bereikt. Dit is in principe voldoende hoog, maar bij giften van 6 ton per ha of hoger staat de extra calciumopname van enkele kg per ha in geen enkele verhouding tot de vele honderden kilo's die worden gegeven.

2. Resultaten 2000

In 2000 zijn verschillende deelonderzoeken uitgevoerd:

- a. Uitpoot van pootgoed van 1999 met verschillende Ca-gehalten
 1. afkomstig van een locatie
 2. afkomstig van telers uit de regio
- b. Verhogen van het Ca-gehalte in pootgoed
 1. onder gecontroleerde omstandigheden in de kas
 2. onder veldcondities

ad a.1.

In 1999 is pootgoed verkregen met een verschillend Ca-gehalte uit de vermeerderingsproef met gipsbemesting in verschillende doseringen. Het Ca-gehalte van dit pootgoed staat vermeld in Tabel 3. Dit materiaal is in viervoud uitgepoot op een locatie op een zandgrond te Rolde.

Tabel 3. *Calciumgehalten in het pootgoed na verschillende gipsdoseringen (Agrobiokon 1999).*

Gipsdosering (ton per ha)	Karakter	Ca-gehalte (mg per kg drogestof)	
		Karnico	Seresta
0	265	340	210
2	465	495	340
6	410	720	350
18	495	630	490

Het doel van de proeven in 2000 was om na te gaan wat het effect was van de verschillende Ca-gehalten in het pootgoed op de opkomst en ontwikkeling van het gewas en op de opbrengst.

Opkomst en ontwikkeling

De opkomst en ontwikkeling is gevolgd door regelmatig de bodembedekking te bepalen met behulp van de cropscan. De resultaten staan vermeld in Figuur 3. Uit Fig. 3 blijkt dat alleen bij Karakter de groei van het materiaal met het laagste Ca-gehalte achterblijft ten opzichte van materiaal met een hoger Ca-gehalte, maar alleen gedurende de eerste fase van de groei. Op het tijdstip van maximale loofontwikkeling is er geen verschil meer. Bij de rassen Karnico en Seresta zijn er geen verschillen.

