



Uien kiemrustig bewaren zonder chemie

AFSTUDEERWERKSTUK
MIK VAN STRIEN
15 AUGUSTUS 2022

Uien kiemrustig bewaren zonder chemie

Document	Onderzoeksrapport Tuin & akkerbouw Ondernemerschap afstuderen
Versie	1
Auteur	Mik van Strien Wellestrijpsedijk 10 Herkingen
Studentnummer	3027739
E-mailadres	3027739@aeres.nl
Instituut	Aeres Hogeschool Dronten
Adres	De Drieslag 4, 8251 JZ Dronten
Afstudeercoach	Marnix Gijlers
Stagebedrijf	N.O. Bemiddelingsbureau 'Nederlandse Oogst' B.V.
Adres	Veilingweg 1, 8271 PX IJsselmuiden
Bedrijfsbegeleider	Chris Arendse

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 de afstudeerwerkstuk 'Uien kiemrustig bewaren zonder chemie'. Dit afstudeerwerkstuk heb ik geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de studie Tuin- en Akkerbouw Agrarisch Ondernemerschap aan de Aeres Hogeschool in Dronten. In de periode februari tot en met juni 2022 ben ik bezig geweest met het uitvoeren van het onderzoek en het schrijven van dit afstudeerwerkstuk. Met dit onderzoek breng ik de nodige theoretische informatie samen tot een rapport, wat in de praktijk gebruikt kan worden voor verder onderzoek en eventueel kan leiden tot een nieuw systeem om uien te bewaren. Hierbij wil ik graag mijn afstudeerbegeleiders Marnix Gijlers (afstudeerbegeleider Aeres) en Chris Arendse (bedrijfsbegeleider) bedanken voor de fijne begeleiding en ondersteuning tijdens mijn afstudeerperiode. Daarnaast wil ik alle respondenten en collega's bedanken die hebben meegewerkt aan dit onderzoek. Tot slot wil ik mijn vriendin bedanken voor het meedenken, meelezen en steunen tijdens het schrijven van dit afstudeerwerkstuk. Zonder de medewerking van bovengenoemden had ik dit onderzoek niet kunnen voltooien.

Ik wens u veel leesplezier toe!

Mik van Strien

Herkingen, augustus 2022

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	5
Summary	6
Hoofdstuk 1: Inleiding	7
1.1 De uienteelt wereldwijd	7
1.2 De uiensector in Nederland.....	8
1.3 De uienteelt	9
1.3.1 De grond	9
1.3.2 Bemesting	9
1.3.3 Gewasbescherming	10
1.3.4 Oogst	10
1.4 De uienbewaring	11
1.5 Fysiologie	12
1.6 Wat is kiemrust?	13
1.7 Maleïne hydrazide (MH).....	14
1.7 Knowledge gap	15
1.8 Doelstelling	15
Hoofdstuk 2: Aanpak	16
2.1 Zoekplan literatuuronderzoek.....	16
2.1.1 Databanken literatuur	16
2.1.2 Relevantie bronnen	16
2.2 Deelvraag 1.....	16
2.3 Deelvraag 2.....	16
2.4 Deelvraag 3.....	16
2.5 Beantwoorden hoofdvraag	17
Hoofdstuk 3: Resultaten.....	18
3.1: Deelvraag 1.....	18
3.2: Deelvraag 2.....	21
3.3: Deelvraag 3.....	23
Hoofdstuk 4: Discussie	24
Hoofdstuk 5: Conclusie & Aanbevelingen	26
Conclusie	26
Aanbevelingen.....	27
Bijlagen	31
Bijlage 1: Productie en oppervlakte van de uienteelt per land	31

Bijlage 2. Overzicht voor de verandering in plantengroeiregulatoren.....	32
--	----

Samenvatting

Uien worden al meer dan 5000 jaar wereldwijd geteeld. In 175 verschillende landen worden uien geteeld met een totaal volume van 74 miljoen ton. Nederland beschikt in verhouding over een klein teeltgebied maar is een wereldspeler op de uienmarkt. Nederland beschikt over een ideale voedingsbodem en heeft daarnaast de beste teelt-, oogst- en bewaar technieken. De Nederlandse ui wordt over de hele wereld geëxporteerd. Om dit te kunnen doen is kwaliteit heel belangrijk, wanneer de kwaliteit goed is kan de ui een jaar rond bewaard worden. Tijdens de bewaarperiode dient ernaar gestreefd te worden om de kwalitatieve en kwantitatieve verliezen tot een minimum te beperken.

