

Roestvlekken in aardappelknollen

Theorie en verslag van een proef in potten in 2006

Kees Bus & Arjan Veerman

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Dit project is uitgevoerd in opdracht van het:



HOOFDPRODUCTSCHAP AKKERBOUW

Postbus 29739
2502 LS Den Haag
Telefoon: (070) 370 87 08
Fax: (070) 370 84 44
Internet: <http://www.hpa.nl>
Email: hpa@hpa.agro.nl

En medegefinancierd door KodA (Kennis op de Akker)

Projectnummer: 3251049900

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	4
1 INLEIDING	6
2 THEORIE	7
3 MATERIAAL EN METHODEN	9
3.1 Proefopzet	9
3.2 Uitvoering	9
4 RESULTATEN	10
5 DISCUSSIE	15
6 CONCLUSIE.....	16
BIJLAGE 1 DETAILS UITVOERING POTTENPROEF.....	17
BIJLAGE 2 LOGBOEK POTTENPROEF	19
BIJLAGE 3: WEERSOMSTANDIGHEDEN.....	20
BIJLAGE 4 LOOF- EN KNOLANALYSES 1 ^E OOGST	21
BIJLAGE 5 KNOLANALYSES 2 ^E EN 3 ^E OOGST.....	22
BIJLAGE 6 GRONDANALYSES	23
BIJLAGE 7 LITERATUUR.....	24

Samenvatting

Roestvlekken vormen bij consumptieaardappelen een probleem waar geen afdoende oplossing voor aan te geven is. Het gaat om bruine vlekken in het knolvlees die de afzet bemoeilijken en waarschijnlijk een fysiologische oorzaak hebben. Daarom is hiernaar in overleg met het landbouwbedrijfsleven een onderzoek gestart. Dit is uitgemond in het doen van een aardappelproef in potten door PPO waarbij calciumgebrek als oorzaak van het verschijnsel, de invloed van de snelheid van verdamping en een tijdelijke groeistilstand gevolgd door een groei-explosie de uitgangspunten waren.

Kort voor de behandelingen hebben de planten een stressperiode ondergaan door ze water te onthouden. De behandelingen bestonden een opdeling in 4 subgroepen waarbij de planten wel of niet in een deels verduisterde kas stonden en wel of niet met een antiverdampingsmiddel behandeld waren. De planten werden niet met calcium bemest.

De planten hebben zich goed ontwikkeld, maar er zijn weinig knollen met roestsymptomen gevormd. Na het laten kiemen van de in oktober geoogste knollen ontstonden deels kiemen met zwarte afgestorven kiempuntjes. Dit is ook een aan een laag calciumgehalte toegeschreven verschijnsel. Ondanks dat in de knollen lage calciumgehalten zijn vastgesteld kon geen duidelijk verband met de verschillende objecten in de proef en een laag calciumgehalte in de knollen worden vastgesteld. Er kon ook geen verband worden vastgesteld tussen de objecten en roestvlekken en zwarte afgestorven kiempuntjes. Dat wil niet zeggen dat een verband tussen roestvlekken en zwarte afgestorven kiempuntjes er niet kan zijn!

Een deel van de planten op 3 juli op pellets naast de kas



Object H2 in de corridor op 17 augustus na 13 dagen geen water geven



Plant op 17 augustus gerooid



1 Inleiding

Elk jaar zijn er diverse meldingen van problemen met bruine vlekken in het knolvlees van consumptieaardappelen die de afzet van partijen moeilijk tot onmogelijk maken. De sector schat de financiële schade op jaarlijks 4 miljoen euro. In 2005 heeft een inventarisatie van praktijkmonsters plaatsgevonden en hieruit bleek dat in een groot deel van deze monsters de vlekken niet toegeschreven konden worden aan virusaantastingen. Aangenomen wordt dat deze vlekken een fysiologische achtergrond hebben. In de praktijk worden de vlekken roestvlekken genoemd. In de Engelstalige literatuur worden de vlekken aangeduid met de term "Internal Brown Spot". Het mechanisme van het ontstaan van roestvlekken is niet bekend. In de literatuur wordt vaak een verband gelegd met calcium. Evenals in andere gewassen, bijvoorbeeld tomaat, kan calciumgebrek in de knol weefselnecrose veroorzaken. In de praktijk heeft men de indruk dat roestvlekken vooral optreden als er sprake is geweest van een tijdelijke groeistilstand ten gevolge van droogte, gevolgd door een groeiexplosie. In de literatuur wordt verondersteld dat het optreden van roestvlekken samenhangt met de snelheid van verdamping van vocht door het gewas, ook in relatie tot de drogestofproductie. Hoe dit proces precies verloopt, is niet bekend. Ook is niet bekend waarom roestvlekken na een droogteperiode soms wel en soms niet optreden. Om meer inzicht te krijgen in het optreden van roestvlekken is het zinvol om een pottenproef uit te voeren waarin zowel de vochtverdamping als de fotosynthese gevarieerd wordt. In de praktijk kunnen na een droogteperiode ook verschillende weersomstandigheden optreden. Zo kan een weersomslag met veel neerslag, maar daarna zonnig weer een ander effect hebben op het ontstaan van roestvlekken dan een weersomslag met veel neerslag die gepaard gaat met dagenlang zwaar bewolkt weer.

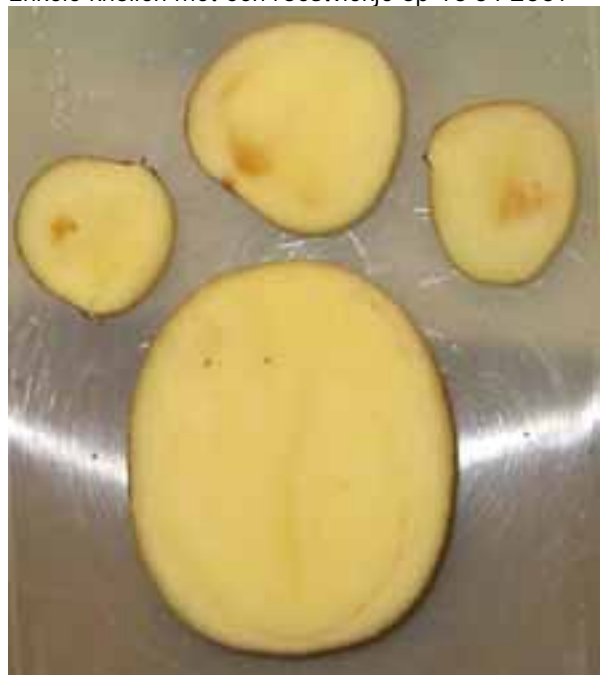
Doelstelling(en) en afbakening:

Inzicht krijgen in het optreden van roestvlekken in aardappelen, waardoor er aanknopingspunten gevonden kunnen worden om in de teelt het optreden van roestvlekken te verminderen. Hiertoe is in 2006 een eerste pottenproef uitgevoerd waarvan hier verslag wordt gedaan.

Te verwachten resultaat:

- Beantwoording van de vraag in hoeverre de mate van gewasverdamping en de hoogte van de fotosynthese na het optreden en opheffen van een droogtestressperiode invloed hebben op het optreden van roestvlekken.
- Aanknopingspunten voor het vinden van teeltmaatregelen om roestvlekken in de praktijk te voorkomen.

Enkele knollen met een roestvlekje op 10-01-2007



2 Theorie

Verondersteld wordt dat roestvlekken optreden in situaties met een groeistilstand gevolgd door een groei-explosie. Daarnaast wordt in de literatuur lokaal calciumgebrek in de knollen als directe oorzaak voor roestvlekken aangewezen.