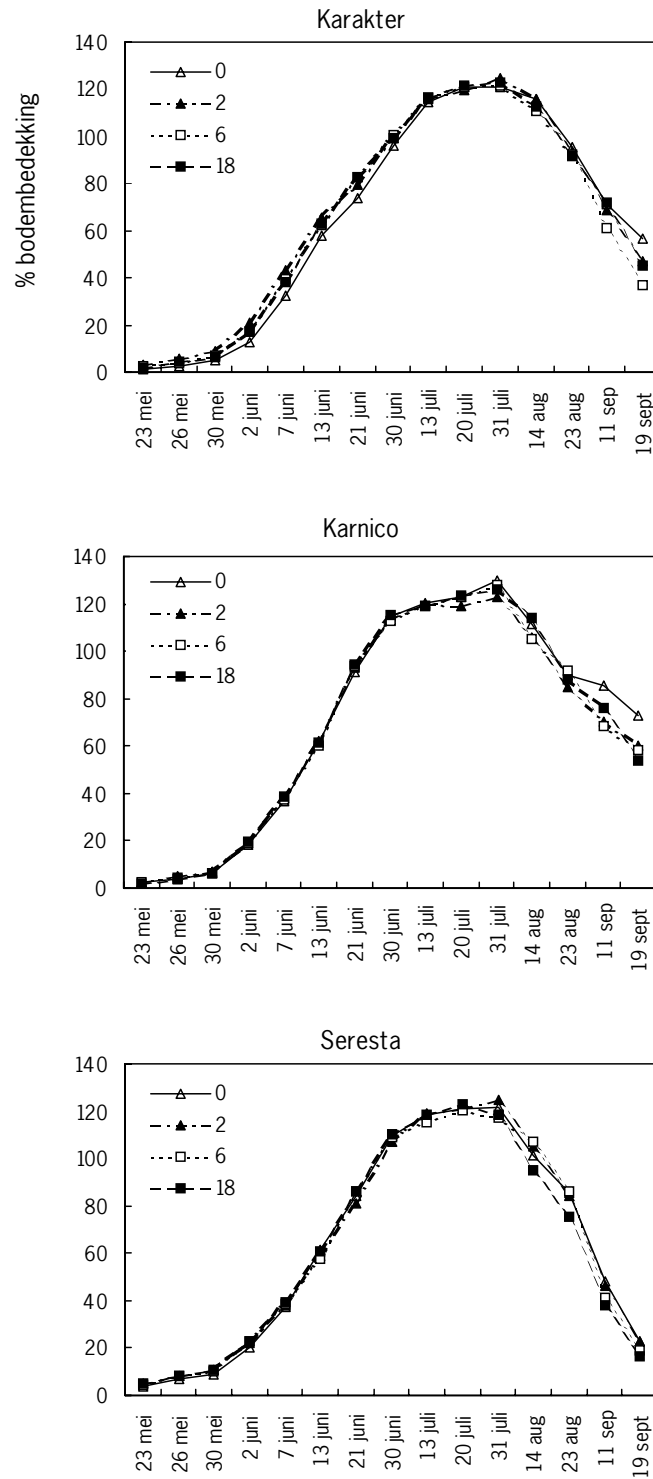
Opbrengst

De opbrengsten staan weergegeven in Tabel 4.

Bij geen van de drie rassen werd een statistisch betrouwbaar verschil in opbrengst (veldgewicht en uitbetalingsgewicht) waargenomen.

ad a2.

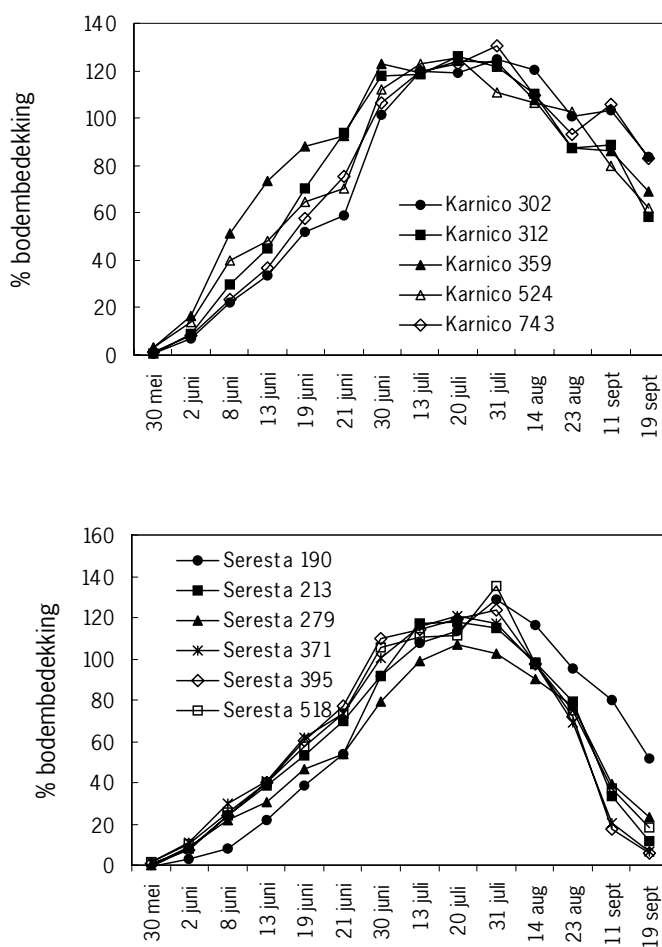
In het vroege voorjaar (eind januari - begin februari) van 2000 is pootgoed van de rassen Karnico en Seresta verzameld bij telers in de regio. Verder is van beide rassen materiaal verkregen van een pootgoedteler op kleigrond. Dit materiaal is chemisch geanalyseerd en op basis van het gehalte aan Ca zijn vijf verschillende partijen geselecteerd met een oplopend gehalte aan Ca. De Ca-gehalten staan vermeld in Tabel 5. Het pootgoed is voorgekiemd (behalve dat wat afkomstig was van de kleigrond). Er waren geen verschillen in het gemiddelde aantal ogen en in het aantal gekiemde ogen.



