

Invloed van stress op kiemkracht pootgoed

AFSTUDEERSCHRIPTIE NAAR DE INVLOED VAN STRESS OP DE KIEMKRACHT VAN
POOTAARDAPPELEN TIJDENS HET BEWAARSEIZOEN EN DE BEVORDERING VAN
KIEMING EN OPBRENGST DOOR STRESS.



Invloed van stress op kiemkracht pootgoed

AFSTUDEERSCHRIPTIE NAAR DE INVLOED VAN STRESS OP DE KIEMKRACHT VAN
POOTAARDAPPELEN TIJDENS HET BEWAARSEIZOEN EN DE BEVORDERING VAN KIEMING
EN OPBRENGST DOOR STRESS.



Auteur: Robin Wolthuis
Project: Afstudeerscriptie
Invloed van stress op kiemkracht pootgoed
Periode: Mei – juni 2019
Onderwijsinstelling: Aeres hogeschool Dronten
Opleiding: Tuin- en akkerbouw

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u ligt het vooronderzoek voor een literatuurstudie met als onderwerp: De invloed van stress op de kiemkracht van pootaardappelen tijdens het bewaarseizoen en de bevordering van kieming en opbrengst door stress. Het vooronderzoek is een deel van het afstudeerwerkstuk wat in het laatste leerjaar van de opleiding Tuin- en akkerbouw geschreven wordt. Het afstudeerwerkstuk is geschreven in opdracht van de Aeres hogeschool Dronten en is daarmee een openbaar product. Mijn coach tijdens het schrijven van dit rapport was Piet Haak, docent akkerbouw aan de Aeres hogeschool Dronten.

Tijdens de opleiding Tuin- en akkerbouw is er veel geschreven over verschillende onderwerpen, soms vooraf vastgesteld, maar vaak ook niet. De keuze voor dit onderwerp komt voor uit mijn interesse voor pootaardappelen en de onderzoeksvraag van mijn stageopdracht bij Stichting Proefboerderij Noordelijke Akkerbouw.

Bij deze wil ik Piet Haak bedanken voor de begeleiding, en het geven van feedback tijdens het schrijven van dit vooronderzoek. Daarnaast wil ik ook de groepsleden van de afstudeerkring aardappelen bedanken voor de kritische blik op mijn rapport, leerzame dagen en bovenal de gezellige sfeer.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Robin Wolthuis

Kollumerwaard, 11 juni '19

Verklarende begrippenlijst

Afkorting	Engels	Nederlands
ABA	Abscisic acid	Abscisinezuur
ADP	Adenosine diphosphate	Adenosinedifosfaat
ATP	Adenosine triphosphate	Adenosinetrifosfaat
BBCH75	-	Groeistadium eerste bes Aan de aardappelplant
BBCH90	-	Groeistadium afrijping Eerste gele bladeren zichtbaar
CO ₂	Carbondioxide	Koolstofdioxide
Fru-6-P	Fructose-6-phosphate	Fructose-6-fosfaat
GA	Gibberellic acid	Gibberellinezuur
Glu-1-P	Glucose 1-phosphate	Glucose 1-fosfaat
Glu-6-P	Glucose 6-phosphate	Glucose 6-fosfaat
GWD	Alpha-glucan, water dikinase	-
HMGR	3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase	
IAA	Indole-3-acetic acid	indol-3-azijnzuur
NADH	Nicotinamide adenine dinucleotide	Nicotinamideadenine-dinucleotide
O ₂	Oxygen	Zuurstof
PWD	Phosphoglucan, water dikinase	-
Tre-6-P	trehalose 6-phosphate	trehalose 6-fosfaat
UPD-glucose	Uridine diphosphate glucose	Uridine difosfaat glucose
UPD- Glucose Pyrofosforylase	UDP-Glucose Pyrophosphorylase	UDP-glucose Pyrofosforylase

Samenvatting

In deze literatuurstudie wordt er gekeken naar de invloed van verschillende stressvormen op de kiemontwikkeling van pootaardappelen tijdens de bewaring. Aardappelknollen kunnen in de bewaring namelijk verschillende vormen van stress ervaren. Denk hierbij aan warme of koude perioden, voor- en afkiemen, koolstofdioxide, (zon)licht en kiemremmers.

Het doel van deze literatuurstudie is om aardappelknollen fysiologisch te verouderen. Aardappelknollen worden tegenwoordig soms fysiologisch jong gepoot doordat de aardappelknollen relatief koud, bij soms wel 3°C, bewaar worden waardoor de aardappelknol achterblijft in stengel- en knolaanleg. Ook vroege exportpartijen worden na de oogst in het middellandse zeegebied al in januari of februari uitgeplant. Daarom wordt er gekeken hoe bepaalde stressvormen de knolfysiologie veranderen en kieming gestimuleerd kan worden.

De vraag naar exportwaardig pootgoed neemt sterk toe, het areaal pootgoed groeit met mate. Om aan de vraag te voldoen is meer pootgoed nodig. Aardappelknollen stimuleren middels stress om meer kiemen en knollen voorts te brengen is daarom interessant voor pootaardappeltelers. Effecten van de warmtestoot, voor- en afkiemen, (zon)licht en effecten van kiemremmers zijn veelvuldig beschreven. De precieze werking van deze methoden in mindere mate. Waar nog minder over geschreven is, zijn de effecten van CO₂ en de koude bewaarperiode. Hoge CO₂ concentraties en lage bewaartemperaturen worden veelal negatief in verband gebracht, doordat deze tot verzoeting van aardappelknollen leidt. Toch is er met CO₂ en kou een voordeel te behalen.

Literatuur uit boeken, rapporten en vakbladen boden voldoende onderbouwing om de deelvragen te beantwoorden. De invloed van een warme bewaarperiode is dat het enzymproces in de aardappelknol versneld wordt. Bij afkiemen zorgt de verandering in hormoonhuishouding juist dat er meer ogen loskomen en gaan kiemen. Bij het voorkiemen was een soortgelijk resultaat te zien, over de tijd namen bepaalde hormonen af waardoor kiem bevorderende hormonen het over namen. Bij de kiemremmers op basis van het hormoon d-carvon werd duidelijk dat een bepaald enzym, belangrijk voor de aanmaak van een zuur die cel processen regelt, geremd of afgebroken wordt. Bij ethyleen is wel goed duidelijk wat het doet, maar is er geen beschrijving van het proces te vinden. Tenslotte zorgen CO₂ en een lage bewaartemperaturen voor verzoeting. Lage bewaartemperaturen zorgen voor de afbraak van zetmeel naar sacharose. Vervolgens wordt het uitsplitst in glucose en fructose, bouwstoffen voor de kiem, en wordt een deel verademd door de aardappelknol. Ook koolstofdioxide zorgt voor afbraak van zetmeel naar suikers. Hoe dit precies werkt is niet beschreven.

Vervolgonderzoek naar invloed van een warmtestoot in tweekuubskisten, zonder gebruik van kiembakken, zal in de toekomst een goede aanvulling geven voor de vervroeging van pootgoed. Meer onderzoek naar de invloed van koolstofdioxide en de relatie met zuurstof en ethyleen kan in de toekomst een meerwaarde bieden bij het vervroegen van kiemgroei of doorbreken van de kiemrust. Tenslotte is het preparatieproces, waarbij gestuurd wordt met kou, bij aardappelen nog onvoldoende onderzocht om in de praktijk als telers mee te werken.

Abstract

This literature study looks at the influence of different forms of stress on the sprout development of seed potatoes during storage. Potato tubers can experience various forms of stress during storage, warm or cold periods, de-sprouting, pre germination, carbon dioxide, (sun)light and sprout inhibitors.

The purpose of this literature study is to physiologically age potato tubers. Potato tubers are nowadays sometimes planted physiologically young because the potato tubers are stored relatively cold, sometimes as cold as 3°C. This results in potato tubers which form a small number of stems and tubers. Early export batches are also planted out in January or February in the Mediterranean area after they have been harvested in The Netherlands. That is why research is being done to look at how certain forms of stress change tuber physiology and how germination can be stimulated.

The demand for export-worthy seed potatoes is increasing sharply, the area of seed potatoes is growing moderately. More seed potatoes are needed to meet the demand. Stimulating potato tubers to grow more stems and new tubers by stress therefore is interesting. Effects of heat shock, de-sprouting, pre germination, (sunlight) and effects of sprout inhibitors have been described many times. The exact working of these methods to a lesser extent. Less is written about the effects of carbon dioxide and the cold storage period. High carbon dioxide concentrations and low storage temperatures are often negatively associated, as this leads to sweetening of potato tubers. Nevertheless, an advantage can be gained with carbon dioxide and cold storage temperature.

Literature from books, reports and trade journals offered enough support to answer the sub questions. The influence of a warm storage period is that the enzyme process in the potato tuber is accelerated. De-sprouting changes the hormone balance in the potato tuber causing more eyes to come loose and germinate. A similar result was seen during pre-germination, certain hormones decreased over time, eventually sprout-promoting hormones took over. In the case of the sprout inhibitors based on the hormone d-carvone, it became clear that a certain enzyme, important to produce an acid that regulates cell processes, is inhibited or broken down. With ethylene it is quite clear what it does to potato tubers, but there is no literature of the process itself. Potato tubers will be sweetened under the influence of carbon dioxide and low storage temperatures. Low storage temperatures cause degradation of starch into sucrose. When sucrose is broken down, the potato uses it for respiration or forms glucose and fructose, a building material for the sprouts. Carbon dioxide also causes degradation of starch into sugars. The exact working is not described.

Further research of heat shock influence on potato tubers in large potato boxes, without using pre-sprouting crates, will provide an earlier potato crop. More research into the influence of carbon dioxide and the relationship with oxygen and ethylene can offer added value to better understanding the sprout growth or dormancy breaking. Finally, the preparation process with low temperatures have not been investigated well enough to be used by seed potato growers in practice.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Verklarende begrippenlijst	4
Samenvatting.....	5
Abstract	6
Hoofdstuk 1 Inleiding	9
§1.1 Wat is er al bekend	10
§1.2 Wat is er nog niet bekend?	11
§1.3 Hoofdvraag- en deelvragen	11
§1.4 Doelstelling	12
Hoofdstuk 2 Methodiek & theorie	13
§2.1 Inleiding	13
§2.2 Welke invloed heeft (een) warmte(stoot) op de knolfysiologie?	13
§2.3 Welke invloed heeft afkiemen van pootgoed op de aardappelknolfysiologie?	13
§2.4 Welke invloed heeft voorkiemen in combinatie met (zon)licht op de aardappelknolfysiologie?	14
§2.4 Welke invloed heeft koolstofdioxide op de aardappelknolfysiologie?	14
§2.6 Welke invloed heeft een koude bewaarperiode op de aardappelknolfysiologie?	15
§2.7 Welke invloed hebben kiemremmers, zoals Talent en Restrain ethyleen, op de aardappelknolfysiologie?	15
Hoofdstuk 3 Resultaten	16
§3.1 Inleiding	16
§3.2 Welke invloed heeft (een) warmte (stoot) op aardappelknolfysiologie?	16
§3.3 Welke invloed heeft afkiemen van pootgoed op de aardappelknolfysiologie?	17
§3.4 Welke invloed heeft voorkiemen in combinatie met (zon)licht op de aardappelknolfysiologie?	18
§3.5 Welke invloed heeft koolstofdioxide op de aardappelknolfysiologie?	22
§3.6 Welke invloed heeft een koude bewaarperiode op de aardappelknolfysiologie?	24
§3.7 Welke invloed hebben kiemremmers, zoals Talent en Restrain ethyleen, op de aardappelknolfysiologie?	26
3.8.1 Restrain ethyleen	26
3.8.2 Talent (d-carvon)	26
3.8.3 Biox-m (muntolie)	27
Hoofdstuk 4 Discussie	28
§4.1 Inleiding	28
§4.2 Resultaten per deelvraag	28
§4.2.1 Welke invloed heeft (een) warmte (stoot) op aardappelknolfysiologie?	28

§4.2.2 Welke invloed heeft afkiemen van pootgoed op de knolfysiologie.....	28
§4.2.3 Welke invloed heeft voorkiemen in combinatie van (zon)licht op de knolfysiologie	29
§4.2.4 Welke invloed heeft koolstofdioxide op de knolfysiologie	29
§4.2.5 Welke invloed heeft een koude bewaarperiode op de knolfysiologie	30
§4.2.6 Welke invloed hebben kiemremmers, zoals Talent en Restrain ethyleen voor invloed op de knolfysiologie.....	30
§4.3 Gegevensverzameling	31
Hoofdstuk 5 Conclusie & aanbeveling.....	32
§5.1 conclusie.....	32
§5.2 Aanbeveling	33
Verwijzingen	34
Bijlagen	41
Bijlage 1 Invloed van zonlicht op de aardappelknol tijdens de bewaring. Bron: Seed Potato Performance after Storage in Light at Elevated Temperatures	41
Bijlage 2 Totaalopbrengsten uit verschillende proefvelden. Bron: CILO	41
Bijlage 3 Opbrengsten per maat in kg/are, sortering en financieel per are bij verschillende methoden van bewaren en voorkiemen van pootaardappelen. Bron: J.K. Ridder, PAGV.....	43
Bijlage 4 kiemlengte per behandeling met CIPC, onbehandeld, ethyleen, CO2 en combinatie ethyleen met CO2. Bron: Daniels-lake 2012	44
Bijlage 5 kiemgewicht per behandeling met CIPC, onbehandeld, ethyleen, CO2 en combinatie ethyleen met CO2. Bron: Daniels-lake 2012	45

Hoofdstuk 1 Inleiding

De pootgoedteelt is in Nederland de laatste jaren steeds meer in de belangstelling gekomen. De relatief constante prijsvorming (Pootgoedprijs HZPC hoogste in negen jaar, 2017) van de laatste jaren kan hier wellicht een reden van zijn. Het totale aangegeven areaal pootgoed van 2018 was een record hoeveelheid van 41.741 hectare (Pootaardappelen winnen terrein, 2016) en beslaat daarmee 8% van het totale landbouwareaal (516.174 hectare) in Nederland.

Doordat er een stijgende lijn zit in de verkoop (afzet) van pootaardappelen (Agrico, 2018) en de teelt voor een goed financieel saldo zorgt (Meulen, 2018), neemt de interesse in het telen van pootgoed toe (Engewerda, 2018). De toenemende vraag naar land drijft momenteel de huurprijzen in pootgoed gebieden op (Honger naar huurgrond niet te stillen, 2014). Daarom blijven ontwikkelingen in de aardappelwereld steeds doorgaan om met hetzelfde areaal meer pootaardappelen te produceren. Ontwikkelingen in raseigenschappen (2018), poottechnieken (2017), gewasbeschermingsmiddelen, bemestings-adviezen en teeltmethoden gaat, en zal blijven, doorgaan (Landelijke pootaardappeldag: veel veranderingen op komst in pootgoedteelt, 2017). Daarnaast worden er steeds meer rassen gekweekt die lang bewaarbaar moeten zijn omdat chemische kiemremmers in steeds mindere mate aanwezig zijn. Door de lange kiemrust kan dit na het poten van de knollen voor een latere opkomst zorgen, wat als ongewenst wordt gezien. Als bijdrage voor het optimaliseren van pootgoed opbrengsten, zowel in ton per hectare als financieel, wordt er in deze literatuurstudie onderzoek gedaan naar de invloed van stress tijdens de bewaring van het pootgoed.

Deze literatuurstudie kan een bijdrage leveren aan het onderzoek voor het stagebedrijf SPNA, waar student Robin Wolthuis stage loopt. Het vraagstuk wat bij SPNA ligt is een praktijkproef in combinatie met een literatuuronderzoek over de invloed van bepaalde stressvormen op de kiemkracht van pootgoed. De praktijkproef, die uitgevoerd wordt door SPNA in opdracht van de pootaardappelacademie, zal niet bijdragen aan deze literatuurstudie omdat deze proef in het najaar van 2019 geoogst wordt, waardoor niet alle data tijdig beschikbaar komt. Het vraagstuk dat hier behandeld wordt is hoe de kiemgroei op pootaardappelen gestimuleerd kan worden. Er zijn aanwijzingen dat verschillende stressfactoren kieming kunnen stimuleren (Juknevice, Venskutoniene, Pranaitiene, & Duchovskis, 2011). Dit onderwerp komt voort uit interesse van de student en de plek waar stagegelopen wordt, in combinatie met de opdracht die daar uitgevoerd wordt.

Een dergelijk literatuurstudie kan pootgoedtelers in Nederland een inzicht geven over de invloeden van verschillende bewaarfactoren en de invloed op de kiemkracht van het uitgangsmateriaal. In deze studie wordt expliciet géén onderzoek gedaan naar invloed van stress van ziekten en plagen, en de samenhangende opbrengstderving. Voornamelijk de invloed van stress op de kiemkracht van de aardappel tijdens de bewaring, het daarbij samenhangende opbrengstpotentieel en hoe de opbrengst hiermee te bevorderen valt worden hier onderzocht. Ook het onderzoek naar biotische factoren wordt hierin niet meegenomen.

Als uit deze literatuurstudie blijkt dat met verschillende vormen van stress de opbrengstpotentie van een pootaardappel gewas verhoogd kan worden, dan kan dat invloed hebben op meerdere partijen. Allereerst kan een pootaardappelteler wellicht voordeel behalen als blijkt dat er structureel meeropbrengst met een bepaalde stressfactor valt te behalen. Daarnaast kan een toeleverancier van Talent of Restrain ethyleen belang hebben bij de uitkomst. Tenslotte kan de afnemer van het pootgoed wellicht een grotere verkoopbare partij, in de juiste maat, verkopen. Wat ook zeker niet onbelangrijk is, is de invloed van bepaalde stressvormen op de natuur. Hoe minder chemie, des te duurzamer en daarmee beter voor het milieu.