Tot op heden is de kiemremmer Maleïne Hydrazide (hierna: MH) nog altijd nodig om de ui tot mei/juni te bewaren. Dit middel wordt al meer dan 70 jaar gebruikt en wordt als meest effectief gezien. MH wordt tijdens de teelt toegediend, wanneer de ui in de bolvormingsfase zit en begint te strijken. De uiensector maakt zich echter al jaren zorgen om de beschikbaarheid van MH, de toepassing van MH is in 2017 verlengd met 15 jaar tot oktober 2032. De sector wil natuurlijk wel graag weten welke alternatieven voor MH ontwikkelbaar zijn omdat de uiensector op dit moment voor het grootste deel afhankelijk is van één middel. Deze gedachtegang omgevormd tot een onderzoeksvraag leidt tot de volgende hoofdvraag:

Wat zijn de mogelijkheden in de bewaring om uien kiemrustig te houden zonder chemie?

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn er drie deelvragen opgesteld. Allereerst is er onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om uien langer in de endodormancy (kiemrustige) fase te houden. Vervolgens is onderzocht welke factoren invloed hebben op de kiemrust in de ecodormancy (kiemlustige) fase. Tot slot is er onderzoek gedaan naar de invloed van luchtsamenstelling van CO₂ en O₂ op de kiemrust. De hoofd- en deelvragen zijn beantwoord door het uitvoeren van een wetenschappelijk literatuuronderzoek, voornamelijk afkomstig van internationale onderzoeken naar de kiemrust in uien. Op basis van de resultaten van het literatuuronderzoek is de conclusie getrokken. Er is onderzocht welke processen er in de ui afspelen en welke factoren deze beïnvloeden. De processen worden hoofdzakelijk aangestuurd door de hormoonbalans van de uien. Daarnaast zijn er een aantal factoren die de processen in de ui kunnen beïnvloeden en daar liggen zeker mogelijkheden om de uien langer kiemrustig te houden. Maar de verbanden tussen deze factoren zijn niet duidelijk genoeg om goede conclusies te trekken waarin met zekerheid gezegd kan worden welke methoden ervoor kunnen zorgen dat uien kiemrustig bewaard kunnen worden. Er is daarom vervolgonderzoek vereist.

Summary

Onions have been cultivated worldwide for over five thousand years. Onions grows in 175 different countries with a total volume of seventy-four million tons. The Netherlands has a small growing area but is a global player in the onion market. The Netherlands has an ideal breeding ground and has the best cultivation, harvesting and storage techniques. The Dutch onion is exported all over the world. To be able to do this, quality is especially important, if the quality is good, the onion can be stored for a year. During the retention period, efforts should be made to minimize qualitative and quantitative losses.

Until now, the sprout inhibitor Maleïne Hydrazide (hereinafter: MH) is still needed to store the onion until May/June. This drug has been used for more than 70 years and is considered the most effective. MH is applied during cultivation, when the onion is in the bulb-forming phase and starting to iron. However, the onion sector has been concerned for years about the availability of MH, the application of MH was extended in 2017 by 15 years until October 2032. The sector would of course like to know which alternatives to MH can be developed because the onion sector is currently largely dependent on one resource. This thought process transformed into a research question leads to the following:

What are the storage options for keeping onions dormant without chemicals?