Figuur 3. Bodembedekking na gebruik van pootgoed met oplopende Ca gehaltenes (Agrobiokon 2000) (Pootgoed geteeld bij gipsdoseringen 0, 2, 6 en 18 ton/ha).

Tabel 4. Opbrengst (ton/ha) van pootgoed met verschillende Ca-gehaltes (mg / kg ds) (Agrobiokon 2000).

Ras	Ca-gehalte	Veldgewicht	Uitbetalingsgewicht
Seresta	210	57,7	79,8
	340	56,9	78,0
	350	57,5	79,6
	490	56,4	76,9
Karakter	265	55,2	69,0
	465	56,4	70,6
	410	56,9	71,0
	495	55,0	68,6
Karnico	340	60,1	77,6
	495	61,2	77,8
	720	60,4	76,6
	630	59,6	74,2



Figuur 4. Bodembedekking pootgoed uit de regio met verschillende Ca-gehaltes (Agrobiokon 2000).

Tabel 5. *Effect van verschillend Ca-gehalte van pootgoed uit de regio op de opbrengst (veldgewicht ton/ha) en relatieve opbrengst (laagste Ca-gehalte per ras = 100) (Agrobiokon 2000).*

Ras	Ca-gehalte	Opbrengst	Relatieve opbrengst %
Karnico	302	50,0	100,0
	312	55,8	111,7
	359	60,8	121,7
	524	58,2	116,3
	743	53,0	106,0
Seresta	190	49,5	100,0
	213	59,7	120,5
	317	56,7	114,5
	359	51,7	104,4
	479	47,2	95,3
	518	58,5	118,2

Opkomst en ontwikkeling

De opkomst en ontwikkeling staan weergegeven in Figuur 4 (cropscaanmetingen). Er is geen duidelijk patroon te herkennen, maar van beide rassen had het materiaal met het laagste Ca-gehalte de laagste bodembedekking, althans gedurende de beginfase van de groei. Verder werd de hoogste bodembedekking geregistreerd bij het materiaal met het hoogste gehalte aan Ca.

Opbrengst

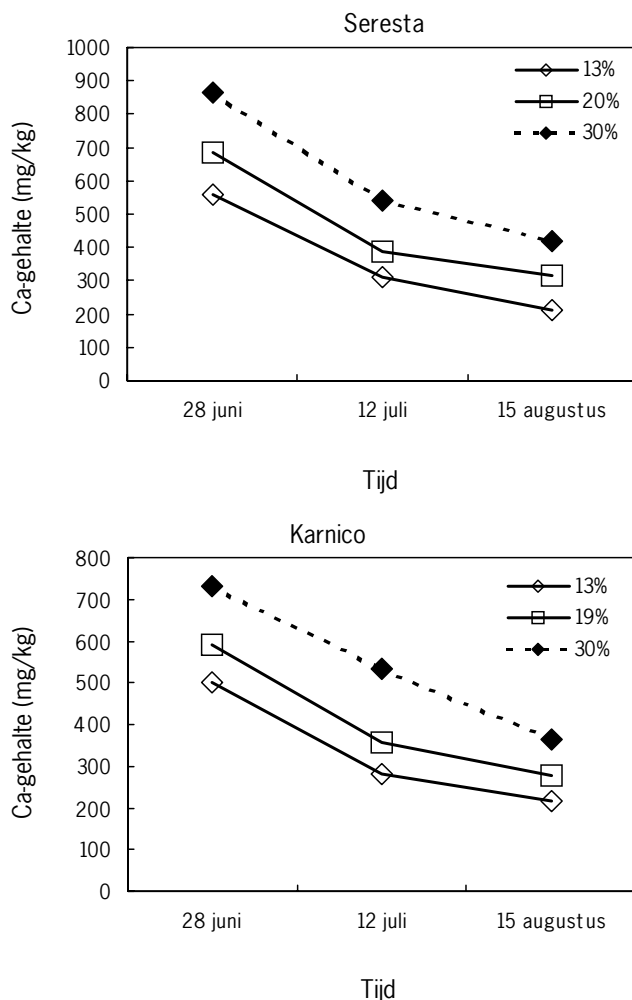
De opbrengst staat vermeld in Tabel 3. Bij Karnico werd de laagste opbrengst gemeten in het materiaal met het laagste Ca-gehalte. Bij hogere Ca-gehaltes nam de opbrengst toe, met een optimum bij 359 mg Ca / kg. Bij Seresta had het materiaal met de een na hoogste Ca-gehalte de laagste opbrengst, gevolgd door dat met het laagste Ca-gehalte. Verder was er geen duidelijk patroon.