Calcium is een normaal voorkomend element in de grond. Het wordt met het water door de wortels opgenomen en via de xyleemvaten naar alle delen van de plant getransporteerd. Het meeste komt in die plantendelen terecht die het meeste water verdampen; de bladeren dus (Van Itallie, 1933). Daarom hoopt calcium zich op in stengels en vooral bladeren. In de knollen zijn de gehalten aan calcium veel lager als gevolg van de geringe transpiratie. Busse en Palta (2006) noemen dan ook dat blad en stengels 500-1000 keer meer calcium bevatten dan knollen aan dezelfde plant maar tonen hierbij geen cijfers. Velvis (2001) meldde dat de calciumgehalten in het loof zo'n tien tot vijftig keer hoger zijn dan in de knollen. De knollen zijn onder normale omstandigheden omringd door vochtige grond wat hun waterbehoefte gering doet zijn in vergelijking met bovengrondse delen. Vanuit het blad gaat de assimilatenstroom door het floëem naar de knollen: bedacht moet worden dat deze stroom ook verantwoordelijk is voor een deel van de vochtaanvoer naar de knollen. Met deze assimilatenstroom vindt geen herverdeling van calcium naar de knollen plaats (Busse & Palta, 2006). Volgens Busse en Palta (2006) is maar een beperkt aantal wortels verantwoordelijk voor het transport van calcium naar de knollen. Dit zijn de wortels die aan het stolon van de knol zitten en dan vooral die wortels die dicht bij de knol aan de stolon zitten. Ook vindt volgens hen geen directe opname van betekenis plaats via de periderm van de knol. Zij vonden bij metingen met radioactief gelabeld calcium (^{45}Ca) zes keer zoveel radioactiviteit in het loof als in de knollen wanneer stolonwortels met ^{45}Ca werden gevoed. Dit komt waarschijnlijk door de veel grotere transpiratie van het loof in vergelijking met de knollen. Busse en Palta (2006) concluderen dat als het ter verbetering van de knolkwaliteit nodig is om de calciumconcentratie in de knollen op te voeren dat hun studie dan belangrijke consequenties heeft voor de plaats waarop en het tijdstip wanneer met calcium moet worden bemest. Velvis (2001) adviseerde een goed geplaatste calciumbemesting in de knolwortelzone (het 'knolnest') en het verbeteren van de calciumopname ter plekke. Ozgen et al, 2006, noemen daarnaast nog de soort calciumhoudende meststof. De toevoer van calcium naar de knollen via het floëem is dus uitermate beperkt. De toevoer via het xyleem hangt met de transpiratiestromen in de plant samen. Krauss & Marschner (1974) toonden aan dat als ^{45}Ca aan de stolonoppervlakte werd toegediend tijdens een lichtperiode en de stolon werd geoogst in de volgende donkere periode de ^{45}Ca vooral was verplaatst in de richting van de knol. In tegenstelling hiermee leidde toediening tijdens een donkere periode vooral in verplaatsing van de ^{45}Ca in de richting van het loof. Win et al. (1991) toonden aan dat verlaging van de transpiratie door het blad leidt tot minder calcium in het blad en meer calcium in de knol. Ze gebruikten in het veld in een droge periode een transpiratieremmend middel (Folicote + uitvloeier) om de verdamping door het blad te beperken en daarmee te bevorderen dat een groter gedeelte van het opgenomen water (en calcium) naar de knollen zou gaan. Hierdoor zou het calciumgehalte in de knollen toenemen en minder knolnecrose (roest) optreden. Zij vonden inderdaad dat 50 dagen na een bespuiting met 1300 l van een 4% oplossing met Folicote het gehalte aan calcium in het blad met 63% was afgenomen en het gehalte in de knollen met 72% was toegenomen. Ze vonden ook minder roestvlekken in de knollen. Er was zowel een afname in aantal knollen met roestvlekken als in grootte van de roestvlekken.

Er zijn verschillende proeven gedaan met calciumbemesting, maar dit blijkt niet altijd te werken tegen roestvlekken. Bovendien blijkt calciumbemesting niet altijd het calciumgehalte in de knollen te verhogen. Ozgen et al. (2006) toonden in regelmatig (3 à 4 keer per week) geïrrigeerde veldproeven op zandgrond wel aan dat bemesting met calciumbevattende meststoffen het calciumgehalte in de knollen kon verhogen en de hoeveelheid roest in de knollen verlagen. Ook een gedeelde bemesting met ammoniumnitraat (zonder calcium) leidde overigens tot een hoger calciumgehalte in de knollen en betrouwbaar minder roestvlekken in vergelijking met een bemesting met ammoniumnitraat in één gift. Ze vonden een vrij zwakke correlatie tussen calciumgehalten in de knollen en percentage knollen met roestvlekken en zij suggereren op basis van hun proeven dat toename van het calciumgehalte in de knollen roestvlekken kan beperken.

Velvis & Zwart (2001) noemen als minimumwaarde voor calcium in de droge stof van knollen 280 mg/kg.

Zij noemen hierbij als bron Walworth & Muniz (1993) die als sufficiency-range voor late-season crops een gehalte van 280-570 mg/kg hanteerden.

Velvis & Zwart (2001) deden ook proeven ter verhoging van het calciumgehalte bij zetmeelaardappelen. Zij toonden aan dat een behandeling met 6 ton gips per hectare het calciumgehalte van circa 220 naar 420 mg/kg deed toenemen. Voor de wijze van toediening maakte het hierbij niet uit of een strokenbespuiting of een volveldsbehandeling met gips werd toegepast, als alle gips uiteindelijk maar in de rug terecht kwam. Bij onderspitten van het toegediende gips was het effect op het calciumgehalte minder groot. Zij lieten ook zien dat het vochtgehalte rond de knol in sterke mate de opname van calcium bepaalt. In kasproeven werd onder vochtige omstandigheden, bij een gift van omgerekend 2 ton gips per hectare, door de combinatie van vocht en gipsbemesting een verhoging van het calciumgehalte verkregen van zo'n 80 tot 120%.

Velvis (2001) noemt ook sub-apicale necrose van kiemtoppen en als gevolg daarvan vertakking van de kiemen als gevolg van calciumgebrek in de knollen. Dit is meestal bestudeerd aan knollen zonder grond. Zijn indruk is dat de calciumgehalten in de grond over het algemeen voldoende hoog zijn om dit tekort snel te compenseren. Over de effecten van dit verschijnsel op de knolopbrengst is geen literatuur gevonden.

Hypothese over het waarom van roestvlekken, naar Veerman (2001).

Knollen hebben calcium nodig. Bij een tekort aan calcium ontstaan roestvlekken in het vruchtvlees door het afsterven van cellen. Dit calcium wordt aangevoerd vanuit het bodemvocht via de xyleemvaten. De floëemvaten voeren vooral de droge stof aan in de vorm van sucrose in het floëemvocht en hierin zit nauwelijks calcium. Volgens Win et al. (1991) is bekend dat calcium zich alleen via het xyleem verplaatst. Als overdag veel verdamping plaatsvindt, wordt er door het xyleem water aan de knollen onttrokken dat 's nachts weer door het xyleem wordt aangevoerd (Baker & Moorby, 1969; Krauss & Marschner, 1974; Schnieders et al., 1988). Dit betekent dat veel verdamping er indirect ook voor zorgt dat er relatief veel calcium in de knollen komt. Omgekeerd zal minder verdamping door het gewas de kans op calciumgebrek dus doen toenemen. Minder verdamping zoals voorkomt in een donkere periode. Dit is te simuleren door het gewas te beschaduwen en met een anti-transpiratiemiddel te bedekken.

Calciumgebrek in de knollen zal eerder een probleem zijn als de knollen in verhouding tot de groei weinig vocht verdampen en relatief hard groeien door veel floëemaanvoer waar weinig calcium in zit.

De combinatie van weinig gewasverdamping en relatief snelle knolgroei en weinig beschikbaar calcium moet dus de kans op roestvlekken maximaal doen zijn.

3 Materiaal en methoden

3.1 Proefopzet

De hypothese is dat roestvlekken in aardappelknollen optreden in situaties met een groeistilstand gevolgd door een groeiexplosie. Daarnaast wordt calciumgebrek in de knollen als oorzaak van roestvlekken aangewezen. En calcium wordt vooral slecht naar de knollen getransporteerd als de verdamping van de plant gering is. Om een groeistilstand gevolgd door een groeiexplosie te simuleren is uitgegaan van een proef in potten waarbij de potten droog gezet kunnen worden. Zodra de planten flink slap hangen wordt dan weer volop water gegeven. Omdat niet duidelijk is wanneer de planten het meest gevoelig zijn voor het verschijnsel, en hoe lang dit moet duren, is de proef op twee tijdstippen met 2 weken ertussen ingezet en is de eerste periode gevarieerd; 2 en 4 weken lang. Het eerste tijdstip begint zodra er knollen van 30 mm in diameter zijn. De verdamping is beperkt door op het moment van weer water geven na de droogteperiode de planten te behandelen met Folicote, een antitranspiratiemiddel. Voorts is de verdamping beperkt door de planten in een beschaduwde kas te plaatsen, waarbij tevens de fotosynthese wordt beperkt, zoals op een donkere dag. Bij het bemesten is erop gelet dat er zo weinig mogelijk calcium werd gegeven. Er is vanuit gegaan dat lang niet iedere knol roestvlekken zou gaan vertonen. Daarom is gekozen voor 25 potten per behandeling per oogstdatum, één plant per pot.