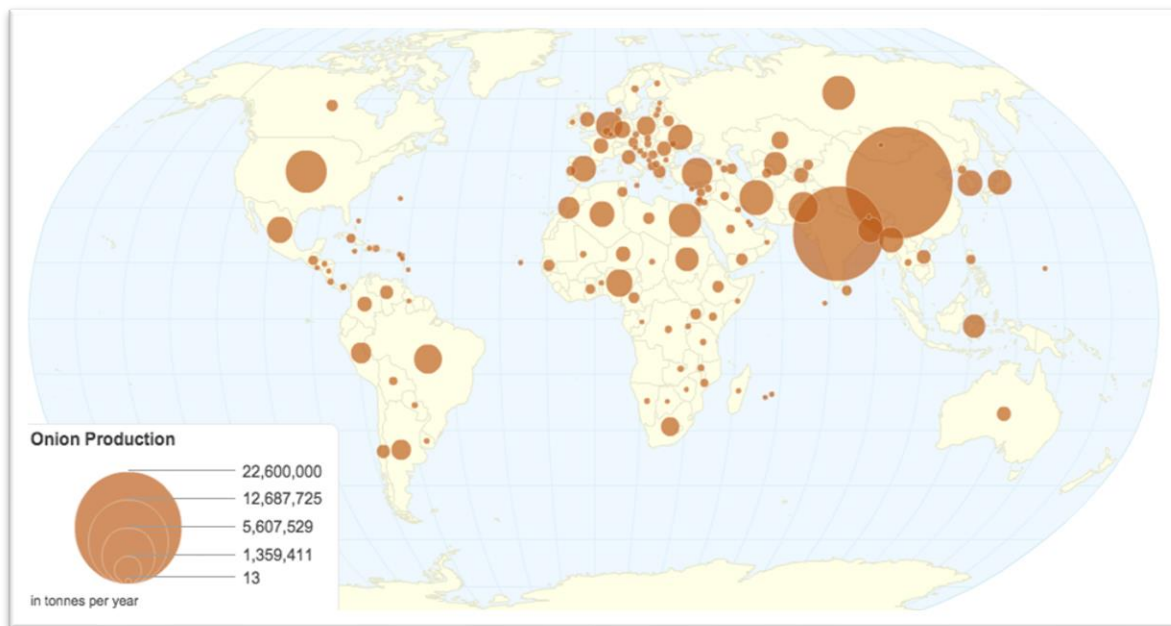
To answer the main question, three sub-questions have been formulated. First, research has been done into the possibility of keeping onions longer in the endodormancy phase. Subsequently, it was investigated which factors influence the dormancy in the Eco dormancy phase. Finally, research was conducted into the influence of the air composition of CO₂ and O₂ on dormancy. The main and sub-questions have been answered by conducting a scientific literature search, from international research into dormancy in onions. The conclusion was drawn based on the results of the literature review. We investigated which processes take place in the onion and which factors influence these. The processes are controlled by the hormone balance of the onions. In addition, there are a number of factors that can influence the processes in the onion, but the connections between these factors are not clear enough to draw good conclusions. Therefore, further research is required.

Hoofdstuk 1: Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de aanleiding en de relevantie van het vraagstuk beschreven, daarnaast worden de belanghebbenden beschreven. Aan de hand van deze informatie kunnen de hoofdvraag en de deelvragen geformuleerd worden.

