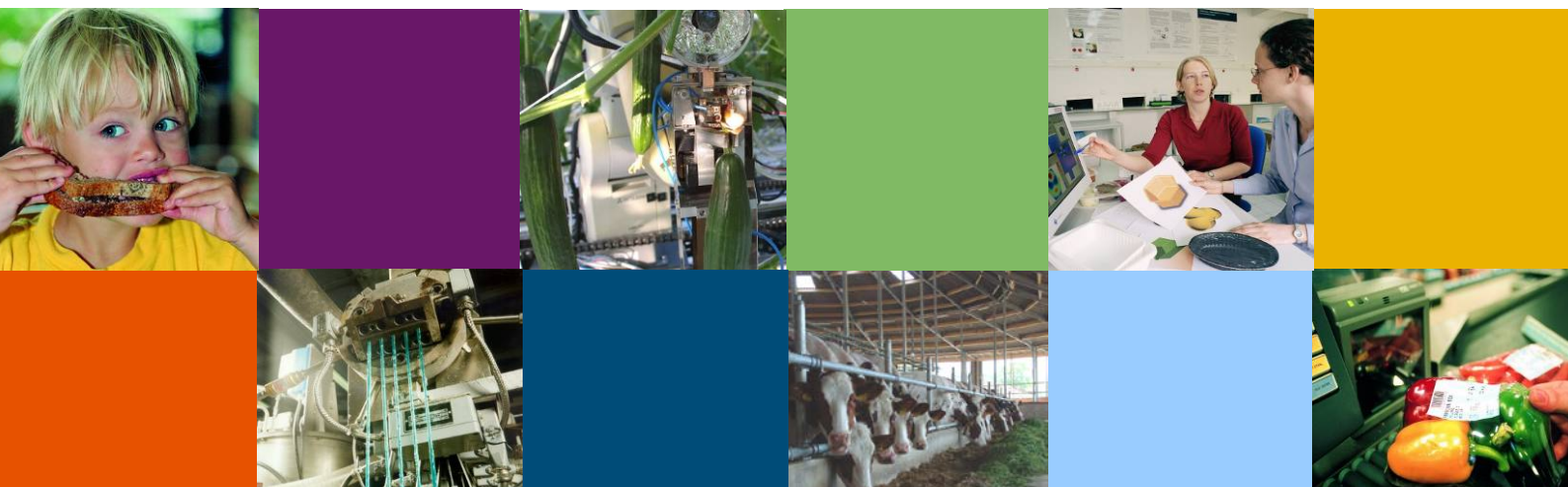




Literatuurstudie effect hoge CO₂-concentraties op pootgoedkwaliteit

R.J.A. Oostewechel, E.J. Woltering, M.P. Montsma

Rapport 1797



Colofon

Titel	Literatuurstudie effect hoge CO ₂ -concentratie op pootgoedkwaliteit
Auteur(s)	R.J.A. Oostewechel, E.J. Woltering, P.M. Montsma
Nummer	1797
ISBN-nummer	978-94-6343-252-8
DOI	http://doi.org/10.18174/440652
Publicatiedatum	15 maart 2018
Versie	Eindversie
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	-
Goedgekeurd door	Nicole Koenderink
Review	Intern
Naam reviewer	Nicole Koenderink
Financier	brancheorganisatie akkerbouw (bo)
Oprachtgever	brancheorganisatie akkerbouw (bo)

Wageningen Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl/foodandbiobased-research

© Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research
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, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Abstract

Dit rapport is opgesteld op verzoek van en gefinancierd door brancheorganisatie akkerbouw (bo) Financiering heeft plaatsgevonden uit overgedragen middelen van het voormalig Productschap Akkerbouw.

Deze literatuurstudie is onafhankelijk uitgevoerd en heeft plaats gevonden om te onderzoeken in hoeverre de invloed van CO₂-gehaltenes (oplopende ppm-waarden en tijd van blootstelling) op de kwaliteit (met name kiemkracht) van pootaardappelen is onderzocht en welke conclusies hieruit kunnen worden getrokken om daarmee een bijdrage leveren aan de formulering van onderzoek wensen ten aanzien van oplossingen voor collectieve vraagstukken voor Nederlandse akkerbouw ketens. De resultaten van deze studie zullen vrij te verspreiden zijn.

Algemeen is er een hypothese dat een hoog CO₂-gehalte tijdens de bewaring van pootgoed, nadelige gevolgen zou kunnen hebben in de nateelt (opkomst, stengelaantal, opbrengst). Uit literatuuronderzoek lijkt dit niet het geval te zijn bij CO₂-waarden tijdens de bewaring tot 4.300 ppm (bij veel rassen zelfs niet tot 10.000 ppm).

Er kan echter ook worden gekeken naar mogelijke positieve effecten van een verhoogd CO₂-gehalte tijdens (de laatste fase van) bewaring op het verbreken van de kiemrust of het verbeteren van kieming.

Voor de Nederlandse primaire akkerbouwsector en gerelateerde ketenpartijen is kennis over het effect van CO₂-waarden van belang om mogelijk de kwaliteit van pootgoed te beïnvloeden via het beïnvloeden van het tijdstip van kieming (zowel vervroeging als verlating) en mogelijk de kiemkracht en vitaliteit van pootgoed.