Het object dat 4 weken behandeld is (object H12) is een na 14 dagen opnieuw met het antitranspiratiemiddel behandeld. Na de behandelingen zijn de planten weer naar buiten gegaan. Vervolgens zijn direct 4 planten per object geoogst (1^e oogst). De andere potten zijn op twee tijdstippen geoogst met 3 weken tussen beide data; namelijk op 14/15 september (2^e oogst) en 3 /4 oktober (3^e oogst).

Objecten:

3 hoofdobjecten

H1: planten 14 dagen in de kas vroeg, van 1 tot 15 augustus

H12: planten 28 dagen in de kas vroeg, van 1 tot 29 augustus

H2: planten 14 dagen in de kas laat, van 17 tot 31 augustus

per hoofdobject 4 subobjecten

SOA0: kas niet beschaduwen, geen antitranspiratiemiddel (dus maximaal fotosynthese)

SOA1: kas niet beschaduwen, wel antitranspiratiemiddel

S1A0: kas wel beschaduwen, geen antitranspiratiemiddel

S1A1: kas wel beschaduwen, wel antitranspiratiemiddel en

Drie oogstdata: 1^e oogst 4 planten en de 2^e en 3^e oogst per object 23 planten.

Dit heeft geleid tot een proefgrootte van $3 \times 4 \times 2 \times 25 = 600$ potten. Er is gekozen voor het ras Melody omdat van dit ras bekend is dat het gevoelig is voor roestvlekken.

3.2 Uitvoering

De proef is op 9 juni in potten gepoot en zeven keer bemest. Op 1 en 17 augustus is met een antitranspiratiemiddel gespoten en zijn de potten in de wel en niet deels verduisterde kas geplaatst. Er zijn potten geoogst op 17 augustus, 1 september, 14/15 september en 3/4 oktober. De knollen zijn geteld en gewogen en geanalyseerd op roestvlekken en mineralengehaltes, Ook het loof en de potgrond is geanalyseerd. Van de laatste oogst zijn begin januari aantal en gewicht aan knollen met afgestorven (zwarte) kiempuntjes geteld. Voor details zie bijlage 1 en 2.

4 Resultaten

In tabel 1 zijn de resultaten van de eerste, oriënterende, oogst weergegeven.

Tabel 1: De 1^e oogst, gemiddelde van 4 potten per object; bij H1 op 17 augustus en voor H12 en H2 op 1 september. Ca in g/kg ds

Object	kas licht	Folicote			Ca gehalte	
					%ds kn	gr kn/pot
H1S0A0	+	-	15,4	448	0,4	20,1
H1S0A1	+	+	15,7	527	0,4	21,9
H1S1A0	-	-	13,9	470	0,5	20,6
H1S1A1	-	+	14,5	440	0,5	20,8
H12S0A0	+	-	17,6	827	0,3	21,3
H12S0A1	+	+	16,2	655	0,4	24,4
H12S1A0	-	-	13,8	462	0,5	21,5
H12S1A1	-	+	13,8	499	0,5	22,0
H2S0A0	+	-	17,7	870	0,3	24,1
H2S0A1	+	+	16,9	745	0,3	24,8
H2S1A0	-	-	16,1	716	0,4	25,4
H2S1A1	-	+	16,6	759	0,3	23,6
S0gem	+	-	16,6	678	0,3	22,8
S1gem	-	+	14,8	558	0,4	22,3
H1gem			14,9	471	0,5	20,9
H12gem			15,3	611	0,4	22,3
H2gem			16,8	772	0,3	24,5
SOA0gem	+	-	16,9	715	0,3	21,8
SOA1gem	+	+	16,2	642	0,4	23,7
S1A0gem	-	-	14,6	549	0,5	22,5
S1A1gem	-	+	14,9	566	0,4	22,1

In tabel 1 is te zien dat het verse gewicht aan knollen in grammen (gr kn/pot) op 1 september flink hoger was dan op 17 augustus (H1gem t.o.v. H12gem en H2gem). Dit verschil is significant. Ook was het bij object H2 gemiddeld hoger (niet significant) dan bij H12. Object H12 heeft 2 weken langer in de kas gestaan dan H1 en H2 en gemiddeld minder licht gehad (Er werd deels beschaduwd en er is niet bijbelicht). Vooral bij H12 hebben de objecten die in de donkere kas hebben gestaan duidelijk minder geproduceerd dan de beide andere objecten (vergelijk H12S1A0 en H12S1A1 met de andere H12 en H2-objecten). Het gemiddeld verse knolgewicht van de lichte kas (S0gem) was ruim 20% hoger dan dat van de donkere kas (S1gem). Bij vergelijking van het verse knolgewicht van H1S1 (gemiddelde van H1S1A0 en H1S1A1) en H12S1 (gemiddelde van H12S1A0 en H12S1A1) in de donkere kas blijkt dat er nauwelijks groei is geweest in de periode van 17 augustus tot 1 september (van 455 → 481 gram/pot). Gemiddeld waren de droge stofgehalten in de knol bij object H12 en H2 significant hoger dan bij H1. Het effect van Folicote op de verse knolproductie en op de droge stofgehalten (vergelijk SOA1 ↔ SOA0 en S1A1 ↔ S1A0) was niet duidelijk. Door Folicote zou de verdamping minder zijn en daardoor minder transport van calcium naar het loof en meer naar de knollen. Dit blijkt niet uit de gemiddelde cijfers. Het calciumgehalte in het loof was bij SOA1gem (lichte kas en Folicote) zelfs significant hoger dan bij SOA0gem (lichte kas, zonder Folicote). Hier is geen verklaring voor. Het calciumgehalte in het loof op 1 september gemiddeld significant hoger dan op 17 augustus. De knollen hebben daarentegen juist een iets hoger calciumgehalte op 17 augustus. Beide zijn normaal. In loof is het calciumgehalte na het loofmaximum het hoogst en in knollen zijn de calciumgehalten in jonge knollen het hoogst.

Knolsymptomen bij deze eerste oogst: Alleen in één misvormd knolletje van object H1S0A0 leek een

roestvlek voor te komen. Bij doorsnijden van H12 en H2 zijn geen roestvlekken waargenomen. Na deze eerste oriënterende oogst is op 14 en 15 september de eerste helft en op 3 en 4 oktober de tweede helft van de potten geoogst. De belangrijkste resultaten hiervan staan in tabel 2, 3 en 4.

Tabel 2: **De resultaten van de 2^e oogst op 14/15 september (23 potten per object) en de 3^e oogst op 3/4 oktober (4 potten zijn direct beoordeeld en 19 potten op 7 januari 2007). *¹ totaal aantal knollen met roestsymptomen per object**
***² aantal knollen per pot met zwarte kiempuntjes, *³ gewicht aan knollen per pot in grammen met zwarte kiempuntjes**