Conclusie

Er was geen duidelijk effect van Ca-gehalte op opkomst en ontwikkeling en in de opbrengst bij materiaal dat afkomstig was van een locatie. Bij materiaal afkomstig van telers in de regio, werd bij Karnico weliswaar een effect gevonden en bij Seresta in minder mate, maar dit effect kan ook andere oorzaken hebben dan het Ca-gehalte alleen.

ad 2a

Pootgoed van de rassen Karnico en Seresta is uitgepoot in potten van ca 5 L met zandgrond van de proefboerderij Kooienburg te Rolde. De grond van elke pot was apart bemest met stikstof fosfaat en kali als voor een normale pootgoedteelt voor deze rassen. Een deel van de potten kreeg geen extra calciumbemesting. Verder werd een deel van de potten bemest met Ca-nitraat (20 kg Ca per ha); in deze gevallen werd rekening gehouden met de hoeveel stikstof die met het calciumnitraat werd gegeven. Een ander deel van de potten werd bemest met calciumlignosulfonaat, een organische calciumbron (eveneens 20 kg Ca per ha). Na het potten van een aardappel per pot werden de potten voorzien van water. Daarbij werden drie vochniveaus aangehouden van respectievelijk 13, 20 en 29 volumeprocent vocht. Door de potten regelmatig te wegen en rekening te houden met de groei van de planten, werd dit niveau zo goed mogelijk constant gehouden. Op die manier ontstonden per ras negen