1.1 De uienteelt wereldwijd

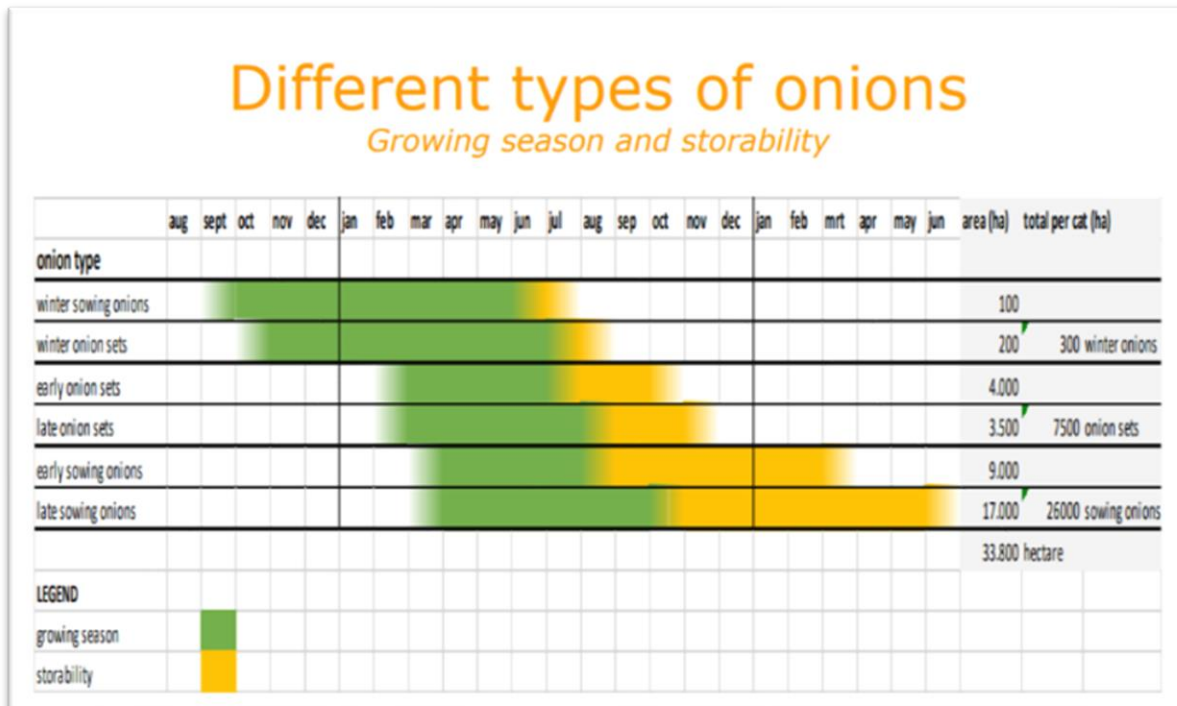
Er wordt wereldwijd al meer dan 5000 jaar uien geteeld. Oorspronkelijk is de teelt van uien ontstaan in het bergebied van centraal Azië, waar nog steeds in de natuur planten uit de Allium-familie te vinden zijn. Er worden in ongeveer 175 landen uien geteeld met een totale jaarlijkse oppervlakte van 4,3 miljoen hectare en een totaal volume van 74 miljoen ton. De twee landen waar de meeste uien worden geteeld zijn China en India (Pareek, Sagar, Sharma, & Kumar, 2017). In deze twee landen wordt bijna de helft van de totale wereldproductie geproduceerd (zie bijlage).



Afbeelding 1: Productie gebieden van uien (Chartsbin)

Zoals in afbeelding 1 te zien is zijn er veel teeltgebieden in de wereld en kunnen er dus op veel plaatsen uien geproduceerd worden. Men zou hieruit kunnen concluderen dat de export van Nederlandse uien niet essentieel is omdat er genoeg uien groeien in de wereld. Echter zit er wel veel onderscheid in de bewaarbaarheid van de uien. Zo kunnen bijvoorbeeld de bewaarverliezen in de grootste productielanden China en India oplopen tot 50% (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021). In ontwikkelingslanden kunnen de totale verliezen oplopen tot 95%, waarvan het verlies in de bewaring varieert van 16 tot 35% (Sulaiman & Nassarawa, 2019). Vrijwel alle productiegebieden in de wereld hebben een beperkte bewaarperiode wat inherent is aan de eigenschappen van het soort uien wat in het klimaat van dat gebied kan groeien (afbeelding 2). Dit resulteert in het feit dat er weinig landen in de wereld zijn die het hele jaar rond uien van eigen productie kunnen consumeren. Dit komt omdat de uien in deze landen niet vanaf de oogst tot de oogst van het jaar daarna bewaard kunnen blijven maar slechts een deel van die periode of zelfs bijna niet bewaard kunnen worden maar gelijk geconsumeerd moeten worden. De bewaarperiode van de uien is inherent aan de eigenschappen van de soorten uien die in een bepaald gebied kunnen groeien. Slechts een beperkt gebied met 16 uur zonlicht per dag is geschikt voor uien die uitermate geschikt zijn voor lange bewaring (P.A. Balk, 2022). En Nederland is een van die gebieden, dat maakt het kleine Nederland met een in verhouding klein teeltgebied in de grote wereldmarkt van uien bijzonder.