object	2e oogst 15-09-06 aan 23 potten			3e oogst op 04-10-06 aan 4 potten			3e oogst op 07-01-07 aan 19 potten				
	gr/pot	aantal kn/pot	aantal kn met sympt. * ¹	gr/pot	aantal kn/pot	ds	gr/pot	aantal kn/pot	Aantal kn /pot met zp * ²	gr/pot kn met zp * ³	aantal kn met sympt. * ¹
H1SOAO	1008	16,8	0	1031	18,3	20,0	955	15,2	2,3	198	0
H1SOA1	936	16,3	0	1029	18,8	19,1	964	16,3	2,2	193	0
H1S1AO	851	19,2	0	993	18,0	20,6	771	15,7	1,1	79	0
H1S1A1	852	17,6	0	958	17,3	19,6	844	15,9	1,1	69	0
H12SOAO	927	15,8	0	923	17,5	19,8	1034	19,1	5,4	484	2
H12SOA1	825	15,8	0	915	20,0	17,3	820	15,0	2,7	253	0
H12S1AO	666	17,0	2	782	15,3	18,1	718	18,5	3,8	219	0
H12S1A1	604	15,7	0	761	16,5	18,0	622	15,7	2,3	145	1
H2SOAO	911	18,5	1	1012	16,3	19,1	892	15,6	1,8	168	0
H2SOA1	942	16,6	0	1059	16,0	17,5	860	14,6	2,0	199	0
H2S1AO	864	16,5	0	911	15,3	17,5	832	17,2	4,8	364	0
H2S1A1	789	15,6	0	864	17,3	17,9	762	13,2	1,9	168	1
S0gem	925	16,6	0,2	995	17,8	18,8	921	16,0	2,7	249	0,3
S1gem	771	16,9	0,3	878	16,6	18,6	758	16,1	2,5	174	0,3
H1gem	911	17,5	0,0	1003	18,1	19,8	883	15,8	1,6	134	0,0
H12gem	756	16,1	0,5	845	17,3	18,3	799	17,1	3,5	275	0,8
H2gem	877	16,8	0,3	961	16,2	18,0	836	15,2	2,6	225	0,3
SOA0gem	949	17,0	0,3	988	17,3	19,7	960	16,7	3,1	283	0,7
SOA1gem	901	16,2	0,0	1001	18,3	18,0	881	15,3	2,3	215	0,0
S1A0gem	794	17,6	0,7	895	16,2	18,7	774	17,2	3,2	221	0,0
S1A1gem	748	16,3	0,0	861	17,0	18,5	743	15,0	1,7	127	0,7

Evenals bij de eerste proefoogst, blijven ook bij de tweede en derde oogst de kilogramopbrengsten van de objecten die in de donkere kas hebben gestaan achter; S1gem t.o.v. S0gem. Het totale aantal knollen per pot is er niet door beïnvloed. Follicote lijkt de totale knolopbrengst en het aantal knollen per pot iets gedrukt te hebben; vergelijk object SOA0gem met SOA1gem en S1A0gem met S1A1gem. Deze verschillen zijn niet significant. Wel was de kilogramopbrengst per pot bij H12gem significant lager dan bij H1gem (756 t.o.v. 911 gram).

Knolsymptomen: In totaal werden van de oogst van 14/15 september op de 288 potten maar 3 knollen met een bruin vlekje in het knolvlees waargenomen. De twee duidelijkste hiervan, en de rest van de knollen van diezelfde pot, zijn op een aantal gehalten geanalyseerd. Ook is één mengmonster geanalyseerd. Het resultaat staat in tabel 3.

Tussen 15 september en 4 oktober nam het knolgewicht per pot nog duidelijk toe. Dat het op 7 januari weer lager was is niet verwonderlijk. Knollen nemen in gewicht af tijdens de bewaring en bovendien waren deze wat extra gewicht kwijtgeraakt door de warme bewaring en daardoor kieming en extra vochtverlies. Van de oogst van 4 oktober leek het drogestofgehalte bij het object H1 het hoogst. Dit verschil was net niet significant. De gemiddelde knolopbrengsten van de 4 potten van 4 oktober van de objecten H1, H12 en H2 verschilden wel significant. De tendens is hierbij bij alle oogsten gelijk; H1gem het hoogst, H12gem het laagst en H2 hiertussen in.

Op 7 januari is ook het aantal knollen geteld en gewogen dat kiemen had met zwarte puntjes. Ze kwamen

het meest voor bij object H12 en het minst bij H1. En bij H1 weer minder bij de beschaduwde objecten. Door de beschaduwning zal de verdamping minder geweest zijn en daardoor minder calciumtransport naar het loof en meer naar de knollen en daardoor minder dode punten. Dit lijkt voor H1 voor het aantal en het gewicht aan knollen met kiempjes met zwarte punten te kloppen maar bij H12 en H2 is dit niet terug te vinden. Het is ook niet significant.

Bij de beoordeling van de 48 potten die op 4 oktober zijn geoogst, werden geen knolletjes gevonden die duidelijk roestvlekken hadden. Wel hadden enkele knollen wat lichtbruin verkleurde vaatbundels. In januari hadden 4 knollen een bruin stipje of vage vlek in het knolvlees (zie foto op pagina 7).

Er zijn dus in totaal nauwelijks roestvlekken in de knollen vastgesteld. Het aantal kiemen met zwarte puntjes zou bij SOA1 het hoogst moeten zijn, omdat bij dit object de knolgroei het snelst zou moeten zijn in combinatie met weinig verdamping van de planten. Dit komt niet met de waarnemingen overeen. De verschillen zijn echter niet significant. Het komt ook niet overeen met het gemiddeld calciumgehalte in de knollen van de laatste oogst (400 mg/kg ds). Ook deze is bij SOA1 niet het laagst.

In tabel 3 zijn de gehalten van 5 knolmonsters weergegeven van de 2^e oogst op 15 september.

Tabel 3: **gehalten aan 5 knolmonsters op 14/15 september. Ca in gram/kg ds**

	Ca
knol met stipje, pot 1	0,5
rest pot 1	0,5
knol met 2 stipjes, pot 2	0,6
rest pot 2	0,5
mengmonster oogst 2	0,6

Uit tabel 3 blijkt dat er weinig verschil is tussen de weergegeven calciumgehalten in de knollen.

Tabel 4: **Gehaltes in de knollen van de 3^e oogst en de gehalten van de potgrond in dezelfde potten en één monster van de potgrond vooraf. In de knollen is Ca in gr/kg ds weergegeven. In de grond is EC als mS/cm, NO₃, P, K, Mg, Ca en Cl in mmol/l weergegeven.**

Object	Knollen		grond 18-10-2006						
	Ca	EC	pH	NO ₃	P	K	Mg	Ca	Cl
H1SOA0	0,3	0,3	6,6	0,1	0,12	0,5	0,2	0,4	0,5
H1SOA1	0,4	0,4	6,5	<0,1	0,21	0,8	0,3	0,7	0,9
H1S1A0	0,3	0,4	6,3	<0,1	0,20	0,3	0,3	0,6	0,6
H1S1A1	0,3	0,4	6,3	<0,1	0,21	0,4	0,3	0,5	0,4
H12SOA0	0,2	0,4	6,1	<0,1	0,30	0,7	0,3	0,6	0,5
H12SOA1	0,4	0,4	6,6	<0,1	0,16	0,5	0,3	0,6	0,7
H12S1A0	0,4	0,3	6,4	<0,1	0,27	0,5	0,2	0,4	0,4
H12S1A1	0,3	0,4	6,5	<0,1	0,41	0,8	0,3	0,6	0,4
H2SOA0	0,3	0,4	6,4	<0,1	0,24	0,8	0,3	0,5	0,8
H2SOA1	0,4	0,4	6,6	<0,1	0,24	0,6	0,3	0,7	0,6
H2S1A0	0,4	0,5	6,5	<0,1	0,42	0,8	0,3	0,7	0,6
H2S1A1	0,3	0,3	6,5	<0,1	0,12	0,5	0,2	0,3	0,8
S0gem	0,3	0,4	6,5		0,21	0,7	0,3	0,6	0,7
S1gem	0,3	0,4	6,4		0,27	0,6	0,3	0,5	0,5
H1gem	0,3	0,4	6,4		0,19	0,5	0,3	0,6	0,6
H12gem	0,3	0,4	6,4		0,29	0,6	0,3	0,6	0,5
H2gem	0,3	0,4	6,5		0,26	0,7	0,3	0,6	0,7
SOA0gem	0,3	0,4	6,4		0,22	0,7	0,3	0,5	0,6
SOA1gem	0,4	0,4	6,6		0,20	0,6	0,3	0,7	0,7
S1A0gem	0,4	0,4	6,4		0,30	0,5	0,3	0,6	0,5
S1A1gem	0,3	0,4	6,4		0,25	0,6	0,3	0,5	0,5
Potgrond vooraf		0,8	6,1	3,3	0,34	1,1	0,9	2,0	0,5

In tabel 4 is te zien dat de verschillen in calciumgehalte in de knollen tussen de verschillende objecten heel gering zijn. In de potgrond zijn de verschillen groter; bij fosfor (P) en kalium (K) en ook bij calcium (Ca). Bij H2S1A0 is het gehalte bij calcium bijvoorbeeld meer dan het dubbele van H2S1A1. Er zijn tussen de objecten geen significante verschillen vastgesteld bij de geanalyseerde gehalten in knollen en grond. Wat de potgrond betreft zijn vooral de EC-waarde, het NO₃-gehalte, het Mg en Ca-gehalte flink afgenomen.