§1.1 Wat is er al bekend

In de literatuur is er onderzoek gedaan naar stressfactoren bij aardappelen. Onderwijsinstellingen van hbo- en universitair niveau, bedrijven en onderzoekers hebben hier onderzoek naar gedaan. Voornamelijk proeven, uitgevoerd door Amerikaanse en Nederlandse onderzoekers, bevatten betrouwbare en relevante informatie. In verscheidene rapporten is er ook gekeken welke vormen van stressinvloed kunnen hebben op de knolfysiologie, de leeftijd van de knol en daarmee samenhangende kiemkracht (Veerman, Struik, Evenhuis, Bus, & Bos, 2005). Dit is goed om te bepalen om de knol op het juiste moment te kunnen planten. Te vroeg planten zal een trage opkomst met weinig stengels kunnen veroorzaken, terwijl er bij een knol die in een fysiologisch oud stadium verkeert, onderzeeërvorming kan optreden (Haverkort, 2018). Onderzeeërvorming treedt op wanneer een aardappelknol relatief 'oud' is waardoor er geen bovengrondse plant gevormd wordt en de knol direct de energie in nieuwe knollen stopt. De fysiologisch 'versleten' knol kan optreden door een hoge bewaartemperatuur in de cel (Mulder & Turkensteen, 2008). Wanneer deze knol vervolgens gepoot wordt in koude en natte grond vormt de pootaardappel nieuwe knolletjes voordat de plant boven komt. (Mulder *et al.*, 2008)

Het onderzoek naar de verschillende stressfactoren bij aardappelknollen tijdens het bewaar seizoen gaat continue door. In de jaren 70,80 en 90 is onderzoek gedaan naar voorkiemen, invloed van zonlicht en het roteren van aardappelen (Bus, 1992). In de jaren die hierop volgden kwam ethyleen als kiemremmer meer in de bekendheid te staan. (Prange, Daniels-Lake, & Pruski, 2005). Voornamelijk het bewaren van aardappelen naast appels waren proeven voor het beoordelen van het effect van ethyleen op aardappelen (Elmer, 1936). Na het positieve effect van ethyleen op het rijpen van fruit kwam Shing in 1970 met proefresultaten uit proeven met pootaardappelen die aantoonde dat de knolgrootte af nam, maar het aantal knollen toe nam (Arshad & Frankenberger, 2002). Tegenwoordig wordt in Nederland 4.000 hectare aardappelen met ethyleen behandeld (Rendementsverhoging in (poot)aardappelen met Restrain ethyleen, 2016). Ook het middel Talent, een kiemremmingsmiddel van Adema, is een bewezen en betrouwbaar product dat in 2005 op de Nederlandse markt kwam (Lee, 2012). Talent heeft, net als ethyleen, een remmende werking op het kiemen van aardappelen maar dan via op een andere manier. Daar waar Talent de kiem afbrandt (Hanse, 2012) en zo de topspruitdominantie, ook wel apicale dominantie genoemd, doorbreekt, zorgt ethyleen voor de onderdrukking van de celstrekking. Het gevolg van de onderdrukking van celstrekking is dat de kiem dik en kort blijft. Omdat de celdeling wel door loopt komen er meer ogen op de knol los (Brinke). Ook hier is jaren onderzoek naar gedaan en is dus veel over bekend (Hartmans, Bakker, Gorris, & Diepenhorst, 1995).

Enkele stressfactoren waar minder over bekend is, is de invloed van koude en een verhoogde CO₂ concentratie op aardappelen. Momenteel wordt hier wel onderzoek naar gedaan door aardappelhandelshuizen. Daarom is de verwachting wel dat via de juiste kanalen deze informatie gevonden kan worden.

Er wordt dus gekeken naar de abiotische stressfactoren tijdens het bewaar seizoen die invloed kunnen hebben op het opbrengstpotentieel. Enkele factoren die onderzocht worden zijn:

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1. Voorkiemen | 5. Warmte |
| 2. Afkiemen | 6. Koude |
| 3. Zonlicht | 7. Kiemremmingsmiddelen |
| 4. CO ₂ | |

§1.2 Wat is er nog niet bekend?

Noordelijke pootgoedtelers gebruiken kisten roteersystemen, Restrain ethyleen en Talent voor het onder controle houden van de pootaardappelen en het verhogen van het aantal kiemen. Vandaag de dag willen de pootgoedtelers middels natuurlijke stressfactoren als de warmtestoot, koudestoot en CO₂ verhoging in de bewaarcel, het kiemaantal verhogen. Minder middelgebruik en dus een lage kostprijs en milieubelasting is de doelstelling. Niet iedereen gelooft dat de warmte- en koudestoot of CO₂ verhoging een positief effect gaan geven op het aantal ogen wat loskomt. Toch zijn bedrijven druk bezig met onderzoek hierna en geven agrarische adviesbureaus aan dat een juist 'koud' bewaarregime bijdraagt aan stengel- en knol aantal.

Welke invloed verhoogde CO₂ concentratie in een bewaarcel en een 'koude' bewaarregime hebben op de fysiologische leeftijd van de aardappelknollen is nog onduidelijk. Momenteel zijn aardappelhandelshuizen wel bezig met het onderzoek naar de invloed van CO₂ op aardappelen in de bewaring. Adviesbureau TTW uit Oude Tonge, Zuid-Holland, is momenteel bezig met het onderzoek en implementeren van een 'koude' bewaarregime. In de literatuur is niet veel informatie aanwezig die duidelijk aangeeft wat voor invloed kou op de aardappelknol heeft. Wel zijn er aanwijzingen dat door een koudestoot het aantal kiemen op een aardappel kan toenemen. Ook geeft Cornelis Knops, van TTW, aan dat niet alleen de manier van bewaren, maar ook de gehele begeleiding van een aardappelteler bij de teelt, bijdraagt aan de opbrengstverhoging van aardappelen (Wolthuis, 2018). Dat hangt namelijk ook af van onder andere het onderwatergewicht, hoofd- en sporenelementen in de knol, oogst- en plantdatum en nog meer factoren.

Het streven naar een grote hoeveelheid kiemen aan de aardappelknol is wat pootaardappel telers proberen te stimuleren met bepaalde handelingen. Bij bepaalde rassen pakt het roteren, waarbij de kist meerder malen gedraaid wordt om de aardappel van kiem te ontdoen, juist goed uit. Bij andere rassen kan Talent (carvon) of Restrain ethyleen de juiste methode zijn. Echter is het van belang om te weten wat het juiste aantal kiemen is voor een ras en potermaat. Onderzoek naar het de opbrengstverhouding, tussen kiem en knolaantal in de juiste maat, kan inzicht geven in welke rassen gestuurd moeten worden op veel kiemen te produceren, en welke weinig (Bus, 1988). Er wordt vaak gesproken over stengels per m² omdat dit een maatstaaf is voor het te verwachten aantal knollen (Bus, Teelthandleiding pootaardappelen pootgoedbehandeling, 1996). Hoogleraar gewasfysiologie Paul Struik van WUR wil middels modellen en technieken kunnen bepalen hoe een pootaardappel er fysiologisch aan toe is om zo een optimale ontwikkeling van de knol te waarborgen (Akkerwijzer, 2019).

§1.3 Hoofdvraag- en deelvragen

Uit de voorgaande paragraaf kan worden afgeleid dat pootaardappelknollen beter voorbehandeld moeten worden om meer verkoopbaar pootgoed te oogsten met hetzelfde areaal.

De hoofdvraag luidt als volgt:

"Hoe kan er door verschillende stressfactoren invloed uitgeoefend worden op het aantal kiemen op een pootaardappelknol?"

De deelvragen zijn opgesteld aan de hand van de hoofdvraag. De deelvragen worden elk beantwoord waarmee de hoofdvraag uiteindelijk beantwoord kan worden.

1. Welke invloed heeft een warmtestoot op de aardappelknolfysiologie?
2. Welke invloed heeft afkiemen op de aardappelknolfysiologie?
3. Welke invloed heeft voorkiemen in combinatie met (zon)licht op de aardappelknolfysiologie?
4. Welke invloed heeft een verhoogde CO₂ concentratie op de aardappelknolfysiologie?
5. Welke invloed heeft een koude op de aardappelknolfysiologie?

6. Welke invloed hebben kiemremmers, zoals Talent en Restrain ethyleen, op de aardappelknolfysiologie?

§1.4 Doelstelling

In deze paragraaf wordt bekeken wat de doelstellingen zijn van deze literaire studie. Deze literatuurstudie kan een pootaardappelteler handvatten geven om het bewaarproces te sturen met een bepaald doel. Dat doel is het verbeteren van de kieming van pootaardappelen en hoe dit te realiseren valt. Middels het schrijven van een gedegen literatuurstudie kan het zijn dat pootgoedtelers anders gaan kijken naar het voorkiemproces van pootaardappelen. Door verschillende bewaarsystemen mee te nemen in deze studie kan het voor een breed publiek interessant en toepasbaar zijn. Uit de literatuurstudie zal allereerst moeten blijken welke vormen van stress een betere kieming tot gevolg kunnen hebben. Daarnaast is het de bedoeling dat na de kieming er een groot aantal knollen gezet wordt die dan tenslotte ook vastgehouden worden door de plant en uitgroeien tot volwaardige pootaardappelen. Hierbij wordt een verkoopbare maat aangehouden van 28 tot 55 á 65 millimeter knollen.

De belangrijkste doelgroep voor deze literatuurstudie zijn de pootaardappeltelers in Nederland. Er is gekozen voor deze doelgroep omdat de manier van pootgoed verbouw in Nederland grotendeels gelijk is waardoor deze literatuurstudie interessant kan zijn. Daarnaast kan de studie ook een bijdragen leveren aan de manier waarop chips, friet -en consumptieaardappeltelers het pootgoed voorbehandelen voordat deze gepoot worden. Echter wordt er niet specifiek toegespitst in de literatuur op deze groepen aardappeltelers.

Hoofdstuk 2 Methodiek & theorie

§2.1 Inleiding

Onderzoek naar de manier van het bewaren van pootaardappelen is een complex en uitgebreid pakket. Een gestructureerde aanpak van het onderzoek naar de stressinvloeden op pootaardappelen in de bewaring is daarom noodzakelijk. Dit hoofdstuk beschrijft de methodiek en de focus van het onderzoek. De manier waarop de informatie wordt verkregen, is per deelvraag uitgeschreven. Daardoor krijgt het rapport een duidelijke structuur die in alle hoofdstukken gehanteerd kan worden. Daarmee wordt het een gestructureerd en duidelijk leesbaar verhaal.

§2.2 Welke invloed heeft (een) warmte(stoot) op de knolfysiologie?

Middels een warmtestoot wil de teler het voorjaar nabootsen door de ideale kiemomstandigheden te realiseren voor aardappelen. Na de kiemrust zal bij een temperatuur van 20° C (Beukema & Zaag, 1990) en een relatieve luchtvochtigheid van 95% de knol het beste kiemen (Bus, 1992). Desondanks was er bij het aantal stengels per poter, opbrengst en knolverdeling geen verschil meer te zien in het veld tussen de verschillende luchtvochtigheidspercentages maar wel tussen de verschillende rassen (Bus, 1992). Vervolgens kunnen deze aardappelen dan gaan kiemen waardoor eerst de topspruit loskomt, en later de andere ogen loskomen. Na de warmtestoot moeten de aardappelen 1-3 weken bij 10° C gezet worden in (zon) licht (Beukema & Zaag, 1990). Ook het artikel Seed Potato Performance after Storage in Light at Elevated Temperatures (Molmann & Johansen, 2017) en het rapport Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen (Ridder, 1987) zijn relevante bronnen voor het beantwoorden van deze deelvraag. De warmtestoot zorgt zoals aangegeven dat de aardappel in een optimaal kiemklimaat komt. Hierdoor zal de knol uit de kiemrust komen en is het de bedoeling dat er meerder ogen los komen. In het Groningse Eenrum en Ulrum zijn telers bekend die dit ook voor het pootgoed doen. Eén teler doet dit in kiembakken waarna deze twee maanden buiten gezet worden om af te harden, een andere teler doet dit in 1300 kilo kisten. Dat laatste is iets wat niet gebruikelijk is, daarom zal deze teler benaderd worden om te kijken hoe dit in het werk gaat (Wolthuis, 2019).

§2.3 Welke invloed heeft afkiemen van pootgoed op de aardappelknolfysiologie?

Van nature zal een aardappelknol onder de meest ideale omstandigheden slecht één uitloper vormen, de topspruitdominantie, ook wel apicale dominantie genoemd (Veerman, 2003). Daarmee kan de knol namelijk een plant produceren die knollen aanmaakt voor een nieuw seizoen, waardoor de overleving van de aardappelknol wordt verzekerd. Wanneer deze uitloper juist wordt afgebroken, dat kan middels overstorten of roteren (Bus, 1996), zal de kiem opnieuw uitlopen. Uit deze ogen komen dan ook extra spruiten (Schild, 1986) waardoor een knol meerdere stengels gaat aanmaken (Bus, 1988). Meer kiemen kan resulteren in extra stengels die vervolgens een groter aantal knollen kan aanleggen, en wellicht in de juiste maatsortering (Haverkort, 2018). Tenslotte wordt ook het boek van Veerman, Teelt van consumptieaardappelen, geschreven over het afkiemen van pootaardappelen en het effect hiervan op de opbrengst en maatsortering.

§2.4 Welke invloed heeft voorkiemen in combinatie met (zon)licht op de aardappelknolfysiologie?

Voorkiemen is een principe wat al sinds het begin van de 20^e eeuw gebeurt voor het planten van de knollen. Om het principe van voorkiemen te optimaliseren is er onderzoek gedaan in de jaren 50, en in de jaren daarna (Hofstra, 1955). Zo zijn er in opdracht van de dienst landbouwkundig onderzoek proeven gedaan die zich richtten op het voorkiemen. Daardoor is er een grote hoeveelheid gegevens beschikbaar waarin verschillende objecten met elkaar vergeleken zijn. Zo zijn er ook verschillende voorbehandelingen met elkaar vergeleken waardoor er voldoende vergelijkingsmateriaal is. Na de jaren 70 is het onderzoek voortgezet door negen regio's met een proefstation, die aangesloten waren bij het Proefstation voor de akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond te Lelystad (Ridder, 1987). Daarnaast zijn boeken als het Aardappelhandboek en Teelt van pootaardappelen relevante bronnen.

Aardappelen die onderworpen worden aan zonlicht worden voornamelijk in kiembakken gezet. Hierdoor kan het licht over alle knollen verspreid worden. Het effect van zonlicht is dat het de kiem kort houdt en donker wordt (Haverkort, 2018). Daardoor blijft de kiem kort en etioleert niet, waardoor deze minder snel zal afbreken tijdens het poten (Haverkort, 2018). Als er gekozen wordt om 1300 kilo kisten met aardappelen in het zonlicht te zetten, kan het voorkomen dat de aardappelen middenin de kist lange, witte kiemen gaan vormen (etioleren) die snel loslaten. Dat is een verlies van energie van de knol. Daarnaast is er ook een aanwijzing dat een warme beginperiode (15 graden) voor het terug koelen (4 graden) in combinatie met zonlicht de zwarte schurftgroeï (Rhizoctonia) tegen gaat tijdens de bewaring. (Molmann & Johansen, 2017). Ook in het rapporten 'De invloed van pootgoedbehandelingen op het aantal stengels en knollen bij aardappelen' door Bus zijn proeven beschreven met de invloed van zonlicht op pootaardappelen. Aanvullende

§2.4 Welke invloed heeft koolstofdioxide op de aardappelknolfysiologie?

CO₂ kan bij aardappelen de kieming stimuleren wanneer deze niet meer in kiemrust is. Uit onderzoek is gebleken dat een concentratie van tussen de 2 en 4% optimaal is voor het stimuleren van kieming van aardappelen (Burton, The effect of the concentrations of carbon dioxide and oxygen in the storage atmosphere upon the sprouting of potatoes at 10 degrees, 1958). Ook zijn er tegenwoordig veel onderzoeken die de negatieve kant van de CO₂ beschrijven. Dat komt omdat CO₂ in de bewaring ervoor zorgt dat zetmeel in de knol omgezet wordt tot suikers (verzoeting). Deze reducerende suikers kunnen ervoor zorgen dat de bakkleur van aardappelen donker wordt waardoor deze ongeschikt wordt voor frites- en chips verwerking (Veerman A. , 1999). Echter is CO₂ op zichzelf niet het gas wat het meeste invloed heeft op bepaalde aardappelrassen, en leidt daardoor ook niet tot verzoeting wat de bakkleur negatief beïnvloed. CO₂ in combinatie met ethyleen schijnt juist een sterkere negatieve invloed te hebben op de bakkwaliteit van aardappelen (Daniels-Lake B. J., 2012). Rapporten als; Carbon Dioxide and Ethylene Gas in the Potato Storage Atmosphere and their Combined Effect on Processing Colour, Literatuurstudie effect hoge CO₂ concentraties op pootgoedkwaliteit en CO₂ in pootaardappelbewaring bevatten specifieke informatie voor deze deelvraag. Daarnaast zijn artikelen uit vaktijdschriften als; 'Seed Potato Performance after Storage in Light at Elevated Temperatures en Carbon Dioxide', 'Oxygen and Ethylene Effects on Potato Tuber Dormancy Release and Sprout Growth' en 'Seed Potato Performance after Storage in Light at Elevated Temperatures' interessante artikelen voor het beter begrijpen van de invloed van CO₂ op aardappelknollen.

§2.6 Welke invloed heeft een koude bewaarperiode op de aardappelknolfysiologie?

Adviesbureau TTW, een onafhankelijk adviesbureau in de agrarische sector, begeleid sinds 2006 poot- en consumptieaardappeltelers het hele jaar rond. Het onderdeel bewaring is een onderdeel waar TTW al ver gevorderd in is. Jaren van data verzamelen heeft geresulteerd in het ontwikkelen van een optimaal bewaarregime. Dit bewaarregime heeft, voor zo ver bekend, te maken met graaddagen vanaf het rooien van de knol tot het poten. TTW is niet bereidt om deze kennis te delen, wat in principe niet raar is aangezien dit onderdeel van het verdienmodel is van TTW.

Tijdens een periode van koude, 4 graden of kouder, gaan er in de aardappel verschillende processen lopen. Een proces daarvan is het omzetten van zetmeel in suikers. Bij deze afbraak van zetmeel tot suikers zijn er verschillende enzymen die hier een grote rol bij spelen (Hoof, 1997). De suikers glucose, fructose en sucrose zijn koude suikers. Die suikers treden op bij een te koude bewaring en zijn ook vaak omkeerbaar. Daarbij kan gekozen worden voor het reconditioneren van 2 á 3 weken bij 15- 18 graden van een partij om de suikers weer om te laten zetten in zetmeel (Eckhout, 2010). Naast koude suikers zijn er ook nog ouderdomssuikers die optreden later in het bewaar seizoen. Ook de ouderdomssuikers kunnen een negatief effect hebben op de bakkwaliteit en zijn niet te reconditioneren. (Hak, Pleijster, & Winkel, 1994). Het onderzoek uit de Potato research, Sprouting of seed tubers during cold storage and its influence on tuber formation, flowering and the duration of the life cycle in a diploid population of potato (Celis-Gamboa, Struik, Jacobsen, & Vissew, 2003), heeft zich gericht op de knol- en bloemgroei bij verschillende bewaar temperaturen. Aanvullende informatie staat in het boek Storage of Potatoes (Rastovski & Es, 1981) waarin op dit onderwerp ingegaan wordt.

§2.7 Welke invloed hebben kiemremmers, zoals Talent en Restrain ethyleen, op de aardappelknolfysiologie?