Dit biedt kansen voor exporteurs naar gebieden waar geplant moet worden op het moment dat kiemrust van veel rassen die in Nederland zijn geteeld nog nauwelijks is gebroken (bijvoorbeeld de Sahel zone in Afrika). Mogelijk biedt het tevens kansen voor een verbeterde prestatie van geleverd pootgoed in de consumptieteelt indien via CO₂ toediening in bepaalde concentraties en tijdsduur, gestuurd kan worden op aantal kiemen en/of de kracht van kiemen op het moment van poten.

Inhoudsopgave

Abstract	3
1 Inleiding	5
2 CO₂ in bewaring	7
2.1 Ontstaan van CO ₂ in bewaring	7
2.2 Effect van verhoogde CO ₂ -gehalten gedurende de bewaring van pootaardappelen op de nateelt	8
2.3 Meten van CO ₂ in bewaring	9
2.4 CO ₂ en kiemrust (dormancy)	9
2.5 Effect van CO ₂ in bewaring op kieming	10
3 CO₂-behandeling voor ontsmetting	12
4 Lopende initiatieven	13
4.1 Ketenproject Verbetering Pootgoedkwaliteit	13
4.2 Effect van hoge concentraties CO ₂ voor ontsmetten pootgoed	14
5 Conclusies en aanbevelingen	15
5.1 Voorlopige conclusies	15
5.2 Aanbevelingen	16
6 Literatuur	17
Grafieken	
<i>Grafiek 1: Respiratie van aardappelen</i>	<i>7</i>
<i>Grafiek 2: Effect van CO₂ in bewaring op spruitgroei.....</i>	<i>10</i>
<i>Grafiek 3: Effect van 0% of 2% CO₂ tijdens bewaring op spruitgroei bij frites aardappelen</i>	<i>11</i>

1 Inleiding

Dit rapport is opgesteld op verzoek van en gefinancierd door brancheorganisatie akkerbouw (bo) Financiering heeft plaatsgevonden uit overgedragen middelen van het voormalig Productschap Akkerbouw.

Deze literatuurstudie is onafhankelijk uitgevoerd en heeft plaats gevonden om te onderzoeken in hoeverre de invloed van CO₂-gehaltenes (oplopende ppm-waarden en tijd van blootstelling) op de kwaliteit (met name kiemkracht) van pootaardappelen is onderzocht en welke conclusies hieruit kunnen worden getrokken om daarmee een bijdrage leveren aan de formulering van onderzoek wensen ten aanzien van oplossingen voor collectieve vraagstukken voor Nederlandse akkerbouw ketens.

Naar het effect van CO₂-concentraties op de kwaliteit van aardappelen is in beperkte mate onderzoek gedaan. De hoeveelheid literatuur welke refereert aan dit onderwerp is eveneens beperkt. Er is Nederlands- Engels- en Spaanstalige literatuur geraadpleegd en hierin zijn referenties te vinden over onderzoek naar op het effect van CO₂ toegespitst op de volgende processen:

1. Bakkleur van consumptieaardappelen bewaard voor industriële verwerking
2. Kieming van pootaardappelen
3. Behandeling van pootaardappelen in verband met sanitaire eisen (insecten)

Bij de bewaring van fritesaardappelen bij hogere temperatuur (bijvoorbeeld 7-8 C°) is de verzoeting een belangrijk kwaliteitscriterium. Hogere CO₂ (en vooral) ethyleen waarden in de bewaarcel kunnen de verzoeting stimuleren. Vooral de combinatie van verhoogd CO₂ en verhoogd ethyleen kan tot sterke verzoeting leiden. Hier geldt dat de invloed van CO₂ sterk ras afhankelijk is. Sommige rassen reageren al bij 0,2% (2.000 ppm), andere pas bij 0,5% (5.000 ppm). CO₂ is een zwaar gas en zakt naar beneden. Het gevolg hiervan is dat de bakkleur van aardappelen onderuit de bewaring slechter is dan van aardappelen bovenin de bewaring. Het algemene advies is om in ieder geval te verversen als het CO₂-gehalte boven de 0,3/0,4% komt [PhD thesis Daniels Lake, Wageningen 2013].

In deze literatuurstudie hebben we ons beperkt tot hetgeen bekend is over het effect van hogere CO₂-gehaltenes op de kwaliteit (met name kiemkracht) van pootgoedaardappelen met een focus op oplopende gehalten en tijdsduur aan blootstelling. Deels is hierover enige informatie beschikbaar als afgeleide van onderzoek naar de kwaliteit van fritesaardappelen (consumptie). Deels is er recent enig onderzoek gedaan naar het effect van verhoogde CO₂-waarden gedurende de gehele periode van bewaring van pootgoed, op de nateelt (opkomst, stengelaantal, maatsortering, opbrengst).

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen blootstelling van pootgoed aan CO₂ tijdens bewaring, vlak voor de uitschuring alsmede voor blootstelling aan CO₂ tijdens transport in reefer containers (naar een export bestemming).

De CO₂-gehalten worden uitgedrukt in ppm of % waarbij 1.000 ppm gelijk staat aan 0,1%. In de rest van dit rapport wordt een samenvatting van de literatuur beschreven.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op het ontstaan en de effecten van CO₂ in bewaring op kiemrust en kieming.

Hoofdstuk 3 behandelt de toepassing van CO₂ voor sanitaire doeleinden. Lopende initiatieven op het gebied van onderzoek naar CO₂-effecten worden in hoofdstuk 4 vermeld.