Planten op 17 augustus na 16 dagen in een deels verduisterde kas



Planten op 17 augustus na 16 dagen in een lichte kas



Oogst van 19 planten van de 3^e oogst van object H2S1A0 op 02-01-07, gekiemde knollen waarvan enkele kiemen met zwarte kiempuntjes



5 Discussie

- Waren de calciumgehalten in de knollen laag?

Het gemiddelde calciumgehalte voor consumptieaardappelen voor de frietindustrie is ongeveer 1000 mg calcium/kg ds. In H1SOAO, het object, 14 dagen vroeg in de lichte kas zonder antitranspiratiemiddel, werd in de in oktober geoogste knollen 0,4 g calcium/kg drogestof (=400 mg) vastgesteld. De andere objecten waren hieraan gelijk of lager. Dit is ongeveer eenzelfde niveau als in latere zetmeelaardappeloogsten op zand- en dalgrond werd gevonden (Velvis & Zwart, 2001). Zij noemen ook een calciumgehalte van 300 tot 400 mg/kg ds waartussen bij een onderzoek naar gehalten bij pootgoed over 4 jaar het merendeel van de pootgoedpartijen van zand- en dalgrond lag. Zij noemen 450 mg/kg als minimumwaarde. Dit betekent dus dat de gehalten in de knollen aan de lage kant waren.

- Hoeveel calcium is er met de potgrond gegeven en met het leidingwater?

Uit de analyse van de potgrond - waarmee de potten waren gevuld - blijkt dat het Ca-gehalte 2,0 mMol/l is (zie tabel 4) en dat is hoog (T. Aendekerk, deskundige PPO-Lisse, pers. mededeling). Achteraf was het beter geweest - in een proef waarin lage calciumgehalten gewenst zijn - om de pH van de potgrond naar pH 5 te verhogen met K_2CO_3 . Nu was de pH 6,1, waarschijnlijk als gevolg van de toevoeging van 7,5 kg dolomietkalk per m^3 potgrond, iets wat de potgrondleverancier standaard doet op basis van ervaringen met zijn klanten.

Deze 7,5 kg kalk komt overeen 27 gram calcium per pot.

Daarnaast is er met het leidingwater calcium is gegeven. Er is per pot circa 55 liter leidingwater gegeven en in het water zit 63 mg calcium per liter als $CaCO_3$ (deels opgelost). Dit komt neer op 3 à 4 gram calcium per pot; een beperkte hoeveelheid is ten opzichte van de $CaCO_3$ die als kalk aan de potten is toegevoegd. Zowel bij het leidingwater als bij de aan de potgrond toegediende kalk is het de vraag welk deel van de $CaCO_3$ als Ca-ionen voor de plant beschikbaar komt. Het calciumgehalte na afloop van de proef was met 0,4 mMol/l wel laag.

- Hoe is de calciumbalans?

Hoeveel is er door het gewas opgenomen? Burton (1966) spreekt van calciumgehalten in de knollen van 100 tot 1300 mg/kg ds. De normale range is volgens hem zo ongeveer 300 tot 900 mg/kg ds (Tabel 1 0,4 g/kg ds). Van Itallie (1933) noemt droge stofgehalten in het loof van 8 tot 16% en calciumgehalten in de droge stof van 0,7 tot 3,6%. In een voorbeeld is het gehalte in de droge stof ongeveer 1,5%. (Tabel 1 22 g/kg ds = 2,2%). Als de volgende uitgangspunten worden genomen: 40000 planten/ha, 50000 kg knollen/ha met 20% droge stof en 40000 kg loof met 10% droge stof en de knollen bevatten 0,4 g Ca/kg ds en het loof bevat 20 gram Ca/kg ds. Dan is dit per ha in de knollen 4 kg calcium en in het loof 80 kg calcium. Uitgaande van 40000 potten per ha is dit per pot 0,1 gram calcium in de knollen en 2 gram in het loof. Dit is dus minder dan 10% van wat via de dolomietkalk is toegediend. De vraag blijft evenwel; Hoeveel komt er van de toegediende $CaCO_3$ als Ca-ion in oplossing?. In de potgrond zat vooraf 2 en na afloop 0,4 (bij H1SOAO) mmol/l.

- Waarom geen roestvlekken?

Het donkere weer in augustus kan ook een rol gespeeld hebben. Hierdoor was de verdamping van het gewas relatief gering en werd minder calcium met de xyleemstroom naar het loof gevoerd en - in ieder geval verhoudingsgewijze - meer naar de knollen. Daarnaast groeiden de knollen door relatief weinig licht langzamer.

- Was de stressperiode niet heftig genoeg?

Het duurde vrij lang voordat het loof duidelijk slap ging hangen. Kennelijk waren de potten beter doorworteld dan verwacht was en bevatte de grond meer beschikbaar vocht, mogelijk in combinatie met het droge weer ervoor buiten. Misschien hadden de planten enkele dagen langer niet vol turgescerent moeten blijven. Maar duidelijke aanwijzingen dat langer durende groeistand, bijvoorbeeld meer dan 24 uur, gevolgd door een groei-explosie essentieel zijn bij het ontstaan van roestvlekken zijn in de literatuur niet gevonden.

6 Conclusie

De calciumgehalten in de knollen waren laag (zand-dalniveau), maar kennelijk nog niet laag genoeg om onder deze omstandigheden symptomen – roestvlekken - te geven. Daarom wordt voorgesteld om de proef met dezelfde proefopzet te herhalen waarbij de calciumvoorziening van het gewas nog verder wordt beperkt.

Bijlage 1 Details uitvoering pottenproef

Op 9 juni zijn de potten, maat 28-35 mm, gepoot in 10 l witte emmers met daarin 9 liter potgrond. In deze emmers zaten onderin gaten zodat overtollig vocht weg kon lopen.

Er is vanuit gegaan dat voor voldoende groei 200 kg N, 185 kg P₂O₅ en 200 kg K per hectare nodig is. Dit is middels regelmatige giften als Kristallon-Rood opgelost in water aan de planten gegeven. De planten in de potten zijn in totaal zeven keer bemest. De laatste bemesting vond plaats op 18 augustus.

Ook zijn de planten regelmatig met Shirlan gespoten om Phytophthora-aantasting te voorkomen en enkele keren met een insecticide om bladluisontwikkeling te voorkomen. Voor de precieze data zie het logboek dat als bijlage 1 is toegevoegd.

Antitranspiratiemiddel

Als antitranspiratiemiddel is Folicote over de planten gespoten als 5%-oplossing met daarin 0,05% Aquamix (uitvloeier). De hoeveelheid kwam overeen met 500 liter/ha. Dit gebeurde bij H1 en H12 op 1/8 en bij H12 en H2 op 17/8. Een à 2 uur voor het spuiten kregen de planten 1 liter water op de potgrond zodat ze bij het spuiten en het in de kas plaatsen rechtop stonden.

Voedingsstoffen

De potgrond bestaat bij aanvang per kuub uit 225 kg tuinturf en 120 kg turfstrooisel. Hieraan is per kuub standaard 7,5 kg kalk (Dolocal) toegevoegd, 1 kg potgrondmix (12+12+17 + sporenelementen) en 1 kg organische mest (7+3+8).

In een pot met 9 l potgrond zit dan 1,71 g N, 1,4 g P₂O₅, 2,3 g K₂O en 27 gram Ca (als CaCO₃).

27 Gram Ca komt overeen met 1,7% CaCO₃. (<0,5% wordt kalkarm genoemd en >2% wordt kalkrijk genoemd. De potgrond is achteraf dus vrij rijk met kalk bemest geweest.

Uitgaande van 200 kg N, 185 kg P₂O₅ en 200 kg K₂O per ha en 40000 planten per ha is per pot nodig in totaal 5 g N, 4,6 g P₂O₅ en 5 g K₂O.

Er is bemest met Kristallon rood (12+12+36) Ca-arm en Cl-arm, 4 gram per pot per keer. Dit komt overeen met 0,48 g N/pot. Er is zeven keer bemest (7x0,48) plus de basisbemesting (1,71). Dit is in totaal 5,07 gram, overeenkomend met 203 kg N per ha. De voedingsstoffen zijn steeds opgelost in water gegeven en nagespoeld met minimaal 1 liter leidingwater.