Als er gesproken wordt over kiemremmers dan is dat heel breed. Onder kiemremmers verstaand we MH, Chloorprofam, Biox-m, Restrain ethyleen, Carvon of 1,4 Sight (Agrifirm, 2018). Echter zijn niet alle middelen geschikt voor het remmen van kiemen in poot aardappelen, dat komt omdat bepaalde middelen het kiemen van de aardappelen negatief kunnen beïnvloeden als de behandeling gestopt is (Haverkort, 2018). Doordat het kiemen uitgesteld wordt met een kiemremmer, zal de apicale dominantie van de topspruit van een knol voorkomen worden en dus meer ogen loskomen (Haverkort, 2018). De meest gebruikte kiemremmers in poot aardappelen zijn Talent met als werkzame stof carvon, Restrain ethyleen en voor het biologische pootgoed muntolie. Voor het beter begrijpen wat Restrain Ethyleen en Talent doen zijn er de volgende rapporten gebruikt; Ethyleen in de aardappelbewaring, Kiemremming bij een 10-tal aardappelrassen met behulp van Talent (Hartmans & Buitelaar, 1996), The story of ethylene (Miller, 1947), Different aspects of S-carvone, a natural potato sprout growth inhibitor (Oosterhaven J. , 1995) en Effects of Continuous Ethylene Treatment on Potato Tubers: Highlights (Prange, Daniels-Lake, & Pruski, 2005).

Als duidelijk is welke factoren voor stress zorgen bij aardappelen kan er verder onderzoek gedaan worden naar de invloed van deze factoren. Per factor zal dan bekeken worden wat de invloed is op een aardappel en wat de invloed op de interne processen van een aardappel is. Deze interne processen sturen namelijk de knolfysiologie. Zo kan een aardappelbewaring die op drie graden staat ingesteld, de aardappelen erg jong houden. Het gevolg hiervan is dat de fysiologische jonge knollen weinig stengels produceren, de drang voor veel nakomelingen is dan laag. Het onderzoek naar de aardappelfysiologie is veel gedaan, en gebeurt nog steeds veel.

Hoofdstuk 3 Resultaten

§3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de verzamelde gegevens die relevant zijn voor het beantwoorden van de deelvragen beschreven. De resultaten komen voort uit de onderzochte literatuur en de interviews die afgenomen zijn. Het hoofdstuk wordt wederom opgesplitst in zes paragrafen. Deze paragrafen blijven in het rapport de leidraad voor de opbouw.

§3.2 Welke invloed heeft (een) warmte (stoot) op aardappelknolfysiologie?

Na de oogst zal de aardappelknol onder de meest ideale omstandigheden niet kiemen. Er wordt gesproken van optimale kiemomstandigheden van een relatieve luchtvochtigheid van 95% (Bus, 1992) en een omgevingstemperatuur van 16 tot 18°C (Beukema & Zaag, 1990). Voornamelijk het geven van een warmtestoot in combinatie met het in kiembakken plaatsen is een veelvoorkomende methode. In het Groningse Ulrum zijn er telers die ervoor gekozen hebben om dit met 1300kg kisten te doen. Hierbij wordt een duur aangehouden van twee tot vier dagen en een temperatuur van 18°C. Het moment van de warmtestoot is maximaal tien dagen voor het poten aan. Voldoende verwarmingscapaciteit, luchtverplaatsing en een dichte cel zijn belangrijk voor het geven van een warmtestoot. Na de warmtestoot kunnen de aardappelen naar buiten onder de kap of met afdekzijl buiten gezet worden. De bevindingen zijn hierbij dat in koude voorjaren de aardappelen wel zeven tot tien dagen eerder boven kunnen staan. De meeropbrengst bij partijen die onderworpen zijn aan een warmtestoot verschilt per ras en per jaar. Bouma ziet wel verschillen maar heeft geen aardappelknollen in een proefopstelling gelegd. Daardoor is het niet mogelijk een statistisch betrouwbaar resultaat te weergeven. (Bouma, 2019)

Het doel van een warmtestoot is het aanzetten van kiemgroei bij de ogen van de knol (groeipunten van de kiem). De fysiologische verklaring voor het versneld groeien van kiemen heeft te maken met het versnellen van de enzymatische activiteiten die door de warmtestoot geactiveerd worden (Viacheslav, et al., 2008). Ook is te zien dat bij de warmtestoot de opbrengst in kg/hectare lager is, maar het aantal knollen per hectare toeneemt. (Viacheslav, et al., 2008).

Ook is aangetoond dat een hoge bewaar temperatuur de suikerconcentratie in de knol verhoogd. Voornamelijk rond temperaturen van 20°C of hoger neemt de suikerconcentratie in een knol toe. Sucrose is een van de suikers die het meeste aangemaakt wordt tijdens een warme bewaarperiode (Nielson & Todd, 1946) (Verma, Sharma, & Verma, 1974). Timm, Yamaguchi, Clegg en Bishop (1968), concludeerden een soortgelijke toename van het totale suikergehalte tot aan temperaturen van 25°C en Linnemann, Es en Hartmans (1985) zagen dat zelfs tot 28°C nog de suikergehaltes toenamen, en dat de eerste stijging van sucrose te zien was bij 16°C. Bij temperaturen onder de 7°C nam het suikergehalte juist af. Door op de juiste bewaar temperatuur, tussen de 7°C en 16°C te blijven, kan het aandeel suikers in de knol stabiel gehouden worden. Een stabiel suikergehalte in de knol is van belang voor een goede bakkwaliteit en bewaarbaarheid (Loon, Veerman, & Bus, 1993).

De suikergehaltes die toenemen door een hoge temperatuur komen uit het zetmeel van de knol. Zetmeel bestaat weer uit grote glucoseketens. In de knol zitten deze glucoseketens opgerold en stevig verpakt in amyloplasten. De mate van zetmeel mobilisatie hangt dus af van de aanwezige enzymen in de knol. De sturing hiervan is erg complex omdat bij de afbraak van zetmeel veertig enzymen betrokken zijn (Colgan, Rees, & Briddon, 2012). Smith, Zeeman en Smith (2005) beschrijven dat het mechanisme wat de afbraak van zetmeel in gang zet komt door verschillen tussen de weefsels in de knol. Echter wordt ook aangegeven dat er onvoldoende kennis is over het 'waarom' een knol kiemt. Recenter onderzoek uit 2010 wijst uit dat met de huidige kennis gesteld kan worden dat de enzymen alfa-glucaan, water fosfotransferase (GWD) en Fosfoglucaan, waterdikinase (PWD) bij zetmeelkorrels

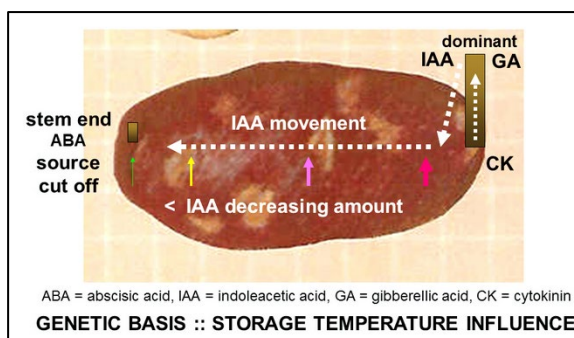
de oppervlaktevorm (structuur) veranderen. Hierdoor krijgen andere enzymen toegang tot het zetmeel en breken zetmeel af tot suikers. De mate van activiteit van GWD komt door redoxtoestand en fosforylering. Zetmeelfosforylering, waarbij een fosfaatgroep op een reactieve hydroxylgroepgeplaatst wordt, adenosinedifosfaat (ADP), lijkt een activator van het kiemen van aardappelen doordat deze enzymatische reactie voor het doorgeven van signalen binnen de cel zorgt (Colgan, Rees, & Briddon, 2012).

§3.3 Welke invloed heeft afkiemen van pootgoed op de aardappelknolfysiologie?

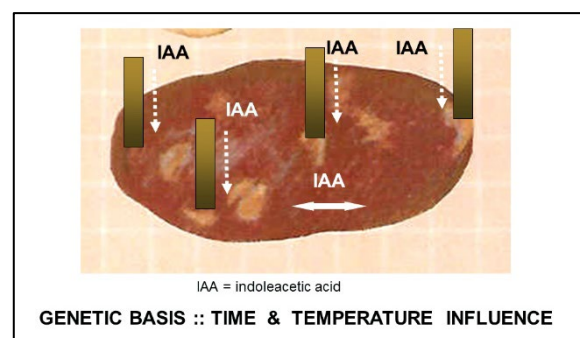
Er wordt gesproken van afkiemen wanneer de kiem van de aardappelknol wordt afgehaald. Dit afkiemen kan op verschillende manieren gebeuren. Overstorten van de ene kist in een andere kist, via borstelmachines of met kistenroteermachines. De reden voor het afkiemen kan verschillen. Zo kan het zijn dat een aardappelteler kiemlustige rassen heeft, of dat er geen gebruik wordt gemaakt van mechanische koeling of kiemremmers, maar dat de aardappelpartij wel vrij moet zijn van kiemen voor de export. Daarnaast kan een teler ook met het afbreken van de kiem de topspruitdominantie doorbreken. De topspruit is het oog waar de eerste kiem van een aardappel uit gaat groeien. Ook zorgt de topspruitdominantie, ook wel apicale dominantie genoemd, dat andere ogen niet gaan kiemen. Wanneer deze topspruit afgekiemd, ofwel verwijderd wordt, zullen er wel meerdere ogen loskomen en gaan kiemen (Veerman A. , 2003).

Het afkiemen van aardappelknollen verhoogt het sucrose gehalte in de aardappelknol in de late bewaarfase doordat suikers niet meer naar de kiemen getransporteerd worden en ophopen in de aardappelknol (Es & Hartmans , 1987). De suikers sacharose, glucose en fructose zijn bouwstoffen die verbruikt wordt voor de celdeling en strekking, ofwel de groei van de kiem. Het gevolg hiervan is dat de knol lichter wordt en verouderd (Daniels-Lake & Prange, 2007).

Naast dat een verhoogd sucrosegehalte voor kiemgroei zorgt, speelt het auxine indol-azijnzuur (IAA) ook een belangrijke rol bij het behouden van de topspruitdominantie. In figuur 1 is te zien dat wanneer de topspruit nog aan de knol zit, de IAA naar de andere ogen stuurt. IAA wordt vanuit de topspruit door de hele knol verspreid en heeft de eigenschap kiemgroei te onderdrukken. Hierdoor zal alleen de topspruit groeien en weinig stengels produceren (Palavista, 2016).



Figuur 1 Apicale dominantie bij relatief jonge aardappelknollen. Bron: Potato tuber ageing in store



Figuur 2 Apicale dominantie is verloren door afwezigheid van IAA. Bron: Potato tuber ageing in store

Naast dat er IAA geproduceerd wordt in de kiem, komt er ook gibberellinezuur (GA) vrij. GA heeft een tegengestelde werking dan IAA. GA bevordert de strekking van cellen, waardoor de cellen in de kiem in de lengte groeien gaan. Cytokinine is ook nodig voor het doorbreken van de kiemrust. Cytokinine wordt aangemaakt in de jonge wortelcellen van de aardappelknol. Deze cytokinine bevordert celdeling en in samenwerking met GA gaat de kiem vervolgens groeien. Cytokinine gaat evenals GA de aanmaak van IAA tegen. Hierdoor zal de concentratie IAA afnemen in de knol (Raven, 2013).

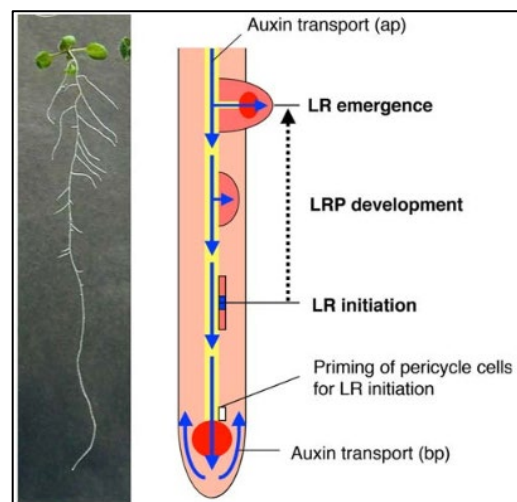
Voornamelijk de ogen van de knol die het verste weg zitten van de topspruit zullen het eerst kiemen. Dat heeft te maken met het feit dat IAA op die plek, relatief ver van de topspruit, nog het minste kracht heeft (Palavista, 2016) (Edopot.wur.nl).

§3.4 Welke invloed heeft voorkiemen in combinatie met (zon)licht op de aardappelknolfysiologie?

Wanneer de aardappelknollen voorkiemen liggen deze een lange tijd, vanaf half februari tot eind april, bij relatief hoge temperaturen en worden de knollen aan veel licht blootgesteld. Voorkiemen onder donkere omstandigheden is tot op zekere hoogte mogelijk, wel is de kans groot dat na een bepaalde tijd deze kiemen gaan etioleren. Etioleren betekent dat de kiemen dun en lang worden, waardoor deze ongeschikt zijn om te poten (Haverkort, 2018). Afkiemen is dan genoodzaakt, echter verliest een knol dan veel energie. Daarom worden aardappelen tijdens het voorkiemproces blootgesteld aan lamp- of zonlicht. Het effect van lamp- en zonlicht is dat de kiem niet gaat etioleren waardoor deze kort en stevig blijft en tijdens het poten minder snel afbreekt (Jong, 1985).

Wanneer de aardappelknol is geoogst zal deze in kiemrust treden mede door inductie. Inductie is het moment waarop bepaalde stoffen in een aardappelplant de celstrekking en deling remmen. Wanneer de sucrose beschikbaarheid in de knol toeneemt zal de kiemrust doorbroken worden. Wanneer de sucrose niet beschikbaar komt, kan dit komen doordat er nog geen trehalose 6-phosphate (Tre-6-P) in de knol aanwezig is. Tre-6-P is een disaccharide ook wel betere bekend als mycose of sucrose-trehalose 6-fosfaat. Tre-6-P kan door verschillende organismen aangemaakt worden, maar ook door planten en is een niet-reducerende suiker. Tre-6-P wordt daarom ook in planten gezien als een essentieel signaal metaboliet. Metabolieten zijn onder andere: aminozuren, adenosinetrifosfaat, glucose en adrenaline. Daarnaast wordt de kiemrust ook bepaald door twee planthormonen, ABA (abscisinezuur) en ethyleen. De hormonen cytokine als GA zijn nodig voor het doorbreken van de kiemrust (Mani & Hannachi, 2015). Als aangegeven hierboven zorgt ABA ervoor dat de aardappelknol in kiemrust blijft. Wanneer door het signaalmetaboliet Tre-6-P meer metabolieten worden aangemaakt, gaan deze metabolieten de hoeveelheid ABA in de ogen van de aardappelknol afbreken waardoor de kiemgroei begint (Palavista, 2016).

Doordat de aardappelen bij variërende temperaturen, tussen de 1°C en 28°C, staan gaan de processen in de aardappelknol door, in tegenstelling tot het bewaren van aardappelknollen bij 3°C tot 4°C. Voornamelijk de processen, als de aanmaak van cytokinine en hormonen, hangen af van lichtintensiteit en temperatuur. IAA wordt voornamelijk aangemaakt in de groeipunt van het wortelmeristeem, zoals te zien in figuur 3, en wordt vervolgens getransporteerd naar andere delen van de plant of knol. IAA heeft ook de eigenschap dat het ophoopt bij planten aan de schaduwzijde waardoor deze schaduwzijde harder groeit, en de plant dus naar het licht groeit (Galvan-Ampudia, Fan, & Offringa, 2011). Aangezien het zonlicht bij de kiem op de gehele oppervlakte valt, hoopt er minder IAA op waardoor er geen strekking, of etiolering optreedt. In een donkere omgeving zal de kiem wel etioleren doordat kinase auxine transporterende eiwitten IAA gelijkmatig verspreidt over de kiem. Zonlicht zorgt middels



Figuur 3 Auxineontwikkeling in wortelbeginsel. Bron; Hormone interactions during lateral root formation. Plant Molecular Biology, 69(4), blz. 438

fotoreceptoren namelijk dat de auxine transporterende eiwitten niet werken, met als gevolg auxine ophoping. GA wordt eveneens in het groeipunt van de wortel aangemaakt.

Als beschreven in deze paragraaf heeft GA een tegengestelde werking dan IAA. GA bevordert juist de celstrekking waardoor de ogen gaan kiemen. GA heeft ook het effect dat het bij tweejarige planten het de plant in het eerste jaar kan laten bloeien (Heuvelink & Kierkels, 2009). De aanmaak van GA gebeurt voornamelijk in het apicaal wortelmeristeem, het groeipunt van de kiem (Solomé, 2010-2011). Tenslotte is cytokinine een belangrijk hormoon in de aardappelknol. Wat bij aardappelknollen die voorkiemen veel aangemaakt wordt is cytokinine. Cytokinine wordt namelijk aangemaakt in de wortelcellen en bevordert de celdeling. In combinatie met GA zorgt dit voor kiemgroei. Wanneer dit bij fysiologisch jong pootgoed gebeurt zal er voornamelijk een klein aantal stengels gevormd worden. Dit komt doordat er dan nog relatief veel IAA aanwezig is ten opzichte van het GA en cytokinine (Palavista, 2016).

Naast de hormonale veranderingen tijdens het voorkiemen in zonlicht, zorgt zonlicht ook voor meer chlorofyl, chlorogeenzuur, glycoalkaloïden en andere stoffen in de knollen komen (Rayburn, Bantle, & Friedman, 1994), (Naik & Sarkar, 1997), (Percival *et al.*, 1998a) (Percival *et al.*, 1998b). Uit recent onderzoek in 2017 'Seed Potato Performance after Storage in Light at Elevated Temperatures' zijn vijf verschillende objecten vergeleken met elkaar (Molmann & Johansen, 2017). Voordat Molmann en Johansen (2017) een proef hadden opgezet, is gekeken naar beschikbare literatuur. Daaruit blijkt dat licht de vitaliteit van kiemen toeneemt naar mate deze in het zonlicht staat (Moll, 1985). De vijf objecten die Molmann en Johansen zelf hebben aangelegd zijn in bijlage 1 te zien. Daarbij is gekeken welke voorbehandeling de grootste planten voortbrengt. Daarbij is te zien dat wanneer een plant fysiologisch jong is, er grotere planten staan dan bij fysiologisch oude planten. Om met de fysiologische processen een vertaalslag te maken naar de praktijk zijn er ook proefresultaten te vinden in deze paragraaf.

Onderzoek door het Centraal instituut voor landbouwkundig onderzoek

Voor het beter begrijpen van het effect van voorkiemen op pootaardappelen zijn er in 1949 tot 1955 jaarlijks proeven gedaan naar voorkiemen en niet-voorkiemen. De proef is in deze jaren op veertien locaties uitgevoerd over heel het land. De beschikbare gegevens zijn alleen van de jaren 1950 en 1951 beschikbaar, in bijlage 1 is deze voor het jaar 1950 toegevoegd.