Dit rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 5. De resultaten van deze studie zijn vrij te verspreiden.

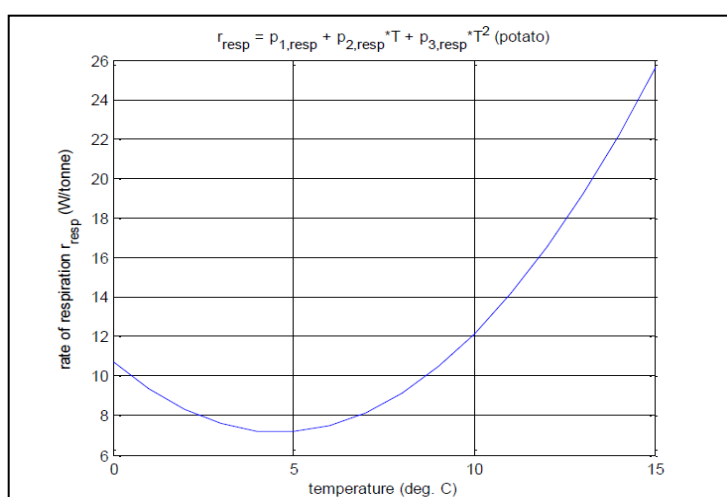
2 CO₂ in bewaring

2.1 Ontstaan van CO₂ in bewaring

Lucht heeft normaal een CO₂-gehalte van circa 0,04 % (400 ppm).

Respiratie is de oxidatie van organisch materiaal door levende organismen. Bij de bewaring van aardappelen, groenten en fruit is respiratie een biochemisch proces dat optreedt in het bewaarde levende product om in de energiebehoefte te voorzien. Bij respiratie of ademhaling van levend product wordt zuurstof gebruikt en CO₂ in een gelijke hoeveelheid geproduceerd. Daarnaast wordt warmte geproduceerd.

Grafiek 1: Respiratie van aardappelen



Bron: 'CO₂ in geventileerde bewaarplaatsen' Lucasse, Verschoor, Otma

Grafiek 1 geeft de hoeveelheid ademhaling weer van aardappelen in bewaring bij verschillende temperatuurwaarden.

De respiratie rate (*resp*) van een product hangt af van het fysiologisch stadium van dat product. Bijvoorbeeld direct na oogst maakt het veel uit of het gewas reeds afgestorven was, dan wel nog vol in de groei. Ook maakt het uit of een product in rust is, of dat bijvoorbeeld kieming of veroudering op gang zijn gekomen. Naast wondheling spelen ras, spruitvorming en temperatuur een rol. Bij serieuze afwijkingen van buitenluchtcondities zijn ook de concentraties O₂ en CO₂ van invloed. Al deze invloed factoren worden in grafiek 1 buiten beschouwing gelaten, met uitzondering van de temperatuur afhankelijkheid.

Bij aardappelen ligt de minimale ademhaling tussen de 4° en 6°C zoals blijkt uit grafiek 1. De CO₂ productie is bij goed bewaarde aardappelen in kiemrust is vrij laag (2-4 mL kg⁻¹ h⁻¹ volgens van Es en Hartmans, 1987). Er zijn echter meerdere factoren die ervoor zorgen dat de respiratie toeneemt (bijvoorbeeld warmte, stress, wonden, fysiologische leeftijd en ethyleen).

Daarnaast loopt het CO₂-gehalte verder op bij het gebruik van kachels bij inschuring van te natte aardappelen omdat deze kachels CO₂ produceren.

Na een ventilatieactie in een pootgoedbewaring stijgt door ademhaling van het product, het CO₂-gehalte in een halve dag naar 0,5% (5.000 ppm). In een goedgeïsoleerde koelcel zonder buitenlucht, loopt het nog verder op. B. Daniels-Lake meldt (p 10) dat 1% tot 4% CO₂-waarden geen uitzonderingen zijn in aardappelbewaarplaatsen.

Respiratie heeft als gevolg dat O₂ wordt verbruikt en CO₂ in een gelijke hoeveelheid wordt geproduceerd. Hierdoor resulteert een hoge CO₂-waarde tevens in een lagere O₂-waarde. Een laag O₂-gehalte wordt in verband gebracht met het ontstaan van zwarte harten. Als onrijpe knollen worden geogst bij temperaturen van circa 25°C of hoger, dan kunnen bij onvoldoende luchtverversing in de bewaarplaats, zwarte harten ontstaan als gevolg van zuurstofgebrek [11]. Hiertoe wordt geadviseerd om 1 à 2 maal per dag enkele minuten de lucht te verversen en daarmee te voorkomen dat het CO₂-gehalte in de bewaaratmosfeer te veel oploopt en er zuurstofgebrek optreedt. Ook Marcelo Huarte refereert aan kans op zwarte harten onder Argentijnse omstandigheden in aardappelbewaarplaatsen zonder voldoende luchtverversing door verhoogde CO₂-gehalten [19].

2.2 Effect van verhoogde CO₂-gehalten gedurende de bewaring van pootaardappelen op de nateelt

Algemeen wordt in de sector aangenomen dat een verhoogt CO₂-gehalte tijdens de bewaring van pootaardappelen een negatief effect zou kunnen hebben op de nateelt (kieming/opkomst, stengelaantal, maatsortering, opbrengst).