Hoeveelheid licht in de kas

S1A0 en S1A1 zijn in een beschaduwde kas geplaatst. De kas was gekalkt en geschermd en ook de zijkant was met vliesdoek geschermd. SOA0 en SOA1 stonden in een andere niet tegen direct zonlicht afgeschermd kas. Daardoor ontstond er een verschil in lichtintensiteit tussen de beide kassen. Op 4 en 29 augustus is in beide kassen de lichthoeveelheid gemeten. Op 4 augustus is tijdens regen in de donkere kas circa 15 watt/m² gemeten en in de lichte kas 60. Op 29 augustus was dit toen een donkere wolk voor de zon hing in de donkere kas 30 watt/m² en in de lichte kas 75. In de zon was het in diezelfde kas 250 watt/m².

Weersomstandigheden tijdens de proef (Volgens het KNMI)

Juni was warm, zeer droog en zeer zonnig

Juli was recordwarm, uitzonderlijk zonnig en zeer droog

Augustus was recordnat, zeer somber en koel en

September was record warm, zonnig en zeer droog.

In bijlage 2 zijn de in Lelystad waargenomen temperaturen en neerslag per dag weergegeven.

Uit het logboek, weergegeven in bijlage 1, blijkt dat enkele dagen na het binnenzetten van de eerste 400 potten op 27 juli, de objecten H1 en H12, het weer omsloeg van warm naar koel en regen kwam.

Vervolgens zijn op 4 augustus de overige 200 potten (object H2) binnengezet. Op 15 augustus ging object H1 weer naar buiten, 29 augustus object H12 en op 31 augustus H2. Daarna werd het weer weer zonnig en droog.

Waarnemingen

Op 17 augustus zijn 4 potten per subobject van object H1 geoogst. Het loof is gedroogd en later op verschillende mineralengehaltes geanalyseerd. De knollen zijn gewogen en geteld, op roestvlekken beoordeeld en eveneens gedroogd en later geanalyseerd. Op 1 september gebeurde hetzelfde bij de objecten H12 en H2.

Op 14 en 15 september is de helft van de potten geoogst. Per pot zijn de knollen gewogen en geteld en op roestvlekken beoordeeld. Twee knollen met roestvlekken, de rest van de knollen van die pot en een gemiddelde van alle overige knollen van die oogst, samen 5 monsters, zijn op inhoudstoffen beoordeeld (zie bijlage 5).

Op 3 en 4 oktober is de tweede helft van de potten geoogst. Van alle objecten zijn van 4 potten de knollen gewogen en geteld en de knollen beoordeeld op roestvlekken. Vervolgens zijn de knollen gedroogd en geanalyseerd (zie bijlage 5). De overige knollen, van ongeveer 20 potten, zijn per object samengevoegd en in het donker bij 18 graden opgeslagen tot begin januari. Toen zijn ze gewogen en geteld en op roestvlekken beoordeeld. De kieming was toen op gang gekomen. Er waren knollen met kiempjes met zwarte puntjes. Deze zijn apart gewogen en geteld. Ook de potgrond van de 4 potten per object die begin oktober geoogst zijn, is geanalyseerd (zie bijlage 6). Daarnaast is ook een monster van de potgrond waarmee de proef is begonnen, in Naaldwijk bij het Blgg geanalyseerd (zie bijlage 6).

Statistische verwerking

De gegevens zijn statistisch verwerkt met het programma Genstat for Windows, GenStat Release 9.1.

Er wordt gesproken van statistisch betrouwbare verschillen als de F-prob kleiner is dan 5%.

Statistische toetsing van de resultaten van de lichte kas (de subobjecten S0 ten opzichte van de donkere, gekalkte, kas, S1) is niet mogelijk omdat deze behandeling niet in herhalingen is aangelegd.

Binnen elke kas waren er de factor periode in de kas: 1-15 augustus (H1), 1-29 augustus (H12), en 17-31 augustus (H12) en de factor antitranspiratiemiddel (wel (A1) en niet (A0)). Deze twee factoren waren volledig gecombineerd tot 6 objecten binnen iedere kas. Over de twee kassen waren er dus 12 objecten, ieder met 50 potten, die, op 4 potten per object na voor een eerste oriënterende waarneming, deels half september en deels begin oktober zijn geoogst. Er zijn zoveel potten gekozen per object omdat ook bij lage aantastingspercentages verschillen in objecten te kunnen onderscheiden.

Bijlage 2 Logboek Pottenproef

8 juni 2006	potten vullen
9 juni 2006	knollen, ras Melody, in potten potten
23 juni 2006	ringen plaatsen in potten
26 juni 2006	1 ^e keer spuiten met 0,4 l shirlan
4 juli 2006	potten in groepen van 50 stuks naast de kas uit elkaar zetten
5 juli 2006	aardappelpotten 2 ^e keer spuiten 2 ^e keer potten bemest volgens schema
7 juli 2006	1 ^e keer potten bemest volgens schema
11 juli 2006	2 ^e keer potten bemest volgens schema
14 juli 2006	3 ^e keer potten bemest volgens schema en ringen omhoog getrokken
18 juli 2006	4 ^e keer potten bemest volgens schema
19 juli 2006	water geven
21 juli 2006	5 ^e keer potten bemest volgens schema
26 juli 2006	deel kas krijten
27 juli 2006	400 van de 600 potten (object H1 en H12) naar binnen gereden (krijgen sinds 25 juli geen water)
31 juli 2006	de 20 meest uitgedroogde planten krijgen een halve liter water
1 aug 2006	de 200 planten die buiten staan (object H2) opbinden. Alle planten binnen krijgen water en worden deels, volgens schema, met Folicote gespoten en gaan deels naar de lichte en donkere kas
1 aug 2006	spuiten met 0,4 l Shirlan
4 aug 2006	spuiten met 0,4 l Shirlan en Calypso. 6 ^e keer potten bemest volgens schema. De 200 planten van buiten (object H2) in de kasgang droog gezet
7 aug 2006	aardappelplanten opbinden
11 aug 2006	spuiten met 0,4 l Shirlan en Calypso
14 aug 2006	de 20 meest uitgedroogde planten krijgen een halve liter water
15 aug 2006	de eerste 200 planten (object H1) gaan weer naar buiten.
17 aug 2006	De planten met droogtestress (object H2) krijgen water en de planten (object H12 en H2) worden volgens schema met Folicote gespoten en gaan de donkere of lichte kas (weer) in. 4 Potten per object van de 4 objecten van H1, die buiten staan, worden geoogst en bemonsterd voor analyses op loof en knollen. Foto's gemaakt van 2 gerooide planten
18 aug 2006	7 ^e keer potten bemest volgens schema
22 aug 2006	4 monsters in de droogstoof gezet
29 aug 2006	potten die 4 weken in de kas stonden (object H12) weer buiten gezet
30 aug 2006	potten aardappelen oprooien en aardappelen spoelen
31 aug 2006	aardappelpotten die 2 weken in de kas stonden (object H2) naar buiten
1 sep 2006	oogsten, tellen, wegen, wassen, cutteren van loof + knollen (4 potten per object van de 4 objecten van H12 en van H2)
6 sep 2006	spuiten met 0,4 l Shirlan
14 en 15 sep 2006	de eerste helft potten oogsten, loof afknippen en knollen rooien (dit deel heeft enkele dagen geen water meer gehad)
18 en 19 sep 2006	knollen tellen + wegen + beoordelen op inwendige roest per emmer
19 sep 2006	5 knolmonsters in de droogstoof gezet
3 en 4 okt 2006	de tweede helft aardappelen uit potten oogsten
5 okt 2006	wegen en beoordelen 4 potten per behandeling van oogst 2. Mengmonster knollen en grond drogen en laten analyseren; ook één grondmonster van de aanvangssituatie. De andere knollen worden per object bij 18 graden in het donker weggezet.
5 jan 2007	kiemen 12 objecten beoordelen op zwarte puntjes
8 jan 2007	knollen doorsnijden en op inwendige roest beoordelen

Bijlage 3: Weersomstandigheden

De minimum-, de gemiddelde en de maximumtemperatuur per dag gemeten op gewashoogte in het gewas en de neerslag per dag.