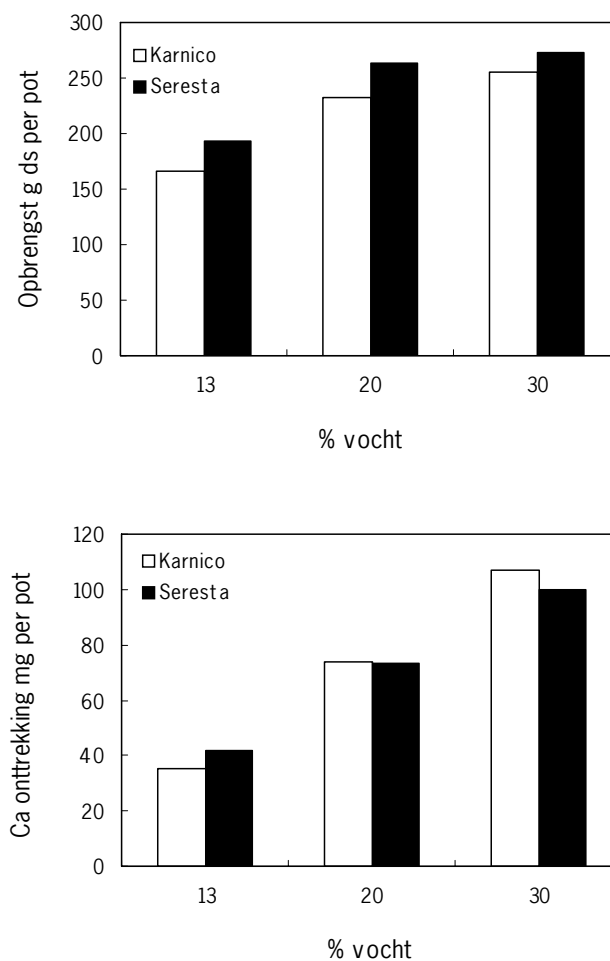


Figuur 5 Verloop Ca-gehalte in aardappelknollen van Karnico en Seresta in een potproef bij verschillende vochnivo's (Agrobiokon 2000)

verschillende combinaties van vocht en calciumbemesting. Elke combinatie is in zesvoud uitgevoerd. Op twee tijdstippen is de proef bemonsterd, vlak na de knolzetting en op het moment dat de planten begonnen af te sterven. De aardappelknollen zijn geanalyseerd en de resultaten staan vermeld in Figuur 5. Het toevoegen van calcium in de vorm van calciumnitraat of calciumlignosulfonaat had geen effect op het calciumgehalte, daarom zijn de resultaten van deze behandelingen samengevoegd. Vocht had een significant verhogend effect ($p < 0.001$) op het Ca-gehalte. In de proeven met het hoogste vochtgehalte was het Ca-gehalte bij beide Karnico ca 2 keer zo hoog en bij Seresta ca 1.5 keer zo hoog als in de droogste variant.

Doordat de opbrengst eveneens verschilde significant ($p < 0.001$) toenam bij oplopend vochtgehalte, was de totale calciumonttrekking zelfs een factor drie hoger bij Karnico bij het hoogste vochtgehalte (Fig. 6). Bij Seresta was dit een factor 2,5 (bemesting met calcium had geen effect op de opbrengst).

De conclusie is dat in de potproeven vocht de belangrijkste factor was om de calciumopname te verklaren; extra bemesting had geen effect.



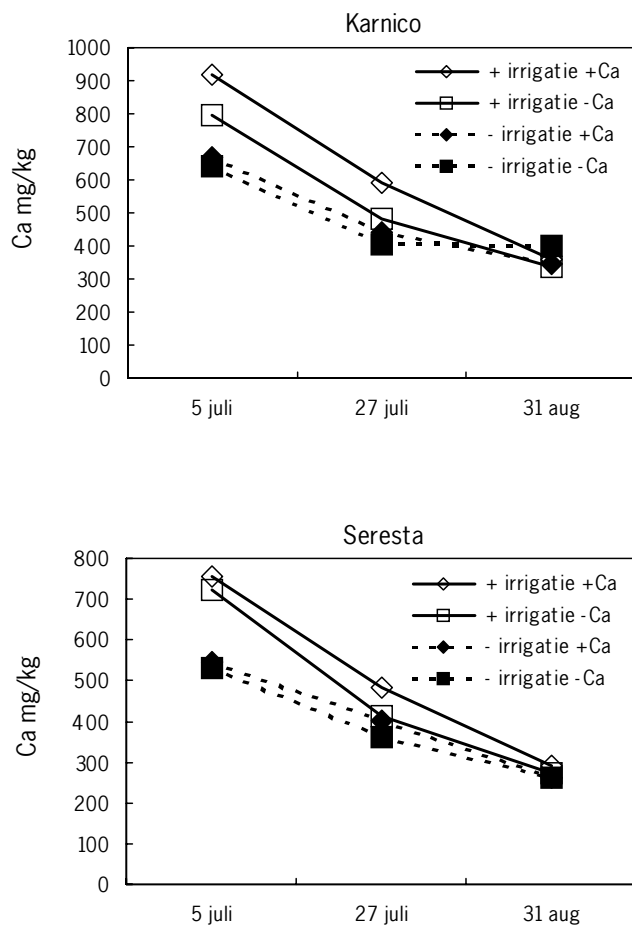
Figuur 6 Opbrengst en calciumonttrekking in een potproef met Karnico en Seresta bij verschillende vochtgehaltes (Agrobiokon 2000).

ad 2b.