Tabel 1 Voorkiem objecten bij het Centraal instituut voor landbouwkundig onderzoek. Bron: CILO

Object
I Poterbewaarplaats (voorkiemen)
I Poterbewaarplaats (voorkiemen)
III Koelhuis3.5C (niet voorkiemen)
IV Luchtkoeling in donkere bewaarplaats (niet voorkiemen)
V Luchtkoeling + kunstlicht (voorkiemen)

Om variabelen te verminderen zijn alle aardappelen die uitgeplant zijn uit dezelfde partij gehaald. Deze zijn vervolgens op één locatie opgeslagen. Vervolgens zijn deze weer gedistribueerd onder alle proefvelden. De proefvelden zijn allen in drie of viervoud aangelegd om een statistisch betrouwbaar resultaat te kunnen verwachten. Van alle proefvelden zijn de bemestingen en bespuitingen nauwkeurig bijgehouden, is de grondsoort geanalyseerd en zijn de weersinvloeden genoteerd. Tijdens het groeiseizoen is de kiemingstoestand bepaald, zijn er stand cijfers gegeven aan de objecten, zijn enkele objecten groen gerooid en is de rest is na het uitgroeien gerooid. Al deze gegevens zijn per ras

en object verwerkt. Daarbij is gekeken naar de opbrengst per hectare en de maatverhouding. Daardoor is goed te zien welke objecten de meeste grove knollen maken of de meeste in de verkoopbare pootgoedmaat.

Bij de volgende rassen zijn geen statistisch betrouwbare verschillen geconstateerd; Noordstar, Voran, Alpha en Saskia. Voor de rassen Bintje, Eigenheimer, Fuore, Libertas, Beverland en Meerlander waren voldoende objecten en herhalingen waardoor deze wel statistisch betrouwbaar waren. De resultaten zijn op basis van kg/are bij rooi na BBCH99. Bij rooi rond het BBCH75 stadium waren er andere verschillen te zien. Echter zijn deze gegevens niet voor elk proefveld weergegeven waardoor er geen statistisch betrouwbaar resultaat te zien is.

Tabel 2 Voorbehandelmethode bij de teelt van consumptieaardappelen en de daarbij behorende opbrengsten in kg/are. Bron: CILO

Ras	Behandeling met meeste kg/are 1950	Behandeling met meeste kg/are 1951
Bintje	I	IV
Eigenheimer	I	I
Fuore	I	V
Libertas	-	I
Beverland	I	I
Meerlander	V	II

Onderzoek door Feddemaheerd te Kloosterburen

Op de proefboerderij Feddemaheerd is vanaf 1975 het voorkiemen van aardappelen en niet voorkiemen van aardappelen vergeleken. Dit is gedaan tot en met het jaar 1982. Hierbij werd geconcludeerd dat voorkiemen gemiddeld over acht teeltjaren een meeropbrengst gaf van 5ton, ofwel 16%. In tabel 2 hieronder is te zien wat de opbrengstverhoging was over 8 van deze jaren. Een soortgelijk onderzoek is in tabel 3 te zien, deze is ook op de Feddemaheerd uitgevoerd.

Tabel 3 Vergelijking wel en niet voorkiemen bij het ras Bintje over de jaren 1975 t/m 1982. Bron: Proefboerderij Feddemaheerd.

Behandeling	Opbrengst in kg/are	Relatieve opbrengst in kg/are
Wel voorkiemen	354	100
Niet voorkiemen	305	84

Tabel 4 Opbrengst bewaarmethoden pootaardappelen gemiddeld over 5 jaar. Bron: (Eleveld, 1984)

Object	Relatieve opbrengst	Opbrengst in kg/are	Aantal proefjaren
A: In bakjes voorkiemen en buiten afhard	100	370	5
B: In schuurkas vanaf december (niet afkiemen)	103	379	5
C: In schuurkas vanaf februari (niet afkiemen)	100	371	5
D: Mechanische koeling tot eind februari	102	-	2
E: In tonskisten vanaf december	91	338	5

Vervolgonderzoek door Proefstation voor de akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond te Lelystad.

In 1980 t/m 1986 is vervolgens het onderzoek opnieuw opgepakt door Proefstation voor de akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond te Lelystad. Het rapport wat hierover geschreven is, is in 1987 uitgekomen. Hierbij zijn wederom verschillende objecten aangelegd in 1980 t/m 1983 met het ras Désiré, en in de jaren 1984 t/m 1986 met het ras Jaerla.

Tabel 5 Bewaren en voorkiemen van pootaardappelen 1980 t/m 1986 PAGV te Lelystad. Bron: PAGV te Lelystad.

Object	
A	Traditionele 10kg kiembakjes bewaring.
B	Bewaren en voorkiemen in de schuurkas
B¹	Bewaren en voorkiemen in de schuurkas met afkiemen in februari/maart
C	Bewaren met buitenlucht koeling als A, na een warmtestoot in maar in de schuurkas
D	Bewaren en voorkiemen in tonskisten met buitenlucht koeling, na februari omstorten
E	Mech. Koeling 4°C tot begin februari, vervolgens warmtestoot en voorkiemen als bij A
F	Mech. Koeling 4°C tot begin maart, vervolgens warmtestoot en voorkiemen als bij A

Tijdens het bewaren van het uitgangsmateriaal, de knollen voor de objecten, is er gekeken naar de uiterlijke eigenschappen van de knollen. Deze zijn beschreven per object en per jaargang. Ook wat er met de objecten gedaan is volgens de proefopzet is wederom beschreven. Ook de gewasontwikkelingen, weersinvloeden en pootdata zijn genoteerd. Na het planten van de aardappelen op homogene zavelgronden met een afslibbaarheid van tussen de 10 en 25% zijn er opkomstbeoordelingen gedaan. Daaropvolgend is na de opkomst het aantal stengels geteld. In bijlage (2) is te zien dat object D, het bewaren in kuubskisten, in beide rassen gemiddeld er het beste uit komt. Vervolgens zijn de planten aan het einde van het groeiseizoen vernietigd. Dit is elk jaar gedaan aan de hand van het door de Nederlandse Aardappel keuringsdienst gestelde E-adviesdatum voor loofdoding.

Daar waar object D het met betrekking tot de stengelontwikkeling het erg goed deed, bleef deze elk jaar achter in kg/are opbrengst. Ook kon object D niet mee komen met het aantal knollen in de maat 35/55 millimeter, een relatief dure maat. Daardoor is ook de relatieve opbrengst voor dit object onvoldoende. Bij het ras Désiré pakte object B en B¹ het beste uit. Niet alleen in kg/are kwamen deze er het beste uit, ook viel er het meeste in de maat 35/55 millimeter en was dit daardoor ook financieel de beste. Bij het ras Jaerla viel er bij object A het meeste pootgoed in de maat 35/55 millimeter. Hierdoor bleef deze achter in opbrengst in kg/are, echter was object A over de drie proefjaren gezien financieel het meest stabiel.

§3.5 Welke invloed heeft koolstofdioxide op de aardappelknolfysiologie?

De gassamenstelling van de aardatmosfeer bevat voornamelijk distikstof (N_2 78.08%) en dizuurstof (O_2 20.95%). Daarnaast zijn ook de gasen argon (Ar 0.93%) en koolstofdioxide (CO_2 0.038%) aanwezig en bevat de atmosferische samenstelling nog waterstof en sporengassen zeer in lage concentraties ($>0.0018\%$) (Lide, et al., 2005). Ook een aardappel bewaarcel heeft een eigen luchtsamenstelling. Die luchtsamenstelling kan, afhankelijk van de verhouding, een bepaalde invloed uitoefenen op de aardappelknol. Een hoog zuurstofgehalte is van belang voor de wondheling van aardappelen. Een hoge CO_2 daarentegen heeft een negatief effect op de wondheling en kan zwarte harten veroorzaken (Schild, 1986).

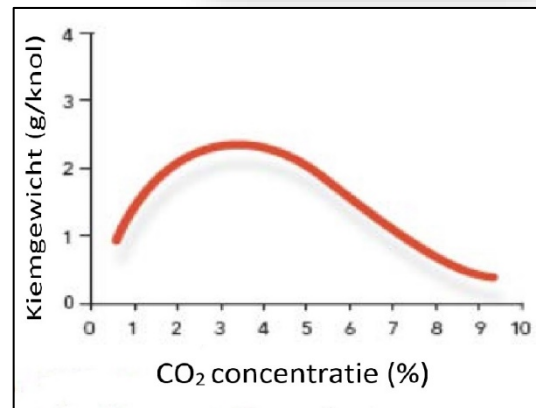
Ook kan CO_2 bij fritesaardappelen in hoge concentraties de verzoeting stimuleren, wat nadelig is voor de verwerking van fritesaardappelen. Wanneer de aardappelen bij temperaturen lager dan $4^\circ C$ of hoger dan $16^\circ C$ bewaard worden neemt de ademhalingsintensiteit toe. In combinatie met goed geïsoleerde cellen kan dit leiden tot CO_2 ophopen. Deze ophoping van CO_2 stimuleert de aanmaak van reducerende suikers en kan al optreden bij 1,5 á 2% CO_2 (Eeckhout & Boussery, 2003). Naast de bewaartemperatuur spelen factoren als de kiemrust, de rijpheid van de knol, de fysiologische leeftijd, het ras en de knoltoestand mee in de mate waarin een aardappelknol CO_2 aanmaakt. Ook beschadigde knollen verademen veel CO_2 doordat deze veel energie steken in het vormen van een kurklaag op het beschadigde gedeelte (Eeckhout *et al.*, 2003). Een hoge CO_2 waarde van 5, 10 en 15% hebben een remmend effect op de verkurking (Wigginton, 1974).

Oplopende CO_2 waarden van 1 tot 4% zijn geen uitzondering, met soms uitschieters tot over de 10% (Daniels-Lake B. J., 2013). Wanneer de aardappelknol blootgesteld wordt aan percentages van 3 tot 30% zal de respiratie (ademhaling) toenemen (Day *et al.*, 1978). Schouten (1993) zag dat een verhoogde CO_2 concentratie zowel de kiemgroei remt als bevordert, afhankelijk van de fysiologische leeftijd van de knol. Burton en Meigh (1992) Concludeerden dat bij concentraties boven de 10% necrose kan optreden. Necrose is het afsterven van cellen.

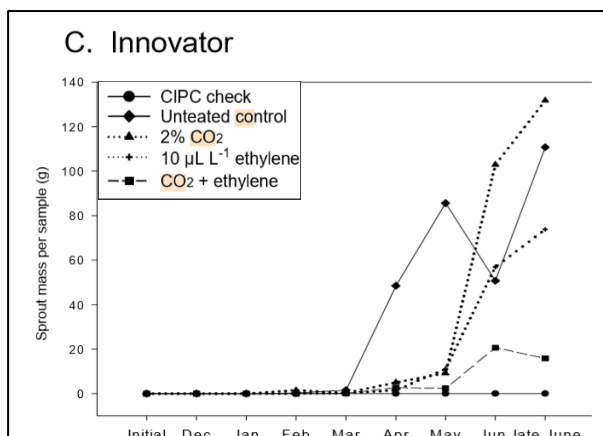
In een afstudeerwerkstuk voor de Aeres hogeschool Dronten heeft Erwin Tubben proeven gedaan met het bewaren van pootaardappelen. Hierbij zijn proeven gedaan met concentraties variërend van 0,1% tot 1% CO_2 met twaalf commerciële rassen van Den Hartig. Tijdens de bewaarfase waren zichtbare verschillen te zien in de bakken. De aardappelknollen in de dichte bakken hadden meer kiem dan de aardappelknollen in open bakken. Na het uitpoten zijn er geen verschillen meer waargenomen in zowel loofgroei als stengelaantal. Wel werd bij het ras Forza een afname in opbrengst van 18% waargenomen in de maat 35/55 millimeter en een CO_2 concentratie van 0,7%. Bij het ras Mondial werd juist een toename geconstateerd van 11% bij een gemiddelde CO_2 waarde van 0,69% (Tubben, 2017)

Of de verschillen in het rapport van Tubben toe te schrijven zijn aan de fluctuaties tijdens het bewaren, de duur of het moment van inzetten is niet bekend. Wel schrijft Burton (1958 en 1989) dat de aardappelknollen ongevoelig zijn voor CO_2 concentraties tijdens de kiemrust. Ook Coleman (1998) komt tot een soortgelijke conclusie als Burton. Coleman heeft in 1998 het ras Russet Burbank behandeld met CO_2 concentraties tot wel 60%. Bij een behandeling gedurende zeven dagen had dit weinig effect tijdens de vroege bewaarfase. In de late bewaarfase stimuleerde het wel de kieming. De hoge CO_2 concentraties laten de ABA waarden in de aardappelknol dalen. Onderzoek uit 2005 wijst uit dat een verhoogde CO_2 waarde de ethyleenproductie van de aardappelknol stimuleert (Prange, Daniels-Lake, & Pruski, 2005).

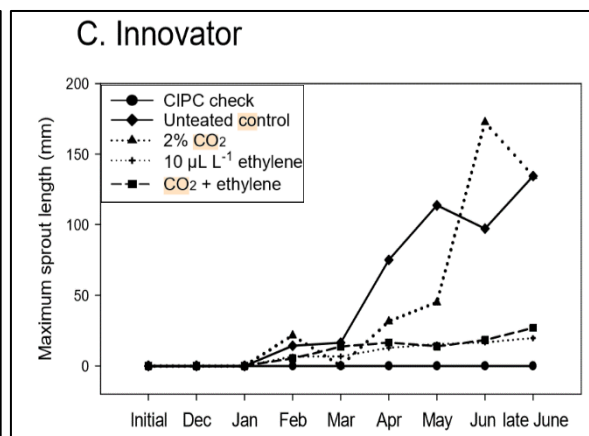
Burton (1958) heeft op basis van onderzoek kunnen concluderen dat bij 10°C de kieming afneemt wanneer de CO₂ concentratie boven de 4 naar 15% gaat. Wanneer aardappelknollen aan meer dan 15% worden blootgesteld stopt de kieming volledig. Er is geen onderzoek gedaan naar wat er met aardappelknollen gebeurt wanneer de CO₂ concentratie naar een normaal niveau wordt teruggebracht. Tussen de 0 en 2% CO₂ treedt ook geen kiemgroei op. De concentratie 2 tot 4% CO₂ zorgt wel voor een versnelde kiemgroei wat in figuur 4 schematisch weergegeven is. Zo is het hoogste kiemgewicht per knol te zien tussen 2 en 4%. Naast CO₂ kan ook een verlaagd O₂ gehalte een positief effect hebben op de kiemgroei. Zo neemt de kiemgroei toe bij een afname van het O₂ gehaltes tot minimaal 5%. Naast dat de kiemgroei bevordert wordt door de extra cellen in de kiem, neemt ook het aantal kiemen toe (Oostwechel, Woltering, & Montsma, 2018). Waar Burton geen rekening mee gehouden heeft is dat de aardappel tijdens stress ethyleen aan maakt, lage concentraties ethyleen van korte duur kunnen kieming stimuleren (Daniels-Lake B. J., 2012).



Figuur 6 Schematische weergave toename kiemgewicht ten opzichte van CO₂ concentratie na kiemrust



Figuur 5 Kiemgewicht in grammen van aardappels opgeslagen bij 0% en 2% CO₂ en 0 of 10 µL L⁻¹ ethyleen gas, of CIPC. Bron: The Combined Effect of CO₂ and..., Daniels-Lake.



Figuur 4 Kiemplengte in millimeters van aardappels opgeslagen bij 0% en 2% CO₂ en 0 of 10 µL L⁻¹ ethyleen gas, of CIPC. Bron: The Combined Effect of CO₂ and..., Daniels-Lake.

In figuur 5 en 6 zijn de resultaten weergegeven van aardappelknollen onder invloed van 0 en 2% CO₂, 0 of 10 µL L⁻¹ ethyleen gas of CIPC bij het ras Innovator. Soortgelijke resultaten zijn te zien in de bijlagen 4 en 5 voor andere rassen. Uit figuur 6 is te herleiden dat 10 µL L⁻¹ ethyleen gas en 2% CO₂ voor een toename van het kiemgewicht zorgen. Echter zorgt ethyleen wel voor een verkorte kiem en neemt bij CO₂ de kiemplengte wel toe. CO₂ heeft geen significante invloed op de verandering in suikergehalte waardoor de bakkleur niet donker wordt. In combinatie met ethyleen zijn de verschillen wel aantoonbaar groter, maar voornamelijk ethyleen zorgt voor reducerende suikers (Daniels-Lake B. J., 2012).

§3.6 Welke invloed heeft een koude bewaarperiode op de aardappelknolfysiologie?

Een koude bewaarperiode is een periode waarin aardappelen suikers aan gaan maken. In de consumptieaardappelen is het niet wenselijk als er verzoeting optreedt, ook wel bekend als Cold-induced sweetening (CIS). Koude verzoeting is het moment waarom sucrose ophoopt en de reducerende suikers glucose en fructose gevormd worden (Burton, 1969), (Dale & Bradshaw, 2003). Bovendien zorgen de reducerende suikers voor een reactie met aminozuren zoals asparagine wat leidt tot acramylide vorming, beter bekend als de Maillard reactie waardoor deze ongeschikt zijn voor verkoop (Shallenberger, Smith, & Treadway, 1959). In pootaardappelen is de verzoeting een minder groot probleem omdat deze niet geschikt zijn voor frites. Hierdoor is het mogelijk aardappelen op minimaal 3°C te bewaren. Bij 3°C zal er geen kiem op het pootgoed komen en wordt versmering voorkomen evenals bewaarziekten (Schild, 1986).

Ook kan een koude bewaarperiode het aantal graaddagen van een aardappel op een bepaalde manier beïnvloeden, hierin is TTW al erg ver omdat dit bedrijf ook actief is in de advisering bij witlof. Om de definitie van graaddagen beter te begrijpen wordt er gekeken naar de tulpenbollen en witlof. De tulpenbollen en witlof moeten onafhankelijk van de tijd op bepaalde momenten geoogst kunnen worden. Tulpenbollen moeten jaarrond geleverd kunnen worden. Hierbij is het van belang dat met de juiste sturing van met name de temperatuur de tulpenbol zo geprepareerd wordt dat deze op een juist tijdstip bloeit (Bolbloemen productie, n.d.). Ook in de witlof worden de wortels geprepareerd door een bepaald bewaarregime te hanteren. Zo kan het zijn dat bepaalde wortels bij -1°C staan en anderen juist op 5°C. Bij witlof wordt er dan onder andere gekeken naar gemobiliseerde suikers, aminozuren, kaliumgehalte en stikstofgehalte om te bepalen of er wel of niet geforceerd moet worden met juist hoge of lager temperaturen (Zwanepol, et al., 1997).