	juni				juli				aug				sept			
Datum	Tmin	Tgem	Tmax	mm	Tmin	Tgem	Tmax	mm	Tmin	Tgem	Tmax	mm	Tmin	Tgem	Tmax	mm
1	9	10	12	0,4	13	23	31	0,0	16	18	22	4,2	14	18	24	0,0
2	8	12	16	0,0	14	24	34	0,0	14	16	18	27,6	14	17	21	0,6
3	10	15	21	0,0	13	24	33	0,0	13	16	19	28,4	17	19	22	4,2
4	10	13	16	0,0	14	25	36	0,0	16	19	23	24,4	15	18	20	0,0
5	10	12	14	0,0	18	25	35	0,0	17	20	25	0,0	12	17	21	0,4
6	8	12	17	0,0	19	22	28	7,8	17	20	25	0,0	17	21	27	0,0
7	7	13	19	0,0	17	22	26	0,0	14	20	25	0,0	15	18	20	0,6
8	8	16	25	0,0	17	21	26	0,0	16	17	20	0,2	11	17	20	0,0
9	9	20	28	0,0	14	20	27	0,0	13	16	20	0,6	7	14	21	0,0
10	12	22	30	0,0	17	23	29	0,0	12	15	17	9,4	8	16	25	0,0
11	14	24	33	0,0	16	20	24	7,6	11	14	17	21,0	11	19	30	0,0
12	14	24	32	0,0	11	20	27	0,0	13	15	21	6,4	12	20	28	0,0
13	14	26	35	0,0	12	20	29	0,0	9	16	22	0,2	16	21	28	0,0
14	14	17	20	1,4	13	19	25	0,0	14	16	22	17,4	15	20	27	0,0
15	12	14	16	5,6	10	20	31	0,0	15	18	22	1,0	15	19	25	0,0
16	12	14	17	0,0	12	23	34	0,0	13	20	29	4,6	16	20	25	0,0
17	13	18	23	0,0	12	24	36	0,0	14	19	27	0,0	14	18	22	0,0
18	11	20	30	0,0	14	25	36	0,0	16	19	26	2,6	17	18	22	0,0
19	14	20	25	0,0	16	27	39	0,0	14	20	29	0,0	13	16	20	0,6
20	13	19	23	0,0	21	26	33	0,0	15	17	20	9,2	11	15	21	0,0
21	14	16	19	1,2	20	26	34	0,0	16	18	23	0,0	9	17	25	0,0
22	12	16	20	0,2	17	23	34	23,6	15	17	20	1,6	13	20	27	0,0
23	12	18	22	0,0	19	23	29	0,0	11	17	24	0,0	15	18	23	0,0
24	10	19	29	0,0	16	23	29	0,0	14	18	24	7,0	15	19	24	0,0
25	12	18	24	11,0	17	25	32	0,0	15	18	22	0,4	16	18	23	0,0
26	15	17	20	0,6	18	26	35	0,0	12	18	24	0,0	15	17	19	0,8
27	13	15	20	0,0	18	24	30	0,0	13	17	21	2,0	11	16	22	0,0
28	11	16	21	0,0	19	23	28	10,6	12	14	16	28,8	13	16	22	0,0
29	9	18	25	0,0	18	22	29	0,6	11	14	17	7,0	13	17	22	0,0
30	10	20	30	0,0	17	21	30	16,6	12	14	18	14,4	12	17	22	0,0
31	*	*	*	*	14	19	25	0,6	9	14	18	1,4	*	*	*	*
t/gem	11	17	23	20	16	23	31	67	14	17	22	220	13	18	23	7

Bijlage 4 Loof- en knolanalyses 1^e oogst

De resultaten zijn weergegeven in g/kg droge stof, met uitzondering van Mangaan, IJzer, Borium en Zink die zijn weergegeven in mg/kg droge stof

		loofinhoudanalyse 1 ^e oogst									
Behandeling		Na	K	Mg	Ca	P	Mn	Fe	S	B	Zn
kas 1-15/8	geen schaduw, geen Folicote	0,4	64	5,1	20,1	4,4	86	167	3,0	28,9	34
kas 1-15/8	geen schaduw, wel Folicote	0,7	58	5,7	21,9	4,3	114	169	2,9	29,8	37
kas 1-15/8	wel schaduw, geen Folicote	0,5	65	5,4	20,6	4,8	116	158	2,9	29,2	29
kas 1-15/8	wel schaduw, wel Folicote	0,4	62	5,3	20,8	4,9	104	154	3,1	28,0	29
kas 1-29/8	geen schaduw, geen Folicote	0,6	52	4,7	21,3	3,2	98	171	2,3	27,0	25
kas 1-29/8	geen schaduw, wel Folicote	0,6	61	5,4	24,4	3,7	132	228	2,8	31,8	39
kas 1-29/8	wel schaduw, geen Folicote	0,6	64	4,8	21,5	4,4	115	221	2,9	30,7	37
kas 1-29/8	wel schaduw, wel Folicote	0,6	67	5,4	22,0	5,1	112	207	2,8	30,3	35
kas 17-31/8	geen schaduw, geen Folicote	0,6	51	4,4	24,1	2,9	117	208	2,6	28,1	24
kas 17-31/8	geen schaduw, wel Folicote	0,5	55	5,1	24,8	3,3	116	162	2,6	31,0	26
kas 17-31/8	wel schaduw, geen Folicote	0,6	59	5,4	25,4	3,9	104	190	2,7	31,5	24
kas 17-31/8	wel schaduw, wel Folicote	0,6	55	5,1	23,6	3,4	100	158	2,3	31,4	25

		knolinhoudanalyse 1 ^e oogst									
Behandeling		Na	K	Mg	Ca	P	Mn	Fe	S	B	Zn
kas 1-15/8	geen schaduw, geen Folicote	0,2	32	1,2	0,4	4,2	5	36	1,3	6,1	17
kas 1-15/8	geen schaduw, wel Folicote	0,2	32	1,2	0,4	4,1	5	30	1,3	5,9	16
kas 1-15/8	wel schaduw, geen Folicote	0,2	35	1,2	0,5	4,6	6	28	1,4	6,1	17
kas 1-15/8	wel schaduw, wel Folicote	0,2	34	1,2	0,5	4,5	5	27	1,4	6,3	17
kas 1-29/8	geen schaduw, geen Folicote	0,1	30	1,1	0,3	3,7	4	20	1,2	5,9	12
kas 1-29/8	geen schaduw, wel Folicote	0,2	32	1,2	0,4	4,3	5	24	1,3	5,8	17
kas 1-29/8	wel schaduw, geen Folicote	0,2	34	1,2	0,5	4,5	5	29	1,4	6,1	18
kas 1-29/8	wel schaduw, wel Folicote	0,2	33	1,2	0,5	4,7	6	26	1,4	6,3	18
kas 17-31/8	geen schaduw, geen Folicote	0,1	26	1,1	0,3	3,5	4	19	1,1	5,3	12
kas 17-31/8	geen schaduw, wel Folicote	0,1	30	1,2	0,3	4,1	5	23	1,3	6,3	14
kas 17-31/8	wel schaduw, geen Folicote	0,1	31	1,2	0,4	4,1	5	26	1,3	6,0	14
kas 17-31/8	wel schaduw, wel Folicote	0,1	28	1,2	0,3	3,7	5	20	1,1	5,7	13

Bijlage 5 Knolanalyses 2^e en 3^e oogst

De resultaten zijn weergegeven in g/kg droge stof, met uitzondering van Mangaan, IJzer, Borium en Zink die zijn weergegeven in mg/kg droge stof