Pootgoed van de rassen Karnico en Seresta is uitgepoot op een zandgrond en een dalgrond (van respectievelijk de proefboerderijen Kooienburg en 't Kompas). De helft van de proef kreeg geen extra calciumbemesting, de ander helft werd bemest met calciumlignosulfonaat (20 kg calcium per ha). Alle rijen werden voorzien van een druppelirrigatiesysteem en het was de bedoeling om de helft van elke behandeling onder natuurlijke condities te houden; dit deel zou alleen onder zeer droge omstandigheden van extra vocht worden voorzien. De andere helft is constant vochtig gehouden tot 70-80% van de veldcapaciteit. Door de natte omstandigheden in het groeiseizoen van 2000 is de natuurlijke variant nooit van extra vocht voorzien. De vochtige variant op zandgrond is zeer regelmatig (bijna dagelijks) van extra vocht voorzien (ca 5 mm per keer). Bij de variant op de dalgrond werd de hoeveelheid vocht die aan de bodem werd onttrokken door evapotranspiratie aangevuld. Het vochtgehalte in beide varianten is geregistreerd door middel van thetaprobes die in de aardappelrug waren geplaatst ter hoogte van het knolnest.

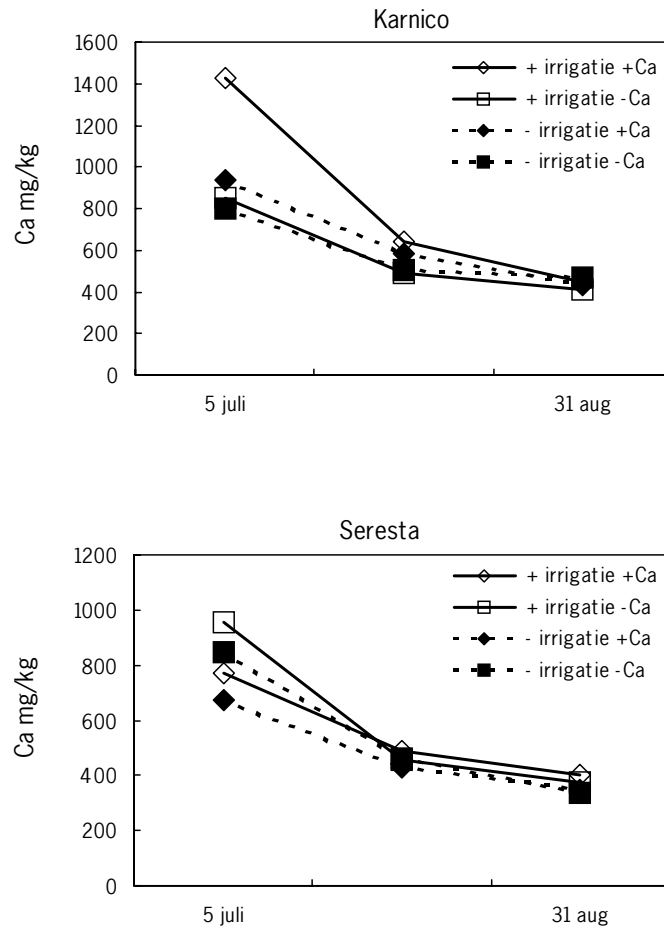
De proef was in drievoud aangelegd. Er is op drie tijdstippen bemonsterd, vlak na knolzetting begin juli, eind juli en eind augustus. Het gewas is in de tweede week van augustus doodgespoten.

Het calciumgehalte van de aardappels staat vermeld in Figuur 7 (zandgrond) en Figuur 8 (dalgrond). Het patroon was op beide gronden vergelijkbaar:



Figuur 7. Effect van vocht en calciumbemesting op het calciumgehalte van Karnico en Seresta op zandgrond (Agrobiokon 2000).