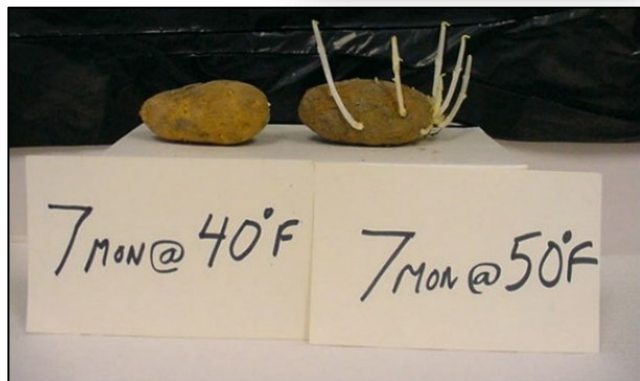
In onderzoek door van Ittersum en Scholte (1992) zijn, net als bij de preparatie van witlofwortels en tulpenbollen, aardappelknollen aan verschillende bewaarregimes blootgesteld. Het doel hiervan was dan wel om de kiemrust te doorbreken, maar geeft goed inzicht in hoe er middels graaddagen gespeeld kan worden met de fysiologie van een aardappelknol. In figuur 7 is af te lezen welke objecten getoetst zijn tijdens deze proef. Daaruit blijkt dat een 'hot pre-treatment' de kiemrust het snelste doorbreekt. Voornamelijk bij 20 dagen op 28°C kon de kiemrust met twee à drie weken verkort worden. Met een 'cold pre-treatment' van 20 dagen bij 2°C kon de kiemrust met twee weken verkort worden.

Van Ittersum (1992) heeft als vervolgonderzoek gekeken welke planten, uit de voorgaande proef, de meeste stengels of knollen kregen bij het ras Diamant en Désirée. De knollen zijn toen uitgeplant in Israël. Daarnaast zijn er ook knollen van negen rassen van dezelfde partij uitgeplant in kassen in Nederland. Uit dit onderzoek blijkt dat knollen opgeslagen bij 28°C het meeste voordeel hadden wat betreft de groeisnelheid. Ook een warmtestoot van 28°C gevolgd door 18°C verbeterde de vroege groei. Tenslotte zorgde een koude behandeling van 20 dagen bij 2°C ook voor een licht voordeel ten opzichte van andere objecten. Wel moet gezegd worden dat de kortste kiemrust niet de beste resultaten behaalt wat betreft vitaliteit van de plant en de knol en kilogramopbrengst.

Storage temperature regime	Expt 1	Expt 2	Expt 3	Expt 4
<i>Constant temperatures</i>				
18 °C	x	x	x	x
23 °C	x			
28 °C	x	x	x	x
32 °C	x			
<i>Hot pre-treatments</i>				
10 days 28 °C, subsequently 18 °C		x		
20 days 28 °C, subsequently 18 °C		x		x
<i>Cold pre-treatments</i>				
20 days 0 °C, subsequently 18 °C			x	
10 days 2 °C, subsequently 18 °C		x	x	
20 days 2 °C, subsequently 18 °C		x	x	x
30 days 2 °C, subsequently 18 °C			x	
20 days 4 °C, subsequently 18 °C			x	
<i>Combined cold and hot pre-treatment</i>				
10 days 0 °C, 10 days 28 °C, subsequently 18 °C			x	

Figuur 7 Objectenlijst van verschillende bewaarregimes. Bron: Ittersum en Scholte (1992)

De juiste preparatie van aardappelknollen kan dus van groot belang zijn. In figuur 8 is goed te zien wat het effect van een koud en warmer bewaarregime is. Zo is te zien dat de knol die bij 4,4°C (40°F) nog geen kiemen vertoont en fysiologisch erg jong is. De knol bewaard bij 10°C (50°F) toont een fysiologisch oudere knol met relatief veel kiemen. De knol bij 10°C zit niet meer in de topspruitdominantiefase waardoor deze voldoende kiemen zet voor de pootgoedteelt.

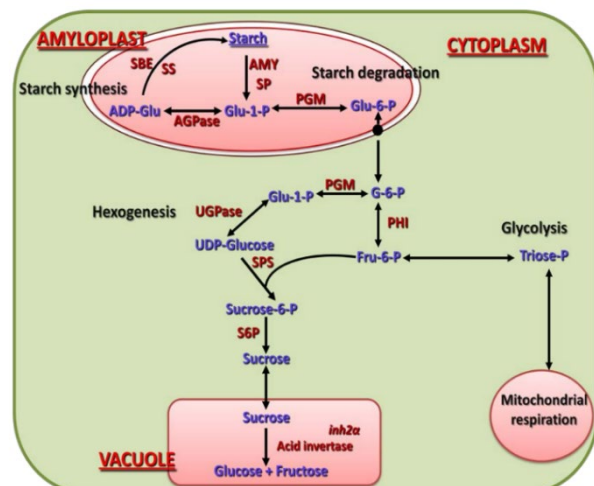


Figuur 8 Jonge knol (links) en verouderde knol (rechts) bewaar bij 4,5°C en 10°C voor 7 maanden.

Bron: Potato Tuber Aging in Storage

Tijdens de bewaring van aardappelknollen zorgen temperaturen onder 8°C en boven 25°C ervoor dat de aanmaak van reducerende suikers optreedt (Arrenguin-Luzano & Bonner, 1949), (Timm, Yamaguchi, Clegg, & Bishop, 1968). Dat komt doordat koolhydraten omgezet worden vanuit zetmeel voor de ademhaling van de aardappelknol. Wanneer de aanmaak van suikers, ook wel koolhydraten genoemd, groter is dan het gebruik dan hopen de suikers zich op. Voornamelijk bij lage temperaturen accumuleren de suikers glucose, fructose en sacharose (sucrose) op, beter bekend als koude verzoeting (Sowokinos, 1990).

De eerste stap in het versuikerproces is het afbreken van zetmeel (starch) naar glucose-1-fosfaat (Glu-1-P). Vervolgens vormt er zich glucose-6-fosfaat (Glu-6-P) doormiddel van fosfoglucomutase. Deze Glu-6-P wordt omgezet naar fructose-6-fosfaat (Fru-6-P) via fosfohexoisomerase. Het Fru-6-P wordt vervolgens gebruikt voor glycolysis, glycolysis is het proces waarbij energie (ATP en NADH) aangemaakt wordt voor levensprocessen van de aardappelknol. Via de hexogeneseroute wordt glucose-1-fosfaat gevormd uit Glu-6-P met het enzym PGM. Om vervolgens door UDP-glucosepyrofosforylase in UPD-Glucose omgezet te worden. Vervolgens zal het UPD-Glucose in Sucrose-6-fosfaat omgezet worden evenals Fru-6-P door sucrosefosfaatsynthase en sucrose 6-fosfaatfosfatase. Tenslotte wordt de sucrose getransporteerd naar de vacuole waar het vervolgens wordt omgezet door zure invertase tot de reducerende suikers glucose en fructose (Datir, 2011). Zie figuur 9 en 10 voor het versuikerproces. De suikerconcentratie zal rond het doorbreken van de kiemrust in de ogen het hoogst zijn, waarna dit afneemt door de kieming (Dimalla & Stadan, 1977). Kiemen hebben namelijk suikers nodig om te groeien (Ridder, 1987).



Figuur 9 versimpeld schema van de zetmeel en suiker metabolisme in aardappelknollen. Bron: Datir 2011

Enzyme	Outlines of reaction catalysed
Invertase	Sucrose $\longrightarrow$ Glucose + Fructose
Sucrose-6-phosphate synthase	Fructose-6-phosphate + UDP-glucose $\longrightarrow$ Sucrose-6-phosphate
UDP-glucose pyrophosphorylase	Glucose-1-phosphate $\longrightarrow$ UDP-glucose
Starch phosphorylase	Starch $\longrightarrow$ Glucose-1-phosphate

Figuur 10 Betrokken enzymen bij de suiker metabolisme in aardappelknollen. Bron: Kumar et al.,

§3.7 Welke invloed hebben kiemremmers, zoals Talent en Restrain ethyleen, op de aardappelknolfysiologie?

Als er gesproken wordt over kiemremmers die geschikt zijn voor in de pootaardappelen zijn er drie, natuurlijke, kiemremmers die het kiemproces stopzetten of remmen. Restrain ethyleen, S-Carvon en Biox-m hebben ieder verschillende voor- en nadelen.

3.8.1 Restrain ethyleen

Etheen, eerder bekend onder de oude naam ethyleen met als structuurformule C_2H_4 , is een natuurlijk koolwaterstof met een dubbele binding. Ethyleen is in Engeland door Biofresh ontwikkeld en vijf jaar, op 22 juli 2009, in Nederland toegelaten (Goos, 2012).

Van nature maken climacterische vruchten ethyleen aan. Onder climacterische vruchten vallen onder andere bananen, appels en tomaten. Ook aardappelknollen maken ethyleen aan met een hoeveelheid van $0.001 \text{ mg kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ (Poapst, Durkee, McGugan, & Johnston, 1968). Stressfactoren als beschadiging, koude en ziekten kunnen de ethyleen aanmaak versnellen (Burton & Meigh, 1992). Ethyleen stimuleert de ademhaling, totale suiker, glucose en verminderde fructose en sucrose (Dai, Fu, Yang, & Chen, 2016).

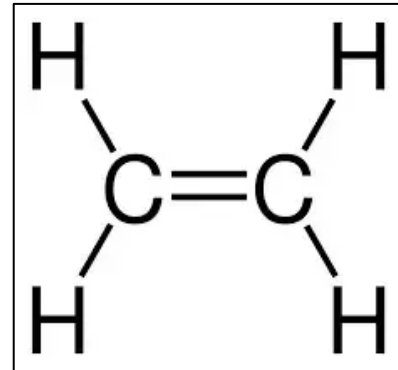
Ethyleen is net als abscisinezuur een hormoon dat de kiemgroei tegen gaat. De ethyleen productie wordt gereguleerd door auxine en abscisinezuur. Ethyleen wordt ook wel 'triple response hormone' genoemd. Ethyleen zal als eerst lengtegroei in kiem of kiemplantje tegengaan, waardoor een toename van de breedte van cellen in de kiem(planten) op zal treden en tenslotte de horizontale groei van kiem(planten) (Raven, 2013).

3.8.2 Talent (d-carvon)

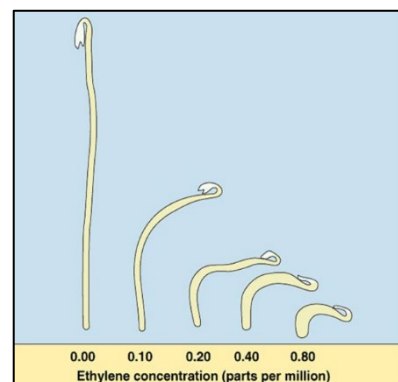
Carvon, een organische verbinding uit karwijzaadolie (*Carum carvi*) en de structuurformule $C_{10}H_{14}O$, is voor het eerst in Nederland geïntroduceerd door Luxan B.V. onder de naam Talent met als werkzame stof 95% D-carvon (dextro carvon) in 1999. Luxan B.V. is in 2008 gestopt met de gewasbeschermingstak waardoor het D-carvon na 17-10-2008 niet meer te gebruiken diende te worden. Kort daarop is de toelating aangevraagd door Agri Services International B.V.

Carvon is een erg vluchtige en onstabiele stof waardoor deze niet te gebruiken is in pootaardappelen op zichzelf. Daardoor is een juiste formulering van belang (Costa E Silva, Galhano, & Moreina Da Silva, 2007).

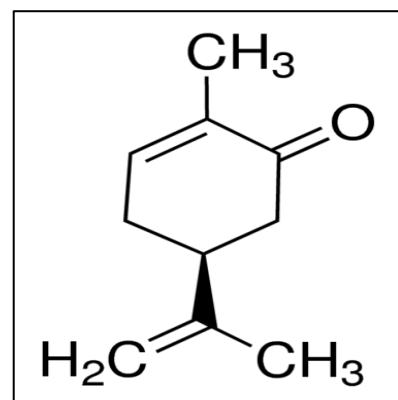
Na jaren van onderzoek door Oosterhaven (1995) zijn verschillende invloeden van carvon op aardappelknollen onderzocht. Zo ook het effect van carvon op de remming van kiemgroei van aardappelknollen. Uit dat onderzoek blijkt dat carvon de hoeveelheid 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzym A-reductase (HMGR) laat afnemen. HMGR is namelijk een belangrijk enzym bij



Figuur 9 Ethyleen structuurformule. Bron: www.quora.com



Figuur 10 Effect ethyleen bij verschillende concentraties op strekking. Bron: Barbera McClintock



Figuur 11 Structuurformule D-carvon/S-carvon. Bron: www.sigmaaldrich.com

de mevalonzuurroute, ook wel metabole pathway genoemd. Wanneer de HMGR hoeveelheid daalt, kan dat effect hebben op het sleutelenzym mevalon wat tot de synthese (aanmaak) van diverse essentiële cel bestanddelen leidt. Aangezien de halfwaardetijd van carvon drie uur is, zal na het stopzetten van de behandeling de kiemgroei weer op gang komen (Oosterhaven J. , 1995). Wat ook al in eerdere rapportages is geconstateerd, is dat het niet duidelijk is of de aanmaak van HMGR afneemt of dat er tijdens het aflezen van het enzym, mRNA (Messenger RNA) een storing optreedt (Oosterhaven, Hartmans, & Huizing, 1993).

Dat de werking van d-carvon goed is, is met verschillende proeven bewezen. In rapporten van onder andere (Hartmans & Buitelaar, 1996), (Hartmans, 1997) en (Hartmans, 1998) maar ook in de praktijk zien agrarische ondernemers zichtbare verschillen (Jonkheer, Sturen bij het kiemen, 2014), (Lee, 2012) en (Tiernego, 2012). Waardoor carvon op bepaalde aardappelrassen geen effect heeft is nog niet onderzocht, knollen die niet er niet tegen kunnen muteren en zijn niet wenselijk tijdens de veldkeuring (Hanse, 2012). Wel is bekend welke rassen wel of geen meeropbrengst geven na behandeling met Talent.

3.8.3 Biox-m (muntolie)

Biox-M is een kiemremmer voor natuurlijke kiemremmers met dezelfde werkzame stof als Talent, en bevat 70% carvon uit de groene muntplant wat lager is dan bij Talent. Evenals Talent is ook Biox-M toegelaten in biologische consumptie- en zetmeel aardappelen. Biox-M heeft in 2011 de eerste toelating gekregen in Nederland. Ondanks dat Biox-M dezelfde werkzame stof heeft als Talent, is deze niet toegelaten in de pootgoedteelt.

Bij alle kiemremmers is het ook mogelijk de temperatuur tussen 6oC en 8oC te houden. Hierdoor zal een aardappelknol ook meer graaddagen hebben dan bij mechanische koeling. De knol is dan fysiologisch ouder, en een oudere knol kan meer stengels en knollen krijgen (Haverkort, 2018).

Hoofdstuk 4 Discussie

§4.1 Inleiding

Het bewaren van pootaardappelen voor vegetatieve vermeerdering kan op verschillende manieren. Verschillende doelstellingen van de teler zijn bepalend voor het gebruik van een bepaalde handeling, middel of techniek om de knollen in een fysiologische toestand te brengen waarbij deze de hoogste knolopbrengst in de juiste maat kunnen realiseren. De doelstelling ligt voornamelijk in het realiseren van meeropbrengst van pootaardappelen in de verkoopbare maat waarbij het stimuleren van de kieming middels stressvormen het hoofddoel is.

§4.2 Resultaten per deelvraag

§4.2.1 Welke invloed heeft (een) warmte (stoot) op aardappelknolfysiologie?

Hogere temperaturen zetten bepaalde interne processen op gang binnen een aardappelknol. Het proces waarbij aardappelknollen aan hogere temperaturen worden onderworpen heet een warmtestoot. Daarbij gaan de aardappelen een cel in van 16°C tot 18°C voor twee tot vier dagen en maximaal tien dagen voor het poten. Hierdoor nemen de suikerconcentraties in de knol toe. Deze toename van suikers is toe te schrijven aan de verhoogde enzymactiviteit binnen de knol. Voor zo ver bekend zijn de enzymen alfa-glucanase, water fosfotransferase (GWD) en Fosfoglucohydrolase (PWD) betrokken bij deze reactie waarbij de oppervlaktestructuur van zetmeelkorrels veranderd worden. Daardoor breken andere enzymen het zetmeel af tot suikers.

De gevonden literatuur over de invloed van warmte op aardappelknollen, en de daarmee samenhangende suikeraanmaak, is gelijkwaardig aan elkaar. Zo is te zien dat verschillende bronnen tot dezelfde resultaten zijn gekomen in proefopstellingen. Ook de manier waarop de suikers toenemen is beschreven door verschillende onderzoekers waarbij de conclusies hetzelfde waren. In paragraaf 3.5 zijn proeven weergegeven met voorkiemen. Echter zijn deze proeven vaak in combinatie met voorkiemen, waardoor resultaten met alleen de warmtestoot niet goed zijn beschreven. Hiervoor is dhr. Bouma te Ulrum benaderd, echter zijn hier geen statistisch betrouwbare proefresultaten van beschikbaar.

§4.2.2 Welke invloed heeft afkiemen van pootgoed op de knolfysiologie

Afkiemen van pootaardappelen is een van de meest gemakkelijke manieren om aardappelknollen van kiem te ontdoen. Bij het afkiemen zal de topspruit, wanneer deze aanwezig is, afbreken. Door het afbreken van de topspruit neemt het sucrosegehalte, de bouwstof voor de kiemgroei in de aardappelknol toe. Daarnaast zorgt afkiemen voor een verandering in de hormoonhuishouding van de aardappelknollen. Zo neemt na het afkiemen het hormoon die de kiemgroei drukt IAA af. GA neemt door de afname van IAA toe waardoor de cellen in de kiem in de lengte gaan groeien. Doordat er meer ogen los komen neemt de hoeveelheid cytokinine toe, wat aangemaakt wordt in de wortelbeginsels. Daardoor neemt tenslotte het zuur ABA af, wat ook de celdeling remt.

De gevonden literatuur over de invloed van afkiemen en de daarmee verandering in suikergehalte van de aardappelknol is goed beschreven door Daniels-Lake en Prange in verschillende jaren. Daarnaast schrijft voornamelijk Palavista over de verschillende hormonale processen in de aardappelknol, deze werking van deze hormonen zijn ook in boeken als Biology of Plants goed beschreven. In paragraaf 3.4 zijn proeven weergegeven met afkiemen en de opbrengst waaronder in tabel 4- en 5 echter waren deze niet te vergelijken met elkaar door verschillen in proefopzet.