In een afstudeerwerkstuk voor Aeres, Dronten, heeft Edwin Tubben proeven gedaan met het bewaren van pootaardappelen onder lage, midden, en hoge CO₂-waarden. Na een volledig bewaarperiode te zijn blootgesteld aan verhoogde CO₂-concentraties zijn deze poters geplant en zijn de resultaten van de nateelt in het veld beoordeeld. Deze proef is welleswaar niet wetenschappelijk verantwoord door beperkte herhalingen en beperkte nauwkeurigheid van de concentratie meting, maar de resultaten wijzen in de volgende richting.

Er zijn geen significante verschillen gevonden bij gebruik van poters die bewaard zijn bij een laag- (1.000-2.000 ppm), midden- (4.000-6.000 ppm) en hoog-(8.000-10.000 ppm) CO₂-gehalte op de opkomst, de loofontwikkeling, het stengelaantal of de opbrengst van de nateelt. Er waren slechts enkele uitzonderingen welke specifiek ras bepaald leken te zijn. Ras Forza gaf een verlaagd aantal knollen en een lagere sortering 35/55, bij bewaring van de poters bij hoge CO₂-waarden (echter geen lagere opbrengst).

Het is uit de gekozen proefopstelling niet duidelijk of dit verschil is toe te wijzen aan de concentratie tijdens de bewaring gedurende het hele bewaarperiode of tijdens de laatste fase van de bewaring na het doorbreken van de kiemrust. Omdat Burton (1958 en 1989) stelt dat aardappelen in kiemrust ongevoelig zijn voor CO₂ voor wat betreft de kieming, is de verwachting dat het verschil toe te wijzen lijkt aan de concentratie na het breken van de kiemrust. Nader

onderzoek zou hier uitsluitsel over kunnen geven. Wel is duidelijk dat voor alle rassen lijkt te gelden dat bij een bewaring van pootaardappelen beneden de 4.300 ppm, zowel tijdens de lange bewaring als in de eindfase na het breken van de kiemrust, er geen significant effect te verwachten is in de nateelt [11].

2.3 Meten van CO₂ in bewaring

Het is goed mogelijk om CO₂-metingen uit te voeren in aardappelbewaring en de gehalten te monitoren. Meestal wordt luchtverversing (elke dag 10 minuten) gewoon standaard mee geprogrammeerd in het ventilatieschema van bewaarplaatsen. Aangezien CO₂ zwaarder is dan lucht, bevinden de hoogste gehalten zich dicht bij de grond. Metingen worden dus het best gedaan in de onderste laag van de bewaarde aardappelen [5].

Het is gebruikelijk bij bewaring van aardappelen voor de verwerkende industrie dat deze zijn uitgerust met geautomatiseerde systemen welke CO₂-waarden monitoren en ventilatiesystemen inschakelen op het moment dat de CO₂-waarde de ingestelde randwaarde bereikt.

2.4 CO₂ en kiemrust (dormancy)

Onder kiemrust wordt hier verstaan: *“de fysiologische toestand van de knol waarbij geen kieming plaats vindt, zelfs al zijn er ideale natuurlijke omstandigheden om te kiemen (donker, T 15-20 °C, RH 90%)”* [10]. De literatuur geeft aan dat aardappelen in kiemrust ongevoelig zijn voor CO₂ voor wat betreft kieming (6). Het is echter niet altijd duidelijk wanneer de knol nog wel en wanneer niet meer in kiemrust is. Men spreekt ook wel van vroege- en late kiemrust fasen. Coleman (1998) heeft Russet Burbank aardappelen behandeld met zeer hoge CO₂-concentraties (tot 60%) gedurende 7 dagen. In de eerste maanden van de bewaring (vroege kiemrust fase) heeft dit weinig effect op kieming (rust doorbreking), later in de bewaring (late kiemrust fase) stimuleert het de kieming. De behandeling verlaagt het ABA-niveau (Abscisine zuur) hetgeen waarschijnlijk de verklaring is voor het doorbreken van de kiemrust. Het effect is sterker als de CO₂ samen met ethyleen wordt toegediend. Jan Hartveld stelt in Aardappelwereld Magazine 10/2014 dat een te hoge CO₂-waarde de knollen (poters) onrustig maakt en dat ook in pootgoedbewaring een grenswaarde van 5.000 ppm CO₂ wordt aangehouden waarboven de lucht ververst moet worden.

Een verhoogde CO₂-waarde stimuleert ethyleen productie in veel planten, inclusief bij aardappelen in bewaring [3]. Ethyleen op haar beurt heeft een effect op kieming bij aardappelen op twee verschillende manieren. Een korte blootstelling kan kiemrust verkorten en kieming stimuleren terwijl een langdurige blootstelling juist kieming kan vertragen [3].

Op het moment dat de kiemrust is gebroken, is CO₂ zeker van belang, waarbij 0,4 % CO₂ wordt aangehouden als bovengrens omdat boven deze waarde de kieming en groei van de kiemen wordt gestimuleerd [9] [10].

Voor het behouden van de kiemrust is temperatuur veruit het belangrijkste instrument met als aanbeveling om deze stabiel te houden op 2~3°C. [9].

Het is dus zaak om onderscheid te maken voor CO₂-gehalten tijdens kiemrust en na het breken van de kiemrust. Tevens kan onderscheid worden gemaakt in het doel; hetzij kieming uitstellen, hetzij stimuleren van kieming van poters bij welke een slechte opkomst moet worden voorkomen.