Knolinhoudsanalyse 5 monsters oogst 14/15 september										
	Na	K	Mg	Ca	P	Mn	Fe	S	B	Zn
knol met stipje pot 1	0,1	32	1,2	0,5	4,4	6	44	1,2	7,0	14
rest pot 1	0,2	33	1,6	0,5	4,9	8	28	1,6	7,2	19
knol met 2 stipjes pot 2	0,2	36	1,4	0,6	5,0	8	55	1,7	7,8	21
rest pot 2	0,2	33	1,5	0,5	4,8	6	34	1,4	6,8	17
mengmonster oogst 14/15 sept	0,2	33	1,4	0,6	4,8	7	33	1,5	6,8	19

		knolinhoudsanalyse 3 ^e oogst									
Behandeling		Na	K	Mg	Ca	P	Mn	Fe	S	B	Zn
kas 1-15/8	geen schaduw, geen Folicote	0,2	26	1,3	0,3	3,5	5	23	1,2	5,5	12
kas 1-15/8	geen schaduw, wel Folicote	0,2	25	1,2	0,4	3,5	5	20	1,1	5,1	11
kas 1-15/8	wel schaduw, geen Folicote	0,2	26	1,3	0,3	3,5	5	22	1,1	6,0	11
kas 1-15/8	wel schaduw, wel Folicote	0,1	27	1,3	0,3	3,7	6	22	1,2	6,1	12
kas 1-29/8	geen schaduw, geen Folicote	0,1	27	1,4	0,2	3,9	6	24	1,3	5,8	12
kas 1-29/8	geen schaduw, wel Folicote	0,2	29	1,4	0,4	4,2	6	25	1,4	6,1	14
kas 1-29/8	wel schaduw, geen Folicote	0,2	29	1,4	0,4	4,3	6	21	1,4	6,4	15
kas 1-29/8	wel schaduw, wel Folicote	0,2	29	1,4	0,3	4,0	6	24	1,3	5,9	15
kas 17-31/8	geen schaduw, geen Folicote	0,1	27	1,3	0,3	3,8	6	24	1,2	5,2	12
kas 17-31/8	geen schaduw, wel Folicote	0,2	29	1,3	0,4	4,0	6	22	1,3	5,8	13
kas 17-31/8	wel schaduw, geen Folicote	0,2	30	1,3	0,4	4,2	6	24	1,3	6,0	13
kas 17-31/8	wel schaduw, wel Folicote	0,2	30	1,3	0,3	3,8	6	24	1,4	5,4	14

Bijlage 6 Grondanalyses

Grondanalyses na afloop per object en aan één monster vooraf. EC is weergegeven in mS/cm, NH₄, K, Na, Ca, Mg, NO₃, Cl, SO₄, HCO₃, P en Si in mmol/l en Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo in µmol/l

Behandeling		grond 2e oogst								
		EC	pH	NH ₄	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl
kas 1-15/8	geen schaduw, geen Folicote	0,3	6,6	<0,1	0,5	1,3	0,4	0,2	0,1	0,5
kas 1-15/8	geen schaduw, wel Folicote	0,4	6,5	<0,1	0,8	1,6	0,7	0,3	<0,1	0,9
kas 1-15/8	wel schaduw, geen Folicote	0,4	6,3	<0,1	0,3	1,7	0,6	0,3	<0,1	0,6
kas 1-15/8	wel schaduw, wel Folicote	0,4	6,3	<0,1	0,4	1,5	0,5	0,3	<0,1	0,4
kas 1-29/8	geen schaduw, geen Folicote	0,4	6,1	<0,1	0,7	1,7	0,6	0,3	<0,1	0,5
kas 1-29/8	geen schaduw, wel Folicote	0,4	6,6	<0,1	0,5	1,5	0,6	0,3	<0,1	0,7
kas 1-29/8	wel schaduw, geen Folicote	0,3	6,4	<0,1	0,5	1,6	0,4	0,2	<0,1	0,4
kas 1-29/8	wel schaduw, wel Folicote	0,4	6,5	<0,1	0,8	1,8	0,6	0,3	<0,1	0,4
kas 17-31/8	geen schaduw, geen Folicote	0,4	6,4	<0,1	0,8	1,5	0,5	0,3	<0,1	0,8
kas 17-31/8	geen schaduw, wel Folicote	0,4	6,6	<0,1	0,6	1,6	0,7	0,3	<0,1	0,6
kas 17-31/8	wel schaduw, geen Folicote	0,5	6,5	<0,1	0,8	1,7	0,7	0,3	<0,1	0,6
kas 17-31/8	wel schaduw, wel Folicote	0,3	6,5	<0,1	0,5	1,3	0,3	0,2	<0,1	0,8
	Potgrond vooraf	0,8	6,1	<0,1	1,1	1,0	2,0	0,9	3,3	0,5

Behandeling		SO ₄	HCO ₃	P	Si	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
kas 1-15/8	geen schaduw, geen Folicote	0,8	<0,1	0,12	0,16	1,4	<0,4	<0,2	1,9	0,2	<0,1
kas 1-15/8	geen schaduw, wel Folicote	1,2	<0,1	0,21	0,21	0,5	<0,4	<0,2	1,8	0,2	<0,1
kas 1-15/8	wel schaduw, geen Folicote	1,1	<0,1	0,20	0,19	0,7	<0,4	0,2	2,6	0,2	<0,1
kas 1-15/8	wel schaduw, wel Folicote	1,1	<0,1	0,21	0,19	0,6	<0,4	0,2	1,7	0,1	<0,1
kas 1-29/8	geen schaduw, geen Folicote	1,3	<0,1	0,30	0,19	0,7	<0,4	<0,2	2,2	0,1	<0,1
kas 1-29/8	geen schaduw, wel Folicote	1,1	<0,1	0,16	0,19	0,7	<0,4	0,2	1,1	0,1	<0,1
kas 1-29/8	wel schaduw, geen Folicote	0,8	<0,1	0,27	0,18	0,9	<0,4	<0,2	2,2	0,2	<0,1
kas 1-29/8	wel schaduw, wel Folicote	1,2	<0,1	0,41	0,21	2,6	<0,4	<0,2	2,6	0,1	<0,1
kas 17-31/8	geen schaduw, geen Folicote	1,0	<0,1	0,24	0,21	1,3	<0,4	<0,2	3,7	<0,1	<0,1
kas 17-31/8	geen schaduw, wel Folicote	1,2	<0,1	0,24	0,17	0,6	<0,4	<0,2	2,4	0,2	<0,1
kas 17-31/8	wel schaduw, geen Folicote	1,2	<0,1	0,42	0,21	0,5	<0,4	<0,2	2,4	0,1	<0,1
kas 17-31/8	wel schaduw, wel Folicote	0,6	<0,1	0,12	0,14	0,6	<0,4	0,2	3,5	0,1	<0,1
	Potgrond vooraf	1,3	<0,1	0,34	0,16	0,3	0,5	0,2	<1,0	0,2	<0,1

Bijlage 7 Literatuur

- Baker, D. A. & J. Moorby, 1969. The transport of sugar, water and ions into delevoping potato tubers, *Annals of Botany* 33, 729-741.
- Burton, W. G., 1989. *The Potato* 3rd edition, Harlow, Longman Scientific & Technical, 742 pp.
- Busse, J.S. J.P. Palta, 2006. Investigating the in vivo calcium transport path to developing potato tuber using ⁴⁵Ca: a new concept in potato tuber calcium nutrition. *Phys. Plant.* 128: 313-323.
- Itallie, Th. B. van, 1933. Over de chemische samenstelling van aardappelen in verband met de kalibemesting. *Landbouwkundig Tijdschrift*, jg 45, 545, 1-15.
- Krauß, A & H. Marschner, 1974. Einfluß der Tag/Nacht-Periodik auf Knollengewicht und Ca-Verlagerung in Stolonen von Kartoffelpflanzen, *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 137, 116-123.
- & Ozgen, S., B. H. Karlsson & J. P. Palta, 2006. Response of potatoes (cv Russet Burbank) to supplemental calcium applications under field conditions: tuber calcium, yield, and incidence of internal brown spot. *Am. J. Pot. Res.* 83: 195-204.
- Schnieders, B. J., L. H. J. Kerckhoffs & P. C. Struik, 1988. Diel changes in tuber volume. *Pot. Res.* 31; 129-135.
- Win, K., G. A. Berkowitz & M Henninger, 1991. Antitransparant-induced increases in leaf water potential increase tuber calcium and decrease tuber necrosis in water-stressed potato plants. *Plant Physiol.* 96, 116-120.
- Veerman, A., 2001. Variatie in knolkwaliteit tussen en binnen partijen van consumptieaardappelrassen. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen The Netherlands, 253 pp.
- Velvis, H., 2001. Calcium in aardappel. *Nota 89, Plant Research international*, 21pp.
- Velvis, H. & K. B. Zwart, 2002. (Micro)nutriënten en (a)biotische stress in de zetmeelaardappelteelt (Eindrapport), *Nota 141, Plant Research International*, 27 pp.

Het gewas naast de kas op 22 september