§4.2.3 Welke invloed heeft voorkiemen in combinatie van (zon)licht op de knolfysiologie

Aardappelknollen blootstellen aan zonlicht kan, evenals afkiemen, bepaalde hormonale processen stimuleren. Ook zorgt het voorkiemen in zonlicht voor een korte en stevige spruiten op de aardappelknollen zodat deze tijdens het poten niet afbreken. Tijdens het voorkiemen worden de aardappelknollen lang aan zonlicht en variërende temperaturen blootgesteld. Daardoor gaan processen in de aardappelknol door, bij temperaturen rond de 3°C liggen de processen juist stil. Doordat er wel wortelbeginsels zijn zal ook bij het voorkiemen cytokine aangemaakt worden, het hormoon wat de kiemgroei stimuleert. Naast cytokine zorgt ook de afname van IAA, doordat de topspruitdominantie wordt doorbroken, voor een groei van andere kiemen. Daarnaast zorgt ook de aanmaak van GA, wat in de kiem aangemaakt wordt, voor celstrekking in de kiemen waardoor deze gaan groeien. Voorkiemen geeft een aardappelknol de mogelijkheid de hormonen IAA en ABA afnemen, en de hormonen GA en cytokine toenemen. Tenslotte neemt de hoeveelheid chlorofyl, chlorogeenzuur, glycoalkaloïden en andere stoffen in de knollen toe door zonlicht.

De gevonden literatuur over de invloed van voorkiemen is net als bij afkiemen goed beschreven. Daardoor zijn de gegevens van Palavista ook in deze deelvraag terug gekomen. Daarnaast is er wel meer additionele informatie toegevoegd omdat bij dit proces de invloed van zonlicht de hormonale huishouding beïnvloed. Bij proeven door het CILo zijn veel objecten met zonlicht vergeleken, helaas waren alleen de jaren 1950 en 1951 aanwezig en waren de jaren 1952 tot en met 1955 op papier aanwezig maar niet openbaar beschikbaar. Wel kwam in de meeste proeven het voorkiemen financieel het beste uit.

§4.2.4 Welke invloed heeft koolstofdioxide op de knolfysiologie

Koolstofdioxide (CO_2), een natuurlijk broeikasgas, is in lage concentraties aanwezig op aarde (0.038%). CO_2 wordt vaak geassocieerd in aardappel bewaarcellen als oorzaak van de verzoeting. Waarden boven 4%, 100 maal de buitenlucht concentratie, zijn geen uitzonderingen in consumptieaardappel bewaarcellen. Hoge concentraties CO_2 hebben negatieve effecten op verkuring (wondheling) tijdens het droogproces, veroorzaakt necrose en kan zwarte harten veroorzaken. Proeven in aardappelknollen om de kiemgroei te stimuleren wijzen uit dat, afhankelijk van de leeftijd van de knol, CO_2 een positief effect heeft op de kiemgroei in gewicht als lengte. Waarden van 2 tot 4% hebben een positief effect, 4% tot 15% laten de kiemgroei afnemen en boven de 15% stop de kieming volledig.

CO_2 is een gas waar veel over geschreven is in de literatuur. Er zijn veel proeven uitgevoerd waar literatuur aan verbonden is. Daarbij komen vrijwel alle onderzoekers er op uit dat een concentratie van twee tot vier procent CO_2 de kiemgroei bevordert doordat er suikers aangemaakt worden, een bouwstof voor kiemen. Wat echter in de meeste studies niet wordt meegenomen is dat bij de toename van CO_2 ook het gehalte ethyleen toeneemt, en de zuurstof af neemt. In de meeste proeven wordt alleen het CO_2 gehalte gemeten en niet het ethyleen en zuurstof gehalte. Daniels-Lake heeft wel gekeken naar de toename van ethyleen en de afname van zuurstof tijdens de bewaring. Daarbij heeft Daniels-Lake ook gekeken naar de invloed van ethyleen in combinatie met CO_2 , en ethyleen apart om te beoordelen welk gas zorgt voor de toename van suikers of kiem in zowel lengte als gewicht. Alhoewel CO_2 een belangrijk gas is in de bewaarplaats wordt hier geen onderzoek naar gedaan in pootaardappel bewaarcellen maar voornamelijk in de consumptieaardappel bewaarcellen. In consumptieaardappelen wordt dan alleen gekeken naar de verzoeting die dan optreedt, ofwel de slechte bakkleur.

§4.2.5 Welke invloed heeft een koude bewaarperiode op de knolfysiologie

Een koude bewaarperiode kan in de aardappelknollen zorgen voor koude versuikering. Daardoor zijn aardappelen, wanneer deze niet gereconditioneerd worden ongeschikt voor frituurdoeleinden doordat er acrylamide vormt wat gevaarlijk is voor de gezondheid. Een koude bewaarperiode voor pootaardappelen is niet gevaarlijk voor de gezondheid omdat deze niet geconsumeerd worden maar heeft wel als voordeel dat er geen kiem optreedt. Hierdoor zal er geen versmering optreedt tijdens het poten. Sturen met kou kan er voor zorgen dat kort na het oogsten de aardappelknollen uit de kiemrust komen. Dat is van belang voor vroege exportpartijen die in landen rond het middellandse zeegebied in januari of februari alweer gepoot worden. Het prepareren van aardappelknollen middels bepaalde temperaturen zorgt er voor dat deze in een optimaal fysiologische toestand komen. Lage temperaturen zorgen ervoor dat zetmeel, met behulp van verschillende enzymen, afgebroken wordt waardoor deze gebruikt kan worden voor kiemgroei.

Naar het bewaren van aardappelen op lage temperatuur is veel onderzoek gedaan. Met name in de consumptieaardappelen is en wordt hier veel onderzoek naar gedaan omdat kou de aardappels laat verzoeten, wat onder andere slecht is voor de bakkleur. De invloed van koude verzoeting is goed beschreven en met name het metabolische proces waarbij zetmeel in suikers omgezet wordt. Waar minder over bekend is, is het preparatie proces van aardappelen zodat deze een optimale fysiologische leeftijd behalen. Hierbij wordt voornamelijk gerefereerd aan het aantal graaddagen bij aardappelen. Literatuur hiervan in aardappelen is schaars, maar in witlof en tulpenbollen wordt dit al langer gedaan. Adviesbureau TTW heeft ook voor pootaardappelen dit principe vertaalt vanuit de witlof om zo pootaardappeltelers te adviseren. De manier van prepareren is daardoor niet beschikbaar omdat deze gegevens niet openbaar te verkrijgen zijn.

§4.2.6 Welke invloed hebben kiemremmers, zoals Talent en Restrain ethyleen voor invloed op de knolfysiologie

De drie kiemremmers Restrain ethyleen, Talent en Biox-M zijn natuurlijke kiemremmers en toegestaan in de pootaardappelen. Zo heeft ethyleen, een planthormoon, bij climacterische vruchten een positieve werking op de rijping. Bij aardappelen zorgt het bij lage concentraties voor kiemgroei en worden door de knol bij stress door koude, beschadiging en ziekten aangemaakt in kleine hoeveelheden. Ethyleen stimuleert ademhaling, suikergehalte en glucose en vermindert fructose en sucrose. Bij correct gebruik zorgt ethyleen voor kiemremming doordat het de celstrekking tegengaat.

Talent, met als werkzame stof 95% D-carvon, grijpt in op de enzymreactie die essentiële cel bestanddelen aanmaakt. Carvon komt uit karwijzaadolie en laat de hoeveelheid HMGR afnemen wat de aanmaak van mevalonzuur afremt. Mevalonzuur is het enzym wat belangrijk is voor het aanmaken van essentiële cel bestanddelen. Doordat de halfwaardetijd van carvon kort is, circa drie uur, zal de kiemgroei snel weer op gang komen.

Biox-M is evenals Talent een product wat carvon bevat. Biox-M, ook wel bekend als muntolie, heeft de werkzame stof carvon uit de muntplant. Biox-M heeft dezelfde werking als Talent maar is juist niet toegelaten in de pootaardappelen.

Bij de kiemremmers is de invloed Talent en Biox-M het meest beschreven omdat deze op basis van het natuurlijke d-carvon werken. In zowel Nederlandse als Engelse studies is dit goed gedocumenteerd en zit er veel overlap in de literatuur waardoor de bronnen betrouwbaar zijn. Bij Restrain ethyleen is de werking bekend, waarbij het natuurlijke ethyleen de celstrekking remt. Toch is er weinig geschreven over hoe en via welke route ethyleen de celstrekking remt. Wel kan bij zowel Talent als Restrain ethyleen de bewaartemperatuur omhoog waardoor de aardappelknol fysiologisch ouder wordt. Deze oudere knol kan meer stengels en knollen krijgen.

§4.3 Gegevensverzameling

De verzamelde gegevens zijn in de periode voor het schrijven van het literatuuronderzoek verzameld. Deze gegevens zijn vervolgens per deelvraag uitgeschreven in het vooronderzoek. Dit vooronderzoek is deels in het literatuuronderzoek verwerkt in hoofdstuk één en twee. De gegevensverzameling was per deelvraag erg verschillend. Over de deelvragen naar de invloed van zonlicht, af- en voorkiemen, de warmtestoot en de kiemremmers was goed informatie van te vinden. De deelvragen die zich toespitsen op de CO₂, koude- en warmte invloeden waren moeilijker te beantwoorden met literatuur. Veel lezen in vaktijdschriften en rapporten uit Nederlandse en buitenlandse herkomst boden uitkomst. Ook interviews met agrariërs en adviseurs uit de praktijk leverde relevante informatie op.

Wat in het begin voor wat vertraging van het onderzoek zorgde, was de beschikbaarheid van bronnen. Vele bronnen waren niet gratis toegankelijk. Daardoor moest hiervoor een bezoek gebracht worden aan de Wageningen University & Research (WUR). In de bibliotheek van de WUR waren de bronnen wel toegankelijk waardoor deze toch gebruikt konden worden. Wel waren er enkele bronnen niet openbaar terwijl deze wel aanwezig waren.

Hoofdstuk 5 Conclusie & aanbeveling

§5.1 conclusie

Deze literatuurstudie geeft weer welke vormen van stress op wat voor manier ingrijpen op de fysiologie van aardappelknollen. De hoofdvraag van de literatuurstudie luidt: *Hoe kan er door verschillende stressfactoren invloed uitgeoefend worden op het aantal kiemen op een pootaardappelknol?* Voor de literatuurstudie zijn verscheidene onderzoeken en proeven doorgelezen en verwerkt. Hiermee zijn alle deelvragen beantwoord. Eerst zal antwoord gegeven worden op de deelvragen voordat de hoofdvraag beantwoord kan worden.

Op basis van de gevonden literatuur kan geconcludeerd worden dat een warmtestoot de enzymreactie van alfa-glucan water fosfotransferase en fosfogluco water kinase versneld. Hierdoor breekt zetmeel sneller af en komt deze vrij in de vorm van suikers. De suikers zijn bouwstoffen voor de kiem om te ontwikkelen.

Bij deelvraag twee kan uit de gevonden literatuur geconcludeerd worden dat het afkiemen van aardappelknollen de hormoonhuishouding verandert. Na afkiemen neemt indol-3-azijnzuur af waardoor gibberelline toe neemt en de celstrekking begint. Door afname van indol-3-azijnzuur neemt het aantal actieve ogen toe waardoor de aanmaak van cytokine toe neemt en abscisinezuur geremd wordt.

Bij deelvraag drie kan uit de gevonden literatuur geconcludeerd worden dat voorkiemen bij blootstelling aan (zon)licht de aardappelknol de tijd krijgt om de hormoonhuishouding te veranderen. De topspruit wordt door zonlicht zo lang onderdrukt, indol-3-azijnzuur kan namelijk niet ophopen in de kiem door gelijke lichtverdeling en etioleert daardoor niet, dat andere ogen gaan kiemen waardoor meer cytokine aangemaakt wordt. Daardoor zal het indol-3-azijnzuur en abscisinezuur afnemen en neemt gibberelline toe. Ook neemt de hoeveelheid chlorofyl, chlorogeenzuur, glycoalkaloïden en andere stoffen in de aardappelknollen toe. Ook kan gesteld worden dat het erg afhankelijk is van het seizoen welke voorbehandeling het meeste aantal stengels en knollen voortbrengt.

Bij deelvraag vier kan uit de gevonden literatuur gesteld worden dat CO₂ concentraties boven 1,5 à 2% reducerende suikers optreden. CO₂ aanmaak is afhankelijk van de kiemrust, de rijpheid van de knol, de fysiologische leeftijd, het ras en de knoltoestand. Ook hebben hoge CO₂ concentraties een negatief effect op wondheling en kan zwarte harten en necrose veroorzaken. Wel is er bij CO₂ concentraties van 2 tot 4% positieve effecten op kiemgroei in lengte en gewicht waargenomen. Bij 4 tot 15% neemt kieming af en boven 15% stopt de kieming volledig. Alhoewel CO₂ al hoofdverdachte wordt gezien bij versuikering en stimuleren van kiemgroei, wordt er weinig rekening gehouden met de afname van zuurstof en toename van ethyleen. Daardoor het niet één op één toegeschreven worden op CO₂. Zo blijkt CO₂ in combinatie met ethyleen een groter effect te hebben op versuikering en kieming dan CO₂ alleen.

Bij deelvraag vijf kan uit de gevonden literatuur geconcludeerd worden dat aardappelknollen bij lage temperaturen, onder 7°C, verzoetten. Zetmeel wordt dan afgebroken tot sacharose (sucrose) en vervolgens naar glucose en fructose. Een deel wordt door de aardappelknol verademt. Het sturen met graaddagen, het prepareren van de aardappelknol, heeft TTW veel ervaring mee. Literatuur over de methode van preparatie van aardappelknollen voor de pootgoedvermeerdering is niet aanwezig. Wel zijn er aanwijzingen dat het te maken heeft met het aantal graaddagen na oogst. Echter is dat afhankelijk van verschillende factoren als grondsoort, ras en pootmoment.

Uit de literatuur van de laatste deelvraag kan geconcludeerd worden dat kiemremmers, als Restrain ethyleen en Talent, effectieve methoden zijn om bij hogere temperaturen aardappelknollen te bewaren voor pootgoeddoeleinden. Talent en Biox-M, met als werkzame stof d-carvon, remmen het enzym HMGR waardoor de aanmaak van mevalonzuur geremd wordt. Het enzym mevalonzuur is noodzakelijk voor het aanmaken van essentiële cel bestanddelen, bij gebrek vindt geen celdeling plaats. Ethyleen remt niet de deling, maar de strekking van cellen. Hoe dit precies werkt is niet beschreven of niet gepubliceerd.

Met de antwoorden op de deelvragen kan de hoofdvraag: *Hoe kan er met verschillende stressfactoren tijdens het bewaar seizoen het aantal kiemen op een pootaardappelknol beïnvloed worden?* Beantwoord worden.

De verschillende factoren die langs gekomen zijn in de deelvragen hebben allen op verschillende manier effect op de aardappelknolfysiologie. De manier waarop een bepaalde stressvorm ingrijpt op de processen in een aardappelknol verschilt sterk. Zo kan een stressvorm een proces versnellen, veranderen of blokkeren waardoor dit resulteert in meer kiemen en dus een grotere opbrengstpotentie in de pootaardappelmaat.

Nu er inzicht gegeven is in de werkingsmechanisme van bepaalde stressvormen kunnen pootaardappeltelers beter sturen naar een groter aantal kiemen per aardappelknol. Door een juiste behandeling te geven aan een specifiek ras is er een potentiële meeropbrengst te behalen. Afhankelijk van de wens van de pootaardappelteler kan deze kiezen welke methode het meest gepast is.

§5.2 Aanbeveling

- De warmtestoot is een effectieve manier van het voorbereiden van pootgoed voor het poten. Dit gebeurt, en gebeurt, veelal in kiembakken. Hierdoor is het niet werkbaar voor bedrijven van tegenwoordig. Onderzoek naar een warmtestoot in 1300 kilo kisten zou daarom een interessante aanvulling zijn.
- De verhoging van de CO₂ concentratie in de aardappel bewaarcel en de daarmee samenhangende daling van het zuurstof en stijging van ethyleen, zijn nog onvoldoende onderzocht voor een concrete invloed. Wellicht dat een computergestuurde proefopstelling waarbij CO₂ en zuurstof op niveau gehouden wordt en ethyleen wordt afgezogen, een realistischer beeld geeft van de invloed van CO₂ op de aardappelknol.
- Het sturen met koude, ofwel het goed sturen (prepareren) van graaddagen, is ook een interessante variant. Meer onderzoek naar de juiste preparatie op ras niveau kan een grote bijdrage leveren aan de pootgoedsector. Echter is nog geen enkele onderzoeker geslaagd in het bepalen en sturen van een aardappel naar een optimale fysiologische leeftijd. Mede omdat het optimum van de fysiologische leeftijd niet bekend is, evenals de manier hoe hier toe te komen.

Verwijzingen

- Agrico. (2018, 4 30). *www.agrico.nl*. Opgehaald van <https://www.agrico.nl/nieuws-and-media/pers-nieuwsberichten/457-agrico-ziet-afzet-in-tonnen-pootgoed-groeien>
- Agrico presenteert breed pakket 'nieuwe generatie' rassen. (2018, 1 19). Opgehaald van [www.agrico.nl: https://www.agrico.nl/nieuws-and-media/pers-nieuwsberichten/448-agrico-presenteert-breed-pakket-nieuwe-generatie-rassen](https://www.agrico.nl/nieuws-and-media/pers-nieuwsberichten/448-agrico-presenteert-breed-pakket-nieuwe-generatie-rassen)
- Agrifirm. (2018, Oktober 12). *Let op kiemremming bij aardappelen*. Opgeroepen op 4 3, 2019, van [www.agrifirm.nl: https://www.agrifirm.nl/nieuws/kiemremming-aardappelen/](https://www.agrifirm.nl/nieuws/kiemremming-aardappelen/)
- Allen, E., Bean, J., & Griffith, R. (1978, 04 8). Effects of low temperature on sprout growth of several potato varieties. *Potato Research*(21), 249-255. Opgeroepen op 04 4, 2019
- Andreas Bauwe ↑, P. K. (2016). *Hydrologic evaluation of the curve number and Green and Ampt*. Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock, Germany: Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Rostock University.
- Arrenguin-Luzano, B., & Bonner, J. (1949). Experiments on sucroseformation by potato tubers influenced by temperature. *Plant Physiology*(24), 720-738.
- Arshad, M., & Frankenberger, W. (2002). Ethylene in agriculture. In M. Arshad, & W. Frankenberger, *Ethylene: Agricultural Sources and Applications* (p. 337). New York, United States of America: Kluwer Academic/plenum. Opgeroepen op April 11, 2019
- Beukema, H., & Zaag, D. v. (1990). *Introduction to potato production*. Wageningen: International Agricultural Centre, Wageningen.
- Bolbloemen productie*. (sd). Opgehaald van Alles over bloembollen: <https://www.allesoverbloembollen.nl/educatie/beroepsopleiding/bloembollenproductie/bolbloemen-productie/>
- Bouma, J. (2019, Maart 7). Warmtestoot pootgoed voor het planten. (R. Wolthuis, Interviewer)
- Brinke, T. (sd). Paraplu nieuws, restrain ethyleen in pootaardappelen .
- Burton, W. (1958, 6 2). The effect of the concentrations of carbon dioxide and oxygen in the storage atmosphere upon the sprouting of potatoes at 10 degrees. *European Potato Journal*, 11. Opgeroepen op 2 28, 2019, van file:///D:/Downloads/burton1958.pdf
- Burton, W. (1969). The sugar balance in some British potato varieties during storage. II. The effects of tuber size, age, previous storage temperature, and intermittent refrigeration upon low-temperature sweetening. (12), 81-95.
- Burton, W. (1989). *Potato Research*. New York, Amerika.
- Burton, W., & Meigh, D. (1992). *The physics and physiology of storage*. London: Chapman and Hall.
- Bus, C. (1988). *De relatie tussen kiemen en stengels bij aardappelen*. Lelystad: PAGV.
- Bus, C. (1992). *De invloed van pootgoedbehandelingen op het aantal stengels en knollen bij aardappelen*. Edelhertweg 1, Lelystad: Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Veluwe.
- Bus, C. (1996). *Teelthandleiding pootaardappelen pootgoedbehandeling*. Kennisakker.