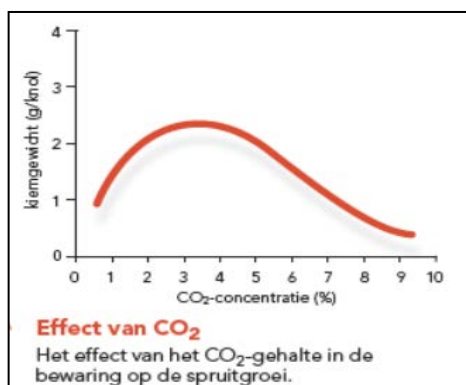
2.5 Effect van CO₂ in bewaring op kieming

Burton concludeert op basis van onderzoek dat (bij 10°C) de kieming van aardappelen afneemt naarmate de CO₂-concentratie in de bewaarplaats hoger is (van grofweg 4 naar 15% CO₂) [6]. Bij een concentratie van 15% stopt de kieming volledig. Er is niet onderzocht wat er gebeurt met de kieming wanneer de CO₂-concentratie daarna weer wordt verlaagd en of de remming irreversibel is. Bij concentraties verlaagd van 2% naar 0% neemt de kieming ook af. De optimale CO₂-concentratie voor kieming is niet exact gelijk onder alle omstandigheden maar bevindt zich rond de 2-4%. Deze bevindingen zijn schematisch weergegeven in grafiek 2. Daarnaast wordt kieming gestimuleerd door afnemende O₂-gehalten tot 5%. Een lager O₂-gehalte stimuleert kiemgroei zowel in aantal kiemen als in cellen per kiem, waarbij een toegenomen CO₂-gehalte meer cellen per kiem alsmede een langere kiem veroorzaakt.

N.B. Het betreft hier concentraties tijdens het kiemen en dit zegt niets over de concentraties gedurende de bewaarperiode op het moment dat de knollen nog in kiemrust zijn.

Nadat de kiemrust is gebroken stimuleert CO₂ de kiemgroei. In Grafiek 2 is het effect weergegeven van CO₂-concentratie in een aardappelbewaring op de spruitgroei van de aardappelen. Uit de Grafiek 2 blijkt dat een verhoging van het CO₂-percentage tot ongeveer 2% een sterk effect heeft op de spruitgroei van aardappelen. Het effect neemt nog iets toe tot een CO₂-percentage van 3% maar zwakt week af bij hogere concentraties.

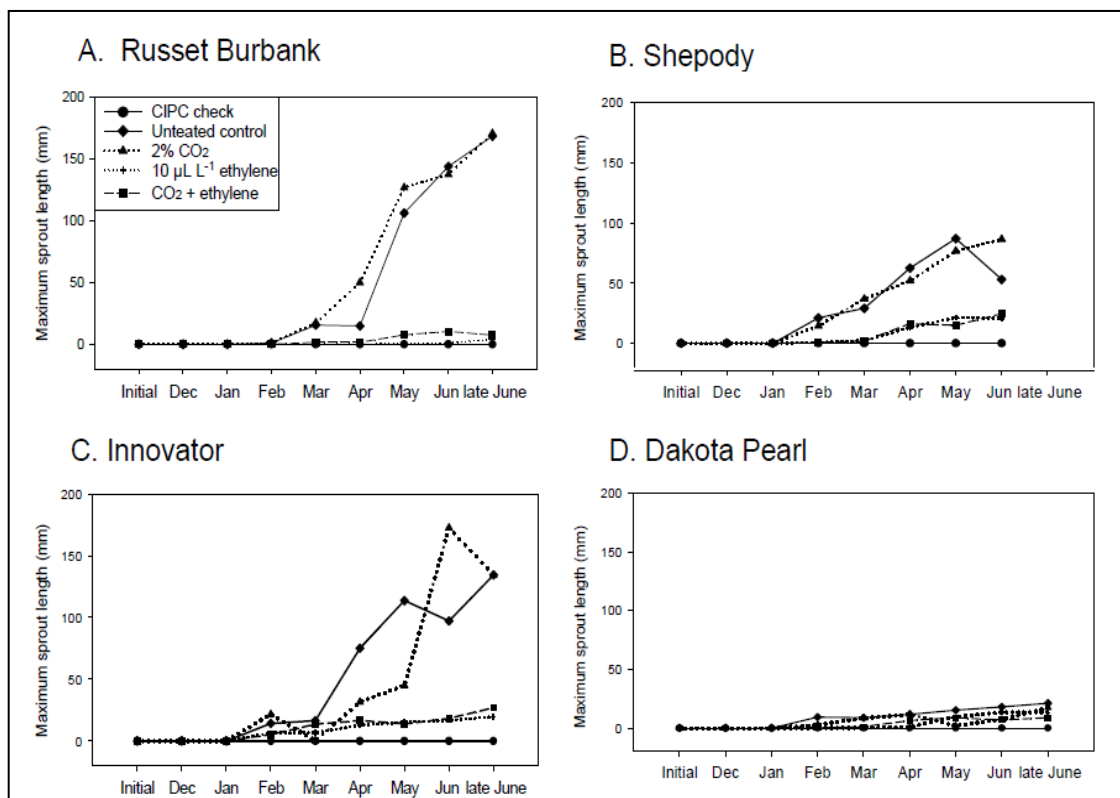
Grafiek 2: Effect van CO₂ in bewaring op spruitgroei