In afbeelding 2 is te zien dat de late zaaiuien, welke in Nederland het meeste geteeld worden, Het langste bewaard kunnen blijven. De Nederlandse uien kunnen er dus voor zorgen dat er een jaar rond uien geconsumeerd kunnen worden tot dat de nieuwe uienoogst zich aandient.



Afbeelding 2: Verschillende typen lange-dag uien die in Nederland geteeld worden en de relatie met bewaarbaarheid. (Holland Onion Association)

1.2 De uiensector in Nederland

De ui is het grootste product in de Nederlandse groentesector. De Nederlandse uienteelt heeft sinds het begin van de vorige eeuw een enorme groei doorgemaakt. Veel Zeeuwse boerenknechten begonnen met de teelt van uien op een klein stukje grond naast hun huizen. De Nederlandse uienteelt is hierdoor een echte familieaangelegenheid geworden waarbij de expertise en kennis van vader op zoon werd doorgegeven en verder werd geperfectioneerd. Dit maakt de Nederlandse uienteelt op de dag van vandaag een wereldspeler van formaat (Holland Onion Association). De teelt vindt vooral plaats in de regio's Zuidwest-Nederland en Flevoland, en is de laatste jaren in een aantal zandgebieden ook erg in opkomst (Bavel, 2020). Nederland is in vergelijking met andere landen maar een heel klein land en een kleine producent van uien, maar Nederland behoort tot de grootste uienexporteurs ter wereld (Smale, 2020). Nederland heeft met ongeveer 3400 telers een aandeel van 1-2% in de wereldproductie maar een aandeel van 23% in de wereldexport (Bavel, 2020). Dat we als Nederlanders heel veel landbouwproducten exporteren komt omdat de Nederlandse landbouw kwaliteit levert waar niet veel andere landen tegen kunnen concurreren, dit komt omdat Nederland 'wereldkampioen landbouw' is (Peters, 2020). De kwaliteit en bewaarbaarheid heeft de Nederlandse ui te danken aan de ideale voedingsbodem van de kalkrijke zeekleigronden en zandgronden en de uiterst vaardige teelt-, oogst-, en bewaarstechnieken. Het verzorgende karakter van de efficiënt georganiseerde uien verwerkende keten maakt dat de Nederlandse ui perfect bewaard kan blijven tot het volgende oogstseizoen. Daarnaast zorgen de Nederlandse handelsgeest en de directe nabijheid van diverse zeehavens ervoor dat er een hele hoge en betrouwbare lever-betrouwbaarheid gegarandeerd kan worden (Holland Onion Association). In de Nederlandse uiensector zijn een aantal belangrijke schakels. Als eerste de uientelers, er worden in Nederland ongeveer 30.000 hectare zaaiuien geteeld en ongeveer 10.000 hectare aan eerste- en tweedejaars plantuien en sjalotten (Gunter, 2021). De gemiddelde opbrengst van zaaiuien is in 2021 49,1 ton per hectare met een totale oppervlakte van 30.000 hectare (cbs, 2022). Dit betekent dat er totaal 1,47 miljoen ton zaaiuien geteeld. In 2021 werd