- CBS. (2017, 1 20). Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistiek : <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2017/03/export-landbouw-stijgt-met-ruim-4-procent>
- Celis-Gamboa, Struik, Jacobsen, & Vissew. (2003). Sprouting of seed tubers during cold storage and its influence on tuber formation, flowering and the duration of the life cycle in a diploid population of potato. *Potato Research*(46), 21-21.
- Coleman, W. K. (1998). *Carbon Dioxide, Oxygen and Ethylene Effects on Potato Tuber Dormancy Release and Sprout Growth*. 850 Lincoln Road, Fredericton, New Brunswick, E3B 4Z7, Canada: Potato Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada.
- Colgan, R., Rees, D., & Briddon, A. (2012). *Senescent Sweetening*. Stoneleigh Park, Kenilworth Warwickshire : Natural Resources Institute (NIR) & Sutton Bridge Crop Storage Research (SBCSR). Opgehaald van https://potatoes.ahdb.org.uk/sites/default/files/publication_upload/20126%20Senescent%20Sweetening%20R442.pdf
- Costa E Silva, M., Galhano, C., & Moreina Da Silva, A. (2007). A new sprout inhibitor of potato tuber based on. *Journal of Inclusion Phenomena*(57), 121-124.
- Dai, H., Fu, M., Yang, X., & Chen, Q. (2016). Ethylene inhibited sprouting of potato tubers by influencing the carbohydrate metabolism pathway. *Journal Food Science Technology*.
- Dale, M., & Bradshaw, F. (2003). Progress in improving processing attributes in potato. *Trends Plant Science*(8), 10-312.
- Daniels-Lake, B. J. (2012). *Effects of elevated CO2 and trace ethylene present throughout the storage season on the processing colour of stored potatoes*. Canada, 32 Main Street, Kentville, NS B4N 1J5, Canada: Potato Research. Opgeroepen op 4 3, 2019
- Daniels-Lake, B. J. (2013). *Carbon Dioxide and Ethylene Gas in the Potato Storage Atmosphere and their Combined Effect on Processing Colour*. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University & Research.
- Daniels-Lake, B., & Prange, R. (2007). The cannon of potato science. *Potato Research*(50), 379-382.
- Datir, S. (2011). *Cold-induced sweetening in potato (Solanum tuberosum L.): genetic analysis of the apoplastic invertase inhibitor gene*. Lincoln : Lincoln University .
- Day, D., Arron, G., Christoffers , R., & Laties, G. (1978). Effect of Ethylene and Carbon Dioxide on Potato Metabolism. *Plant Physiol*(62), 820-825.
- Dimalla, G., & Stadan, J. (1977). Apical dominance and utilization of carbohydrates during storage of potato tubers. *Annals of Botany*(41), 387-391.
- Eckhout, I. (2010). Een aardappelbewaarplaats is geen ziekenhuis. *Aardappelen & Constructie*, 3. *Edopot.wur.nl*. (sd). Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/206637>
- Eckhout, I., & Boussery, K. (2003). Aardappelbewaring Constructie en bewaarproces.
- Eleveld, C. (1984). Voorbehandelingen van het eigen pootgoed. In *Pootaardappelteelt* (pp. 3-8). Groningen, Leeuwarden: Consulente voor de Akkerbouw en de Rundveehouderij voor Noord-West Friesland en Consulente voor de Akkerbouw te Groningen, in samenwerking

met de stichting Keuringsdienst Friesland - Groningen van de N.A.K. Opgeroepen op Mei 24, 2019

Elmer, O. (1936). *Growth inhibition in the potato caused by a gas emanating from apples*. Kansas : Kansas Agricultural Experiment Station.

Engewerda, J. (2018, 2 14). *Areaal pootgoed gaat dit jaar naar record*. Opgehaald van [www.boerderij.nl: https://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2018/2/Areaal-pootgoed-gaat-dit-jaar-naar-record-248247E/](https://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2018/2/Areaal-pootgoed-gaat-dit-jaar-naar-record-248247E/)

Es, A. v., & Hartmans , K. (1987). Sugars and starch during tuberization, storage and sprouting. *Storage of Potatoes*, 79-113.

Ethyleen in aardappelbewaring. (sd). Tolsma storage technology.

Galvan-Ampudia, C., Fan, Y., & Offringa, R. (2011, Maart 20). *Waardoor groeit een plant naar het licht?* Opgehaald van [www.universiteitleiden.nl: https://www.universiteitleiden.nl/nieuws/2011/03/waardoor-groeit-een-plant-naar-het-licht](https://www.universiteitleiden.nl/nieuws/2011/03/waardoor-groeit-een-plant-naar-het-licht)

Goos, H. (2012). Ethyleen in de aardappelbewaring. Emmeloord, Flevoland, Nederland.

Hak, P., Pleijster, K., & Winkel, S. t. (1994). *Energiebesparing bij de bewaring van aardappelen; ontwerp van een kunstmatige intelligentiesysteem*. Nederlandse onderneming voor energie en milieu bv.

Hanse, L. (2012). Talent is pootgoedteelt in de bewaring . *Aardappelwereld magazine* , 33-35.

Hartmans, K. (1997). *Kiemregulering bij 4 vroege pootaardappelrassen gedurende de bewaring met behulp van Talent en de invloed daarvan op de teelt en opbrengst*. Wageningen: Agrotechnologisch Onderzoek Instituut (ATO-DLO).

Hartmans, K. (1998). *Kiemregulering bij 7 pootaardappelrassen gedurende de bewaring met behulp van Talent en de invloed daarvan op de teelt en opbrengst na oogsten op de consumptiedatum*. Wageningen: Agrotechnologisch Onderzoek Instituut (ATO-DLO).

Hartmans, K., & Buitelaar, N. (1996). *Kiemremming bij een 10-tal aardappelrassen met behulp van Talent*. Wageningen: ATO-DLO.

Hartmans, K., Bakker, W., Gorris, L., & Diepenhorst, P. (1995). The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. 1-10.

Haverkort, A. (1988). *De invloed van biotische bodemstressfactoren op de groei van gewassen. Een verkenning*. Wageningen : Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO)1 9.

Haverkort, A. (2018). *Aardappelhandboek*. Den Haag: Aardappelwereld BV.

Hertog, M., Tijskens, L., & Hak, P. (1997). The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: A mathematical model . *Elsevier*, 67-79.

Heuvelink, E., & Kierkels, T. (2009). *Plantkunde Onder glas*. Woerden: Henk van Esch.

Hofstra, D. (1955). *PROEVEN met wel en niet voorgekiemd pootgoed van aardappelen in winterconsumptieteelt*. Centraal instituut voor landbouwkundig onderzoek.

- Honger naar huurgrond niet te stillen.* (2014, 17). Opgehaald van [www.boerenbusiness.nl](http://www.boerenbusiness.nl/https://www.boerenbusiness.nl/grondmarkt/artikel/item/10841921/Honger-naar-huurgrond-niet-te-stillen):
<https://www.boerenbusiness.nl/grondmarkt/artikel/item/10841921/Honger-naar-huurgrond-niet-te-stillen>
- Hoof, i. M. (1997). *Koude verzoeting in aardappelen*. Brussel, België: ATO-DLO.
- Hutchinson, R. (1978). The dormancy of seed potatoes. 2. The effect of storage temperature. *Potato Research*(21), 267-275. Opgeroepen op 04 4, 2019
- Ilse Eeckhout, K. B. (sd). *Aardeppelbewaring constructie en bewaarproces*.
- Ittersum, M. v., & Scholte, K. (1992). shortening dormancy of seed potatoes by storage temprature regimes. *Potato Research*(35), 389-401. Opgeroepen op 04 4, 2019
- Jong, i. J. (1985). *De teelt van aardappelen*. Drachten .
- Jonkheer, E. (2014, juni). Sturen bij het kiemen. *Akker*, 3. Opgeroepen op 2018
- Juknevice, Z., Venskutoniene, E., Pranaitiene, R., & Duchovskis, P. (2011). Rhw influence of different tempratures and exposition time on potato tuber sprouting and development of plants. *Zemdirbyste-Agriculture*(98), 132-138. Opgeroepen op April 11, 2019
- Krijthe, N. (1948). *Over de invloed van temperatuur en licht tijdens de bewaring van pootaardappelen op de oogst van eerstelingen*. 'S-Gravehage : Staatsdrukkerij uitgeverbedrijf .
- Landelijke pootaardappeldag: veel veranderingen op komst in pootgoedteelt.* (2017, 1 20). Opgehaald van [www.akkerbouwactueel.nl](http://www.akkerbouwactueel.nl/https://www.akkerbouwactueel.nl/nieuwsartikel/2017/landelijke-pootaardappeldag-veel-veranderingen-op-komst-in-pootgoedteelt/b24g18c30o1530/):
<https://www.akkerbouwactueel.nl/nieuwsartikel/2017/landelijke-pootaardappeldag-veel-veranderingen-op-komst-in-pootgoedteelt/b24g18c30o1530/>
- Lee, H. v. (2012). Pootgoedteler Johan Remijn heeft talent voor Talent. *Akkermagazine*, 20-21.
- Lide, D., Baysinger, G., Berger, L., Goldberg, R., Kehiaian, H., Kuchitsu, K., . . . Zwillinger, D. (2005). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Linnemann, A., Es, A. v., & Hartmans, K. (1985). Changes in the content of L-asorbic acid, glucose, fructose, sucrose and total glycoalkaloids in potatoes (cv. bintje) stored at 7, 16 and 28°C. *Potato Research*(28), 271-278.
- Loon, i. C., Veerman, I., & Bus, I. (1993). *teelt van CONSUMPTIE-AARDAPPELEN*. Lelystad : Proefstation AGV .
- Ludwig, J. (1972). *"BEPALING VAN HET INHOUDEGEHALTE VAN ETHYLEEN IN AARDAPPELEN"*. Wageningen: Instituut voor bewaringen verwerking van landbouwprodukten(IBVL) .
- Mani, F., & Hannachi, C. (2015). Physiology of Potato Sprouting. *Journal of New Science*, 2015(17), 591-602. Opgeroepen op Mei 24, 2019
- Meulen, H. v. (2018, 12 18). *Financiële opbrengsten akkerbouwbedrijven gemiddeld gelijk aan 2017*. Opgehaald van [www.agrimatie.nl](http://www.agrimatie.nl/https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2272&indicatorID=2079):
<https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2272&indicatorID=2079>
- Miller, E. (1947). The story of ethylene. *The Scientific Monthly*, 1.

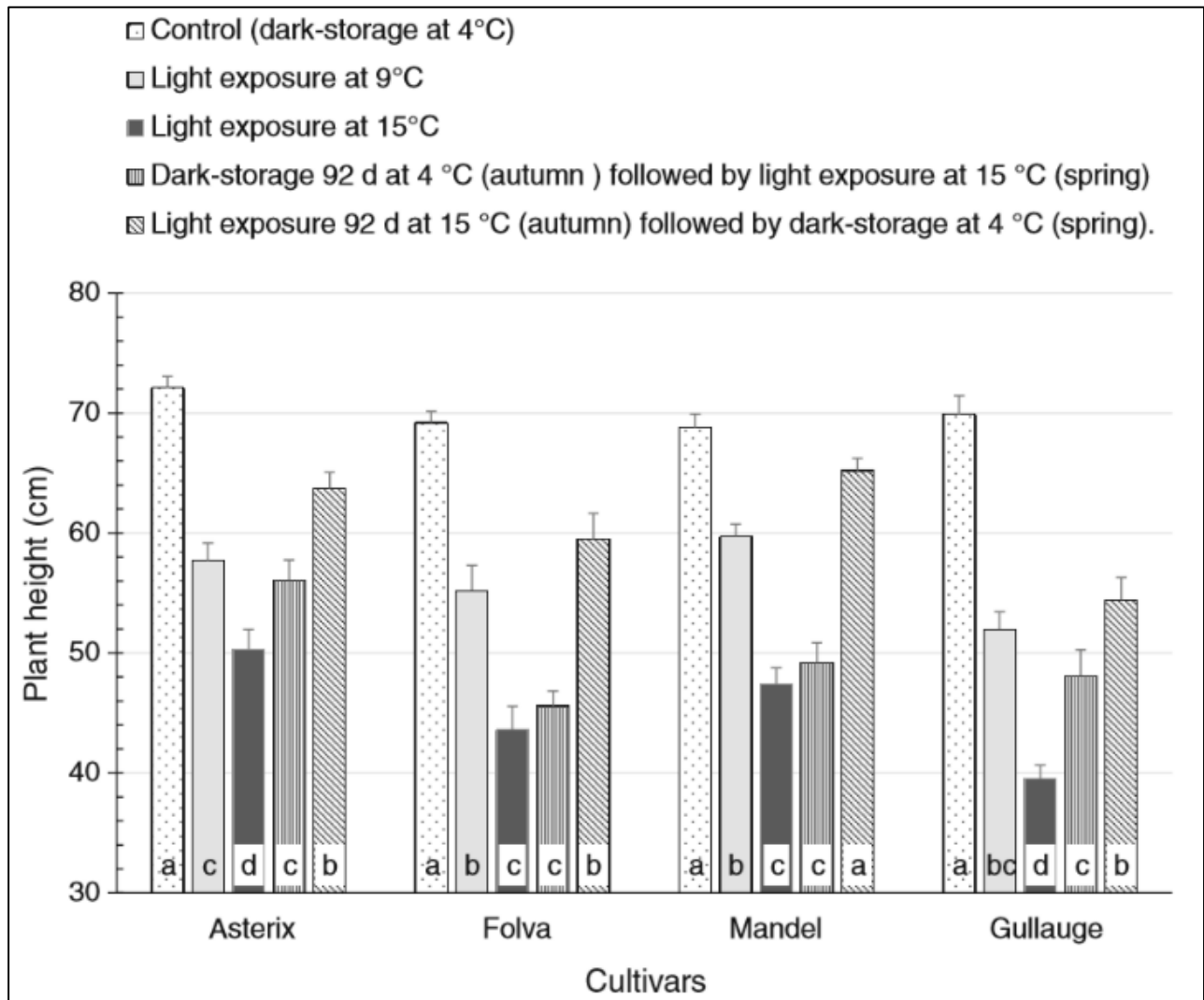
- Moll, A. (1985). Der Einfluss des physiologischen Alters der Planzknollen auf die Ertragsbildung von Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit. *Potato Research*, 28, 233-250. Opgeroepen op Mei 24, 2019
- Molmann, J., & Johansen, T. (2017, 10 11). Seed Potato Performance after Storage in Light at Elevated Temperatures. *Potato Research*, 13. Opgeroepen op 2 27, 2019
- Mulder, A., & Turkensteen, L. (2008). *Aardappelziektenboek* (3 ed.). Den Haag, Zuid-Holland, Nederland: Aardappelwereld BV. Opgeroepen op April 11, 11
- Naik, P., & Sarkar, D. (1997). Influence of light-induced greening on storage of potato microtubers. *Biologia Plantarum*(1), 31-34.
- Nielson, L., & Todd, F. (1946). Bacterial soft rot of Irish potatoes as influenced by sub lethal temperatures: sugars and permeability changes in the tubers. *American Potato Journal*(23), 73-87.
- Nieuweoogst.nu. (2015, 7 4). Opgehaald van Nieuweoogst.nu:
<https://www.nieuweoogst.nu/nieuws/2015/07/04/niet-wachten-op-een-greppelverbod>
- Oosterhaven, J. (1995). *Different aspects of S-carvone, a natural potato sprout growth inhibitor*. Wageningen: Agrotechnological Research Institute Laboratory of Plant Physiology.
- Oosterhaven, K., Hartmans, K., & Huizing, H. (1993). Inhibition of Potato (*Solanum tuberosum*) Sprout Growth by the Monoterpene S-Carvone: Reduction of 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase Activity without Effect on its mRNA Level. *Journal Plant Physiology*(141), 463-469.
- Oostwechel, R., Woltering, E., & Montsma, M. (2018). *Literatuurstudie effect hoge CO2concentraties op pootgoedkwaliteit*. Wageningen : Wageningen Food & Biobased Research.
- Palavista, A. (2016). *Potato Tuber Aging in Storage*. Nebraska: University of Nebraska.
- Percival, G., Karim, M., & Dixon, G. (1998). Influence of light-enhanced glycoalkaloids on resistance of potato tubers to *Fusarium sulphureum* and *Fusarium solani* var. *coeruleum*. *Plant Pathologie*(47), 665-670.
- Percival, G., Karim, M., & Dixon, G. (1998). Light induced bio-control of potato storage pathogens in vitro. *Potato Research*(41), 143-153.
- Poapst, P., Durkee, A., McGugan, W., & Johnston, F. (1968). Identification of ethylene in gibberellic-acid-treated potatoes. *Journal of the science of Food and Agriculture*(19), 325-327.
- Pootaardappelen winnen terrein. (2016, 4 11). Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistiek:
<https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/15/pootaardappelen-winnen-terrein>
- Pootaardappelen-aangiftecijfers. (2018, 6 1). Opgehaald van www.nak.nl:
[file:///D:/Downloads/Pootaardappelen-aangiftecijfers-2018-20180604\(2\).pdf](file:///D:/Downloads/Pootaardappelen-aangiftecijfers-2018-20180604(2).pdf)
- Pootgoedprijs HZPC hoogste in negen jaar. (2017, 3 7). Opgehaald van boerderij.nl:
<https://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2017/3/Pootgoedprijs-HZPC-hoogste-in-negen-jaar-102649E/>