Bron: Pre's van buitenlucht, Harry Versluis en Cor Eldering, *Landbouwmecanisatie*, januari 2014

In Grafiek 3 wordt weergegeven dat bij testen met kieming van fritesaardappelen de onbehandelde- en 2%-CO₂ behandelde controle aardappelen, ruimschoots kieming lieten zien (de stippelijjn) bij Innovator, Russet Burbank en Shepody maar niet bij de variëteit Dakota Pearl. Ook een controle gaf vergelijkbare resultaten. Daarnaast blijkt uit de grafiek een duidelijk verschil tussen de variëteiten in mate van spruitgroei (lengte) als reactie op een 2% CO₂-waarde. De bewaring vond plaats gedurende meerdere maanden onder de genoemde condities.

Grafiek 3: Effect van 0% of 2% CO₂ tijdens bewaring op spuitgroei bij frites aardappelen



Bron: CO₂ and ethylene gas in Potato storage..., B Daniels-Lake

Burton heeft onderzoek gedaan naar het effect van CO₂- en O₂-concentraties in bewaarplaatsen op de kieming van pootaardappelen. Hierbij is wel gekeken naar verschillende concentraties, maar niet naar duur van blootstelling. Ook B. Daniels-Lake heeft gekeken naar het effect van CO₂ op kieming. Hetgeen echter ontbreekt is duidelijk onderzoek naar het effect van CO₂-gehalten aan het eind van de kiemrust van pootaardappelen, op de vitaliteit van het gewas dat met deze poters wordt geproduceerd. Zowel het aantal gekiemde ogen per eenheid pootaardappelen alsmede de groeikracht van de kiemen is hierbij van belang voor het bepalen van de benodigde hoeveelheid pootgoed en het gewenste aantal stengels per hectare.

3 CO₂-behandeling voor ontsmetting

Voor sanitaire redenen, om pootgoed insectenvrij te kunnen leveren, is het mogelijk om het product bloot te stellen aan hoge CO₂-concentraties gedurende een aantal dagen. Voor allerlei producten wordt deze techniek toegepast met CO₂-concentraties variërend van 10 tot 100%. [3]. Naar optimale CO₂-gehaltenes, tijdsduur en insect mortaliteit bij pootaardappelen wordt onderzoek gedaan.

Tijdens het ALAP-congres (Latijns Amerikaanse Aardappel Associatie) in Bogota 2014 is aangegeven dat een atmosfeer van 30% CO₂ met 20% O₂ en 50%N₂, gedurende 10 dagen, beschouwd kan worden als een quarantaine behandeling omdat geen enkel insect in geen enkel stadium van ontwikkeling deze behandeling overleeft, terwijl de behandeling geen effect heeft op de kieming van de knollen [18]. Uit de gepresenteerde resultaten wordt echter niet duidelijk in welke kiemrust-fase de behandeling heeft plaatsgevonden en nader onderzoek lijkt daarom geboden.

4 Lopende initiatieven

Er zijn twee niet afgeronde onderzoeken bekend welke hierna worden genoemd en waarin CO₂-invloeden worden onderzocht als hoofdelement of waarbij CO₂ wordt meegenomen in het onderzoek. Te zijner tijd zullen hiervan resultaten beschikbaar komen.

4.1 Ketenproject Verbetering Pootgoedkwaliteit

De Nederlandse aardappelsector voert een project uit om de kwaliteit van pootaardappelen te verbeteren. Het onderzoek is gestart met de pootgoedooft van 2016 [8].

De aanleiding is dat in het voorjaar 2016 op veel consumptieaardappelpercelen het pootgoed slecht kiemde.

Het doel van het project is om te achterhalen welke factoren tijdens de teelt en bewaring effect hebben op de vitaliteit van de aardappel. De initiatiefnemers willen de pootgoedkwaliteit beter kunnen vaststellen en verbeteren, en zo de opkomstproblemen in de consumptieteelt verminderen. De bedrijven hopen dat het leidt tot minder klachten en lagere faalkosten in de aardappelketen. De keuringsdienst NAK voert het project uit.

Het project duurt drie jaar en is een initiatief van Aviko, Agrico, Farm Frites, HZPC, Kleinjan, Lamb Weston, McCain, Meijer en Nedato. Gezien het belang van het project voor de hele aardappelsector, is een stuurgroep gevormd vanuit de organisaties VAVI (verwerkers) en NAO (handel).

Uit de pootgoedooft van 2016 worden 50 pootgoedpartijen van de rassen Agria, Challenger, Fontane en Lady Anna gevolgd via dataloggers. Dat zijn apparaatjes die gegevens verzamelen over bijvoorbeeld temperatuur, luchtvochtigheid en CO₂-gehalte.

Per pootgoedpartij worden afleveringen bij drie consumptieaardappeltelers gevolgd. Hierdoor lopen 150 percelen consumptieaardappelen mee in het onderzoek. Naast de monitoring via de datalogger, verzamelt het project gegevens van partijkeuringen, residu-analyses en bacterietoetsen. De deelnemende telers registreren hun handelingen. Van de partijen pootgoed wordt een deel uitgeplant op twee referentievelden.

De NAK beoordeelt in het groeiseizoen de 150 consumptiepercelen en de twee referentiepercelen op de stand van het gewas. Hiernaast onderzoekt de NAK de mogelijkheid van een toets die de vitaliteit van het pootgoed voorspelt. De NAK zal alle gegevens analyseren.