- Vroeg in het seizoen is het calciumgehalte hoog, gedurende het groeiseizoen daalt het.
- Verder is het gehalte bij Karnico hoger dan bij Seresta.
- Bemesting met calciumlignosulfonaat heeft een positief effect bij Karnico (de eerste twee oogsten op zandgrond statistisch significant, overigens niet); het effect bij Seresta is minder duidelijk.
- Irrigatie had een positief effect op het calciumgehalte, behalve bij de laatste oogst (op zandgrond waren de verschillen statistisch significant, op dalgrond niet)



Figuur 8. Effect van vocht en calciumbemesting op het calciumgehalte van Karnico en Seresta op dalgrond (Agrobiokon 2000).

De belangrijkste verschillen zijn de volgende:

- In dalgrond zijn de gehalten hoger dan in zandgrond; de gehalten bij de eind oogst zijn in alle gevallen hoog, behalve bij Seresta op zandgrond.
- In zandgrond is het gehalte in de geïrrigeerde variant altijd hoger dan in de niet geïrrigeerde variant, al daalt het verschil tegen het eind van de groei.

De opbrengsten in de verschillende varianten waren gelijk.

Conclusie

Evenals in de proef in de kas is vocht ook in het veld een belangrijke factor voor de calciumopname in de aardappel. Bemesting met calciumlignosulfonaat kan een positief effect hebben.

De volgende opmerkingen zijn van belang:

- Zoals reeds is vermeld was 2000 een nat jaar, waardoor de verschillen in vochtgehalte tussen wel en niet geïrrigeerd vrij gering zijn ondanks de regelmatige vochttoediening
- Het is niet eenvoudig gebleken om het vochtgehalte op een gelijk niveau te houden; in beide varianten traden grote schommelingen op. Dit heeft o.a. te maken met de dikte van de T-tapes die is gebruikt. Daardoor werd de 5 mm vocht die telkens werd gegeven in zeer korte tijd toegediend. Een langzamere toediening zou een veel gelijkmatiger vochtverloop te zien geven.
- De hoeveelheid extra Ca die is toegediend is vrij laag; veel lager dan er in het verleden met gips werd toegediend. Verhoging door hetzij een eenmalige gift, hetzij door toevoegen via het irrigatiesysteem zou nog betere effecten te zien kunnen geven
- Doordat er vrij laat is gepoot (halverwege mei) is de proef vrij lang voortgezet om voldoende opbrengst te verkrijgen. Op het tijdstip dat normaliter het gewas wordt verwijderd of doodgespoten (eind juli) waren de verschillen in calciumgehalte hoger dan eind augustus.

D. Perspectieven

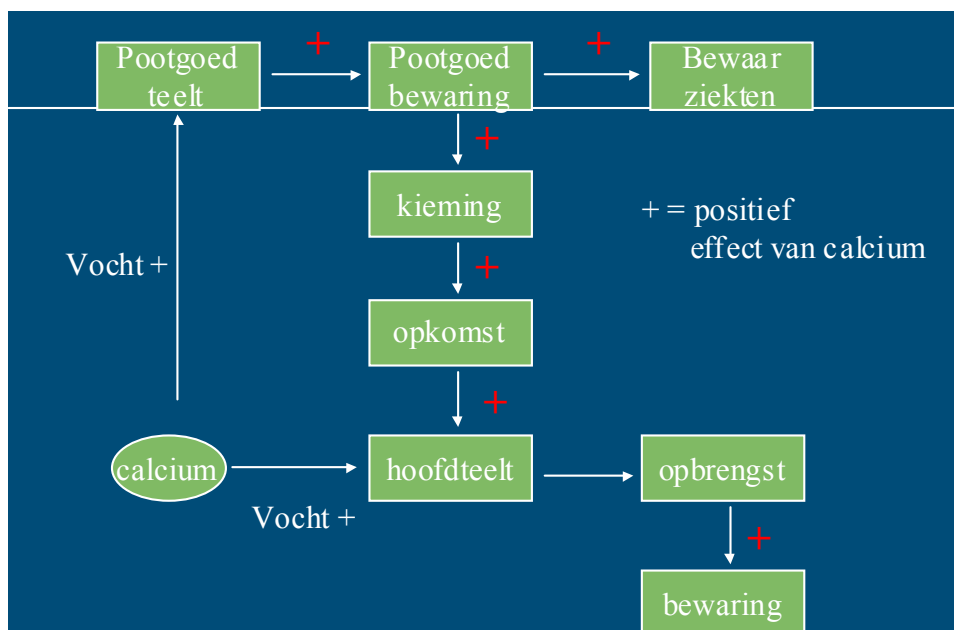
Op grond van de gegevens die nu bekend zijn valt niet te verwachten dat er een direct verband bestaat tussen het calciumgehalte in de aardappel en de opbrengst.