- Prange, R., Daniels-Lake, B., & Pruski, K. (2005). *Effects of Continuous Ethylene Treatment on Potato Tubers: Highlights of 14 Years of Research*. 32 Main St. Kentville, NS B4N 1J5 , Canada: Atlantic Food and Horticulture Research Centre.
- R.J.A. Oosterwechel, E. W. (15-03-2018). *Literatuurstudie effect hoge CO2concentraties op pootgoedkwaliteit*. Wageningen Food & Biobased Research .
- Rastovski, A., & Es, A. v. (1981). *Storage of potatoes*. Wageningen, Gelderland, Nederland: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Opgeroepen op 04 4, 2019
- Raven, P. (2013). *Biology of Plants*. Houndsmills, Basinstoke Engeland: W. H. Freeman and Company Publishers .
- Rayburn, J., Bantle, J., & Friedman , M. (1994). Role of Carbohydrates Side Chains of Potato Glycoalkaloids in Developmental Toxicity. *Journal of Agricultural, Food and Chemical*(42), 1511-1515.
- Rendementsverhoging in (poot)aardappelen met Restrain ethyleen*. (2016, 11 24). Opgehaald van [www.agf.nl](https://www.agf.nl/article/149706/rendementsverhoging-in-poot-aardappelen-met-restrain-ethyleen/): <https://www.agf.nl/article/149706/rendementsverhoging-in-poot-aardappelen-met-restrain-ethyleen/>
- Restrain*. (sd). Opgehaald van [www.ctgb.nl](https://toelatingen.ctgb.nl/toelating/?id=9874&category=PPP): <https://toelatingen.ctgb.nl/toelating/?id=9874&category=PPP>
- Ridder, J. (1987). Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. *PAGV*(66), 24.
- Schild, J. v. (1986). *aardappelbewaring van inschuren tot afleveren*. Wageningen: Centrum plantkundigveredelings reproductie onderzoek & Dienst landbouwkundig onderzoek. Opgeroepen op oktober 1, 2018
- Schouten, S. (1993). Influence of temperature and carbon dioxide content on sprout growth and fry color of different potato cultivars. . *Proceedings of the 6th International Controlled Atmosphere Research Conference*, (pp. 782-788). Ithaca, USA.
- Shallenberger, R., Smith, O., & Treadway, R. (1959). Food colour changes, role of the sugars in the browning reaction in potato chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(7), 274-277.
- Sleutelen aan poottechniek voor de bodem*. (2017, 5 8). Opgehaald van [www.boerenbusiness.nl](https://www.boerenbusiness.nl/fotoreportage/10874414/sleutelen-aan-poottechniek-voor-de-bodem): <https://www.boerenbusiness.nl/fotoreportage/10874414/sleutelen-aan-poottechniek-voor-de-bodem>
- Smith, A., Zeeman, S., & Smith, S. (2005). Starch degradation. *Reviews of Plant Biology*, 73-89.
- Solomé, J. (2010-2011). *De bloei van orchideeën ontsluit: is exogene toediening van plantbioregulatoren een optie?* Gent: iFaculteit Bio-ingenieurswetenschappen.
- Sowokinos, J. (1990). Stress induced alteration in carbohydrate metabolism. *The Molecular and Cellular Biology of the Potato*, 137-158.
- Stichting Proefboerderij Noordelijke Akkerbouw*. (2019, 02 13). Opgehaald van Stichting Proefboerderij Noordelijke Akkerbouw: <https://www.spna.nl/>
- Thomsen, E. (2003). *BI's Promised Land*. Intelligent enterprise .
- Tiernego, C. (2012, februari 2). Geheim is verse lucht. *Akkermagazine*, 20-21.

- Timm, H., Yamaguchi, M., Clegg, M., & Bishop, J. (1968). Influence of high temperatures exposure on sugar content and chipping quality of potatoes. *American Potato Journal*(45), 359-365.
- Tubben, E. (2017). *CO₂ in pootaardappelbewaring*. Aeres hogeschool Dronten. Emmeloord: Aeres hogeschool Dronten. Opgeroepen op Maart 20, 2019
- Veerman, A. (1999). Slechtere bakkleur door verhoogde CO₂ vonvenratie in aardappelbewaring. *PAV - bulletin Akkerbouw*.
- Veerman, A. (2003). *Teelt van consumptieaardappelen*. Edelhertweg 1, Lelystad: Praktijkonderzoek PLant & Omgeving B.V.
- Veerman, A., Struik, P., Evenhuis, A., Bus, C., & Bos, D. (2005). *Haalbaarheidsstudie voor de voorspelling van kiemrust en groeikracht van aardappelpootgoed*. Edelhertweg 1, Lelystad: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. .
- Veerman, I. A. (1999, Februari). Slechte bakkleur door verhoogde CO₂ concentratie in aardappelbewaring. *PAV- bullitin Akkerbouw*.
- Verma, S., Sharma, T., & Verma, S. (1974). Sucrose accumulation during high temperatur storage of potato tubers. *Potato Research*(17), 224-226.
- Versluis, H., & Eldering, C. (2013). Waarom koelen we de aardappelen eigenlijk? *Landbouwmechanisatie*, 38-39.
- Viacheslav, E., Alfons, L., Peeter, L., Juhan, J., Liina, T., & Enn, L. (2008). The influence of thermal shock and pre-sprouting of seed potatoes on formation of some yield structure elements. *Acta Agriculture Scandiavica Section B- Soil and Plant Science*(58), 35-42.
- Wigginton, M. (1974). Effects of temperature, oxygen tension and relative humidity on the wound-healing process in the potato tuber. *Potato Research*(17), 200-214.
- Zaag, D. v. (1962). *De fysiologische ontwikkeling van de poter*. 'S-Gravehage: Rijkslandbouwconsulent voor Aardappelen .
- Zwanepol, S., Alblas, J., Titulaer, H., Sukkel, W., Hoek, J., Jonkers, J., . . . Wijk, C. v. (1997). *Productie van witlof en roodlof*. Lelystad: Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegroondsgroenteteelt .

Bijlagen

Bijlage 1 Invloed van zonlicht op de aardappelknol tijdens de bewaring. Bron: Seed Potato Performance after Storage in Light at Elevated Temperatures



Bijlage 2 Totaalopbrengsten uit verschillende proefvelden. Bron: CILO

GEZAMENLIJKE WISKUNDIGE VERWERKING DER TOTAALOPBRENGSTEN UIT VERSCHILLENDE PROEFVELDEN

De gegeven rangorde bij de afzonderlijke proefvelden is zoals die aangegeven is in de verwerking van de proefveldgegevens

Bintje uit 7 proefvelden				ZWF 374		NNH 1101		ZNH 102		Z 25/60	
Rangnummer	Object	Gemiddelde opbrengst in kg/are	Rangorde	Object	Rangorde	Object	Rangorde	Object	Rangorde	Object	Rangorde
1	I	353	1.	I	1.2.3.4.5.	V	1.2.3.4.	I	1.2.3.4.5.	I	1.2.3.4.
2	III	329	2.3.	II	1.2.3.4.5.	III	1.2.3.4.	V	1.2.3.4.5.	III	1.2.3.4.
3	V	319	2.3.4.	III	1.2.3.4.5.	I	1.2.3.4.	II	1.2.3.4.5.	II	1.2.3.4.
4	II	316	3.4.	IV	1.2.3.4.5.	II	1.2.3.4.	III	1.2.3.4.5.	V	1.2.3.4.
5	IV	267	5.	V	1.2.3.4.5.	IV	5.	IV	1.2.3.4.5.	IV	5.
Het verschil als gevolg van de bewaring moet minimaal 11 kg per are bedragen				ZVI 187		WB 1724		WB 1725		Kleinste betrouwbare verschil op een bepaald proefveld 43 kg per are	
				Object	Rangorde	Object	Rangorde	Object	Rangorde		
				I	1.2.3.4.	II	1.2.3.4.	I	1.2.3.4.5.		
				III	1.2.3.4.	I	1.2.3.4.	V	1.2.3.4.5.		
				II	1.2.3.4.	V	1.2.3.4.	III	1.2.3.4.5.		
Meerlander uit 4 proefvelden				NNH 1101		ZNH 102		Z 25/60		Kleinste betrouwbare verschil op een bepaald proefveld 38 kg per are	
				Object	Rangorde	Object	Rangorde	Object	Rangorde		
				I	1.2.3.4.5.	I	1.2.	II	1.2.3.		
				II	1.2.3.4.5.	V	1.2.3.	III	1.2.3.4.		
				III	1.2.3.4.5.	II	2.3.4.5.	I	1.2.3.4.5.		
1	V	391	1.2.	I	1.2.3.4.5.	I	1.2.	II	1.2.3.	Kleinste betrouwbare verschil 13 kg per are	
2	I	390	1.2.3.	II	1.2.3.4.5.	V	1.2.3.	III	1.2.3.4.		
3	II	378	2.3.4.	III	1.2.3.4.5.	II	2.3.4.5.	I	1.2.3.4.5.		
4	III	371	3.4.	V	1.2.3.4.5.	III	3.4.5.	V	2.3.4.5.		
5	IV	341	5.	IV	1.2.3.4.5.	IV	3.4.5.	IV	3.4.5.		
Kleinste betrouwbare verschil 13 kg per are											
Furore uit 2 proefvelden				ZWF 374		Z 25/60		Geen interactie object x plaats, d.w.z. de reactie van de bewaring op de opbrengst is op de beide proefvelden niet verschillend			
Rangnummer	Object	Gemiddelde opbrengst in kg/are	Rangorde	Object	Rangorde	Object	Rangorde				
1	I	415	1.2.	I	1.2.3.4.5.	I	1.2.3.				
2	V	406	1.2.	V	1.2.3.4.5.	V	1.2.3.4.				
3	III	376	3.4.5.	III	1.2.3.4.5.	III	1.2.3.4.5.				
4	IV	360	3.4.5.	II	1.2.3.4.5.	IV	2.3.4.5.				
5	II	357	3.4.5.	IV	1.2.3.4.5.	II	3.4.5.				
Kleinste betrouwbare verschil 29 kg per are											
Bevelander uit 2 proefvelden				NZH 553		WB 1724		Geen interactie object x plaats, d.w.z. de opbrengsten geven op beide proefvelden geen essentieel verschil te zien			
Rangnummer	Object	Gemiddelde opbrengst in kg/are	Rangorde	Object	Rangorde	Object	Rangorde				
1	I	337	1.2.	I	1.2.3.4.5.	I	1.2.3.				
2	V	324	1.2.3.	V	1.2.3.4.5.	II	1.2.3.4.				
3	II	312	2.3.4.	IV	1.2.3.4.5.	V	1.2.3.4.				
4	III	304	3.4.5.	III	1.2.3.4.5.	III	2.3.4.				
5	IV	296	4.5.	II	1.2.3.4.5.	IV	5.				
Kleinste betrouwbare verschil 19 kg per are											

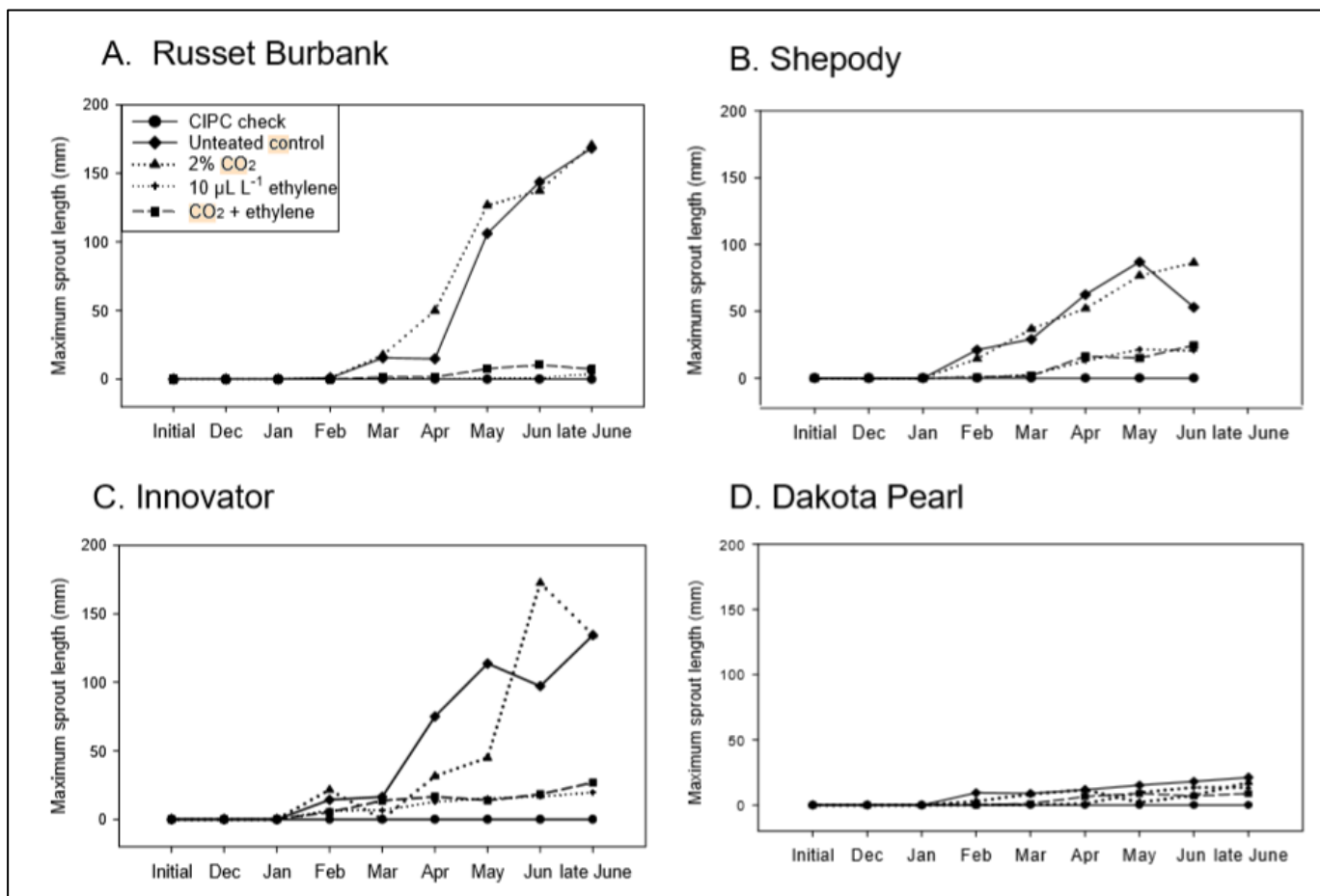
/: Door gezamenlijke verwerking kan een betrouwbaar verschil aangetoond worden in een afzonderlijk proefveld. (Het critische verschil was bij de gezamenlijke verwerking kleiner dan bij de afzonderlijke verwerking van de proefveldcijfers.)

-: Door de gezamenlijke verwerking geen betrouwbaar verschil, dat in de verwerking van de afzonderlijke proefveldgegevens wel bestond. (Het critische verschil bij de gezamenlijke verwerking is groter dan bij de afzonderlijke verwerking van de proefveldcijfers.)

Bijlage 3 Opbrengsten per maat in kg/are, sortering en financieel per are bij verschillende methoden van bewaren en voorkiemen van pootaardappelen. Bron: J.K. Ridder, PAGV.

Tabel 5. Opbrengsten Désirée bij 7 verschillende methoden van bewaren en voorkiemen van pootaardappelen (Feddemaheerd 1980 t/m 1983).												
jaar	sortering in kg per are						totaal		sort. 35/55		fin. opbr.	
object	< 28	28/35	35/45	45/55	55/65	> 65	kg/are	rel.	kg/are	rel.	gld./ha	rel.
<u>1980</u>												
A	-	17	116	196	75	12	416	100	312	100	17707	100
B	-	21	153	194	41	4	413	99	347	111	19576	111
C	-	16	121	194	65	8	404	97	315	101	17701	100
D	-	19	113	161	64	18	375	90	274	88	15999	90
<u>1981</u>												
A	3	21	164	142	18		348	100	306	100	17491	100
B	2	18	151	162	19		352	101	313	102	17508	100
C	3	21	117	175	27		343	99	292	95	16514	94
D	5	35	160	64	2		266	76	224	73	14416	82
<u>1982</u>												
A	4	28	204	152	12		400	100	356	100	20625	100
B	4	26	234	156	13		433	108	390	110	22358	108
C	4	25	215	157	12		413	103	372	104	21265	103
D	4	39	260	87	4		394	99	347	97	21380	104
F	4	30	247	140	4		425	106	387	109	22520	109
<u>1983</u>												
A	5	41	197	40	-		283	100	237	100	15751	100
B	4	49	201	44	1		300	106	245	103	16733	106
B1	4	43	201	49	2		299	106	250	105	16558	105
C	5	38	183	56	2		284	100	239	101	15533	99
D	7	53	184	35	-		280	99	219	92	15631	99
E	6	45	189	38	1		279	99	227	96	15501	98
F	4	42	193	48	-		288	102	241	102	15974	101
jaar	sortering in kg per are						totaal		sort. 35/55		fin. opbr.	
object	< 28	28/35	35/55	45/55	55/65	> 65	kg/are	rel.	kg/are	rel.	gld./ha	rel.
<u>1984</u>												
A	2	11	81	251	175	34	553	100	332	100	27243	100
B	2	14	79	243	170	34	542	98	322	97	26749	98
B1	2	13	85	261	157	35	553	100	346	104	27904	102
D	2	11	96	233	94	9	444	80	329	99	25056	92
E	2	12	79	250	172	50	565	102	329	99	27202	100
F	2	15	97	273	147	35	569	103	370	111	29500	108
<u>1985</u>												
A	7	30	100	254	130	14	536	100	354	100	29310	100
B	7	27	98	231	157	36	556	104	329	93	28385	97
B1	6	23	105	224	174	37	569	106	329	93	28583	98
D	7	19	73	200	170	33	502	94	273	77	24121	82
E	6	18	72	204	212	56	569	106	276	78	25474	87
F	6	22	93	249	152	33	555	104	342	97	28466	97
<u>1986</u>												
A	3	15	84	247	154	44	547	100	331	100	27174	100
B	3	11	66	226	181	63	550	100	292	88	24996	92
B1	3	13	79	242	140	45	522	95	321	97	25959	96
D	1	18	88	241	123	33	504	92	329	99	26512	98
E	3	11	47	219	191	60	531	97	266	80	23304	86
F	2	9	52	230	183	62	538	98	282	97	23999	88

Bijlage 4 kiemplengte per behandeling met CIPC, onbehandeld, ethyleen, CO₂ en combinatie ethyleen met CO₂. Bron: Daniels-lake 2012



Bijlage 5 kiemgewicht per behandeling met CIPC, onbehandeld, ethyleen, CO₂ en combinatie ethyleen met CO₂. Bron: Daniels-lake 2012