4.2 Effect van hoge concentraties CO₂ voor ontsmetten pootgoed

ICIA (Instituto Canario de Investigaciones Agrarias) gevestigd op Tenerife, heeft een onderzoek in uitvoering waarbij kiemcapaciteit van pootgaardappelen wordt geëvalueerd welke een CO₂-behandeling hebben ondergaan.

De aanleiding voor dit onderzoek is het ontwikkelen van een quarantaine methode die garandeert dat pootgoed vrij is van insecten opdat dit pootgoed zonder risico kan worden geëxporteerd (naar het vasteland van Spanje en de rest van Europa).

Concreet handelt het hier om:

- Evaluatie van de kiemcapaciteit van pootgaardappelen welke zijn behandeld met CO₂ (30% CO₂, 96 uur) (dit geeft op basis van voorafgaande studies een effectiviteit van 96%).
- Verkrijgen van de kinetiek van de mortaliteit van de insecten in verschillende stadia van ontwikkeling bij verschillende doses en tijden van blootstelling aan CO₂.
- Het vaststellen van het CO₂-gehalte dat de sterfte van 99,99983% van de insecten garandeert om het als een quarantainebehandeling vast te stellen.
- Als randvoorwaarde stellen dat deze behandeling geen negatief effect heeft op de kiemcapaciteit van pootgaardappelen.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Voorlopige conclusies

Voorlopige conclusies die kunnen worden getrokken uit deze literatuurstudie kunnen als volgt worden samengevat:

- Het percentage CO₂ in een pootgoed bewaarplaats lijkt geen invloed te hebben op de kieming zolang de aardappelen in kiemrust zijn [6].
- Een hoog CO₂-gehalte (bijvoorbeeld 7 dagen 60%) verkort de dormancy periode (kiemrust fase), mits toegediend in de late kiemrustfase [10].
- Indirect resulteert een hoog CO₂-gehalte in een laag O₂-gehalte hetgeen ‘zwarte harten’ kan veroorzaken. Echter, een laag O₂-gehalte lijkt tevens het kiemen te beïnvloeden, zowel in aantal als in groeisnelheid. Er lijkt een interactie te zijn tussen CO₂ en O₂ bij het beïnvloeden van de kieming [11] [19].
- Indirect stimuleert een hoog CO₂-gehalte de productie van ethyleen dat op haar beurt een effect kan hebben op de kiemrust, zowel verkorting (bij korte blootstelling) als verlenging (bij continu blootstelling) [3].
- Nadat de kiemrust is gebroken, stimuleert CO₂ de kiemgroei bij percentages tot 15% met een optimale kiemgroei rond 2-4% CO₂ afhankelijk van omstandigheden en ras [6].
- Bij een CO₂ gehalte van 0%, oplopend naar 2%, neemt de kieming geleidelijk toe [6].
- Bij een CO₂ gehalte van 4%, oplopend naar 15%, neemt de kieming geleidelijk af. Bij meer dan 15% CO₂ wordt de kieming volledig geremd [6].
- Bovenvermelde effecten betreffen alleen de concentraties CO₂. Variaties in effect gedifferentieerd naar duur van blootstelling onder deze condities zijn niet bekend.
- Voordelen van een hoog CO₂-gehalte tijdens de bewaring van pootaardappelen in kiemrust zijn niet aanwijsbaar.
- Het voorkomen van hoge CO₂-gehaltenes in bewaarplaatsen is relatief eenvoudig te regelen door sensoren te koppelen aan ventilatie met buitenlucht. Veelal wordt 4.000 ppm aangehouden als maximale waarde. Deze waarde lijkt een veilig gekozen waarde die het mogelijk maakt om pootaardappelen onder dezelfde omstandigheden te bewaren als consumptieaardappelen (voor de industrie) in relatie tot vorming van suikers uit zetmeel (verzoeting) [5].
- Onderzoek naar het effect van bewaring van pootaardappelen bij hoge CO₂-gehaltenes op de nateelt (opkomst, stengelaantal, opbrengst) geeft geen nadelige effecten bij waardes tot 4.300 ppm (en bij veel rassen zelfs niet bij hogere waardes tot 10.000 ppm). Dit geldt voor zowel de lange bewaring als voor de periode na het breken van de kiemrust waarbij niet geheel duidelijk is wat het effect is in welke periode van de bewaring [14].
- Zeker voor reefer transport van pootgoed, is het van belang om CO₂-gehaltenes goed te monitoren en niet te laten oplopen. Temeer omdat de poters op moment van transport mogelijk al tegen het breken van de kiemrust aanzitten en CO₂ de kieming verder stimuleert met het risico dat kieming te vroeg plaatsvindt [9].

5.2 Aanbevelingen

De literatuurstudie laat zien dat er enig onderzoek is gedaan naar de effecten van CO₂ in aardappelbewaring, maar roept tevens vragen op welke in bestaande onderzoeken niet zijn beantwoord.