er 6200 hectare plantuinen geteeld met een gemiddelde opbrengst van 52,4 ton per hectare (cbs, 2022). Totaal zijn er in Nederland in het teeltseizoen 2021 van de plant- en zaaiuien bij elkaar 1,79 miljoen ton uien geproduceerd. In het exportseizoen van 2020/21 zijn er volgens (cbs, 2022) in totaal (zaaiuien en tweedejaars plantuinen) 1,51 miljoen tot uien geëxporteerd vanuit Nederland. Dit betekent dat meer dan 80% van de Nederlandse productie wordt geëxporteerd. Er wordt dus door de Nederlandse uiensector een grote hoeveelheid uien geteeld voor de buitenlandse markt vanwege de goede kwaliteit en bewaarbaarheid. Men kan hieruit concluderen dat de export het bestaansrecht is van de Nederlandse uiensector. Er zijn veel verschillende fasen in de productieketen van de Nederlandse ui die het alleen in combinatie met elkaar mogelijk maken om uien over heel de wereld te exporteren. In afbeelding 3 staat weergegeven welke fasen elkaar openvolgen in de productieketen van de ui en welke factoren daarbij essentieel zijn.



Afbeelding 3: Overzicht fasen in de productieketen van de ui met daaronder de essentiële factoren.

1.3 De uienteelt

De teelt van uien is op twee speerpunten gericht, namelijk kwaliteit en kwantiteit. Dat wil zeggen dat een uienteler zich richt op zo veel mogelijk tonnen per hectare met een zo goed mogelijke kwaliteit. Om deze speerpunten te halen moeten er bij de teelt van uien met veel aspecten rekening gehouden worden. En de aspecten voor een succesvolle teelt zijn altijd afhankelijk van de grondsoort en het gebied waar de uien geteeld worden. Echter zijn er wel een aantal basisprincipes waarnaar gekeken moet worden in de uienteelt.

1.3.1 De grond

De teelt van uien begint bij de grond. Allereerst de perceelkeuze, daarbij moet gekeken worden naar de grondsoort, pH-waarde, structuur, waterhuishouding, bewerkbaarheid, aanwezigheid van aaltjes, stuifgevoeligheid en onkruiddruk. Uien groeien goed op grond met een pH-waarde hoger dan 4, een goede structuur en waterhuishouding en een goede bewerkbaarheid. Verder mogen er geen aaltjes aanwezig zijn en geen grondgebonden ziektes zoals witrot. Ook is het belangrijk dat er rekening gehouden wordt met de onkruiddruk van het perceel, want de ui is een gewas wat niet snel dicht groeit en er kan niet zwaar in gespoten worden met herbiciden, hierdoor kan het onkruid de uien overwoekeren als er een hoge onkruiddruk is. Om voor langere termijn uien te kunnen telen op deze percelen is het belangrijk om een goede vruchtwisseling te hanteren en met uien 1 op 5 of ruimer te telen. De grondbewerking is voor uien ook erg belangrijk, het land moet goed vlak liggen zodat de zaadjes in de vaste grond gezaaid kunnen worden voor het vocht maar er moet ook voldoende losse en fijne grond bovenop liggen zodat het zaadje kan kiemen en boven kan komen (PPO-AGV, 2003).

1.3.2 Bemesting

Voor de groei heeft de ui voedingsstoffen nodig. De belangrijkste zijn stikstof, fosfaat, kali en mangaan. De bemesting van deze meststoffen is afhankelijk van de voorraad in de bodem. Voordat er bemest wordt moet er dus eerst gekeken naar de aanwezige voorraad (in de bodem) per perceel.

1.3.3 Gewasbescherming

Om een goed gewas uien te telen zijn er op het gebied van gewasbescherming twee dingen nodig, namelijk onkruidbestrijding en het bestrijden van ziekten en plagen. Onkruid kan een concurrent zijn van de uien omdat deze ook voedingstoffen en water nodig hebben en zonlicht. Dus het onkruid kan het gewas overwoekeren maar ook concurreren waardoor een optimale opbrengst niet gehaald kan worden. Ziekten en plagen kunnen het de uien ook moeilijk maken en dit heeft allereerst gevolgen voor de opbrengst per hectare. Maar ziekten en plagen hebben ook invloed op de kwaliteit van de uien en de bewaarbaarheid. Daarom is het erg belangrijk om de uien gezond te houden en zo voorspoedig mogelijk te laten groeien en te beschermen tegen ziekten en plagen zodat de uien alle voedingstoffen optimaal kunnen opnemen en zo tot een goede opbrengst en kwaliteit kunnen komen. (PPO-AGV, 2003)