Een indirect effect kan echter niet worden uitgesloten:

- Door een betere bescherming tegen *Fusarium* en *Erwinia*. Hierdoor kan een betere kwaliteit pootgoed worden verkregen en kunnen bewaarverliezen afnemen. Bovendien kan de kwaliteit van de pootgoedteelt worden verbeterd.
- Door een betere bescherming tegen fysiologische veroudering van pootgoed (zie experimentele resultaten van Klaas Wijnholdts). Hierdoor kunnen opbrengstverliezen als gevolg van fysiologische verslechtering van pootgoed worden voorkomen

Om die reden zijn er nog steeds perspectieven voor het verbeteren van pootgoed en de pootgoedteelt door een betere calciumvoorziening.

Omdat uit de resultaten van het huidige project en literatuurgegevens blijkt dat een juiste vochtvoorziening een cruciale factor in de calciumvoorziening van aardappelen is zou het onderzoek daarop gericht dienen te zijn.



Figuur 9. Calcium in de zetmeelketen.

De plaats van calcium in de zetmeelketen is weergegeven in Figuur 9. Met een + teken is aangegeven waar positieve effecten van calcium in de aardappel mogelijk zijn. Tevens is aangegeven dat vocht de sturende factor is voor de calciumvoorziening in de aardappel.

E. Plannen voor 2001

Voor een goede afronding van het project wordt het volgende voorgesteld:

1. De experimenten met een verschillende vochtvoorziening van 2000 worden nog een keer herhaald zodat ze in totaal twee keer zijn uitgevoerd. Daarbij wordt ervoor gezorgd dat onder veldcondities ook zeker droge omstandigheden voorkomen. Verder zal ervoor worden gezorgd dat de vochtvoorziening in het geïrrigeerde deel wat geleidelijker verloopt. Onder gecontroleerde condities zal de proefopzet iets groter worden om een betere schatting van de opbrengst te kunnen maken.
2. Ervan uitgaande dat door deze experimenten materiaal met een verschillend gehalte aan calcium zal worden verkregen, zullen de aardappels worden getest op de gevoeligheid voor aantasting door pathogenen. (Erwinia en Fusarium)
3. Voor de validatie van de resultaten zal elders een proef met pootgoed met en zonder beregening in de periode na knolzetting worden aangelegd. Hiervoor zal gebruik gemaakt worden van de proeven ter validatie van het DSS (deelproject 'Modellen'). Aangezien in de DSS proeven geen Karnico is opgenomen, zal dit deel worden beperkt tot het ras Seresta.
4. Monsters uit het project Precisielandbouw worden geanalyseerd en de relatie met het voorkomen van aantasting door rot (en zetmeelkwaliteit) wordt bepaald. (in samenwerking met TNO en HLB, reeds in uitvoering)
5. Ter completering van de dataset zal bij ca 40 telers in de regio een bodemonster, een pootgoedmonster en een monster van de eind oogst worden geanalyseerd en zal de relatie met de opbrengst worden berekend. (in samenwerking met deelproject 'Modellen')
6. Rapportage van de deelprojecten
7. Eindrapportage