Het is aan te bevelen om op naar de volgende zaken nader onderzoek te doen:

- Nader onderzoek naar het stimuleren van het doorbreken van de kiemrust met behulp van oplopende CO₂-waarden in de laatste fase van de kiemrust waarbij tevens het vaststellen van het precieze moment in de kiemrustfase wordt meegenomen. *Het stimuleren van het doorbreken van de kiemrust kan van belang zijn bij export van pootgoed naar gebieden op het noordelijk halfrond waar het vanwege een kort teeltseizoen van belang is om vroeg te planten (November). Dat geldt bijvoorbeeld voor de Sahel-zone (Senegal, Sudan etc.). Kieming kan hierin een beperkende factor in zijn.*
- In beperkte mate is aan te bevelen om ras-specifiek te onderzoeken welke maximale CO₂-waarde veilig is voor verlenging van kiemrustperiode en behoudt van kwaliteit van pootgoed. *Een lage bewaartemperatuur en het uitrusten van bewaarplaatsen met een veilige CO₂ setting gekoppeld aan ventilatie, kan kosten besparen door het voorkomen van meer ventilatie dan nodig is. De winst die te hierbij te behalen is waarschijnlijk beperkt en tevens zeer ras-specifiek.*
- De invloed van CO₂ (concentraties en duur van blootstelling) in de laatste fase van de bewaring, tijdens en na het breken van de kiemrust, op de vitaliteit van een gewas vergt nader onderzoek. Hierbij zou ook meer specifiek naar de periodes en mate van kiemrust kunnen worden gekeken. Zowel de groeikracht als het aantal te verwachten stengels per gegeven eenheid pootgoed zijn hierbij van belang.
- Problemen met kieming van bepaalde partijen pootgoed kunnen mogelijk worden verholpen of verminderd door het verhogen van CO₂-concentratie in de bewaarloods vlak voor het leeghalen om te planten. Optimale effecten zijn ras- en omstandigheden specifiek en verdienen nader onderzoek.
- Nader onderzoek naar het effect van CO₂-concentraties op de mogelijkheid om de topspruit dominantie te doorbreken zou interessant zijn in verband met stengelaantallen, maar er is vooralsnog geen indicatie welke wijst naar die mogelijkheid.

6 Literatuur

Referenties:

- [1] Coleman, W.K., (1998) ‘Carbon Dioxide, Oxygen and Ethylene Effects on Potato Tuber Dormancy Release and Sprout Growth’ *Annals of Botany*, 82, pp 21-27
- [2] Mazza, G., (1989) “Carbon dioxide concentration in commercial potato storages and its effect on tubers for processing”
- [3] Daniels, B., Prange R., Walsh J., (2005) “Carbon dioxide and ethylene: a combined influence on potato fry colour” , *HortScience*, 40, pp 1824-1828
- [4] Versluis, H, Eldering, C., (2014) “Pre’s van buitenlucht”, *Landbouwmecanisatie/01*
- [5] Eeckhout, I., Boussery, K., “Praktijkids voor de bewaring van consumptieaardappelen”
- [6] Burton, W.G.(1958), “The effect of the concentrations of carbon dioxide and oxygen in the storage atmosphere upon the sprouting of potatoes at 10°C”, *European Potato Journal* June 1958, Volume 1, Issue 2, pp 47-57
- [7] Bewaring van aardappelen, Aviko potato
- [8] Engwerda, J. (2016), “Aardappelsector start kwaliteitsprojectpootgoed”, *Akkerbouw* 10
- [9] Lucasse, L., (2015), “CO₂ in reebers loaded with seed potatoes”, (Wageningen UR Food & Biobased Research)
- [10] Withshire, Cobb (1996), “A review of the physiology of potato tuber dormancy”
- [11] Bus, C.B. (1996), “Teelthandleiding Pootaardappelen – Bewaring”, PPO-agv,
- [12] Veerman A., Struik P.C., Evenhuis A., Bus C.B., Bos D. (2005), “Haalbaarheidsstudie voor de voorspelling van kiemrust en groeikracht van aardappelpootgoed”, PPO-AGV,
- [13] Struik P.C., (2017), “Kwaliteit van pootgoed en plantenfysiologie. Variatie in groeikracht en gevolgen voor opbrengstvorming”, *Landelijke pootaardappeldag*, 17 januari 2017
- [14] Tubben E., (2017), “CO₂ in de pootaardappel bewaring”, afstudeerwerkstuk Aeres hogeschool Dronten
- [15] Jonkheer E., (2014), “Praktijkinzet van ethyleen maakt pootgoedbewaring flexibeler”, *Aardappelwereld/okt.*
- [15] Lucasse L., Verschoor J., Otma E., “CO₂ in geventileerde bewaarplaatsen”, Wageningen Food & Biobased Research
- [16] Daniels-Lake B.J., (2013), “Carbon dioxide and ethylene gas in the potato storage atmosphere and their combined effect on processing colour”, PhD thesis Wageningen University, Netherlands
- [17] Resumen de objetivos ‘saneamiento de tubérculos de papas de semilla y consumo en almacen, utilizando atmósferas controladas enriquecidas en dixido de carbono, y establecer un método cuarentenario que permita asegurar que los tubérculos quedan libres del insecto en cualquiera de sus fases de desarrollo
(http://www.icia.es/icia/index.php?option=com_content&view=article&id=3879&catid=42&Itemid=202)

- [18] Rios D. (2014), “Como eliminar la polilla gutemalteca de la papa durante la poscosecha”, ALAP Bogota 2014, Redepapa.org
- [19] Huarte M.A., Capezio S.B. (2009), “Cultivo de Papa”, Unidad Integrada Balcarce INTA-UNMdP