1.3.4 Oogst

Het moment van oogsten is al erg belangrijk. Als de uien op een normale manier zijn gestreken dan mag er geoogst worden als het loof 50% is afgestorven. Als de uien onnatuurlijk zijn gestreken of afgestorven door bijvoorbeeld extreme weersomstandigheden of een aantasting van schimmels of insecten dan moet er gekeken worden naar de rijpheid van de ui zelf. De ui moet hard zijn en er moet minimaal één gedroogd vlies rondom de bol zitten als bescherming. Tijdens het oogsten is het loofverwijdering de eerste stap. Bij het verwijderen van het loof moet er met twee aspecten rekening gehouden worden, er moet voldoende loof verwijderd worden zodat er zo min mogelijk vocht met de uien in de bewaring gaat en er moet nog genoeg loof aan de ui zitten zodat de nek nog goed af kan sluiten zodat er geen ziektes in de hals van de ui kunnen komen. Bij het rooien moet er rekening gehouden worden met de weersomstandigheden. Als het bijvoorbeeld erg zonnig is dan kan er zonnebrand ontstaan op de uien. En als er zware neerslag verwacht wordt dan regenen de uien na het rooien weer vast in de grond. Het streven bij het rooien van de uien moet zijn zo groen en vitaal mogelijk rooien en de uien zonder dat ze natregenen opladen en in de bewaring brengen. Hierdoor hebben de uien een mooie kleur en kunnen er door bijvoorbeeld regen geen ziektes in de hals van de uien naar binnen komen (PPO-AGV, 2003).

1.4 De uienbewaring

Om uien over de wereld te kunnen exporteren is kwaliteit een belangrijk punt. Daarnaast is de bewaring van de uien tot in of na de winter erg belangrijk om de export mogelijk te maken. Er zijn veel aspecten die invloed hebben op de kwaliteit van de ui. In de bewaring is de kwaliteit ook een belangrijk punt. In de bewaring kun je een zieke ui niet beter maken, maar je kunt de uien wel optimaal verzorgen (Dodde, 2021). Het is belangrijk dat de uien direct na de oogst zo snel en goed mogelijk gedroogd worden, met name in de halzen en wortels zit dan nog veel vocht (uienteelt/bewaring, 2020). Als de uien in de opslag gaan moet er tijdens het droog- en bewaarproces op de volgende punten gelet worden: koprot bestrijding, voorkomen watervellen, ventilatie capaciteit, luchtverversing, kiemrust en een goed droog product. Het goed drogen en bewaren van uien kan in vier periodes opgedeeld worden (uienteelt/bewaring, 2020):

Eerste periode: drogen

- Keuze maken om te drogen met of 30 of 20 graden vanwege koprot, afhankelijk van hoe vers het product is, hoe groot de verwarmingscapaciteit is en wat de buitentemperatuur is.
- Inblaastemperatuur continu 2-3 graden boven producttemperatuur.
- Als er op 30 graden gedroogd wordt pas terug zakken in temperatuur als de uien 4 dagen 30 graden zijn geweest.

Tweede periode: temperatuur vasthouden en nadrogen

- Temperatuur constant houden op 20 graden.
- Voor de kleur van de uien is het belangrijk om de uien vanaf het moment van inschuren 3 tot 4 weken op de temperatuur van 20 graden te houden.
- Doorgaan met continu ventileren extern of intern totdat de binnenste buitenhuid stroef aanvoelt.
- De uien zijn droog wanneer de lucht die uit de uien komt een luchtvochtigheid heeft van 65-70% bij een temperatuur van 20 graden.

Derde periode: afbouw van de temperatuur

- Er moet steeds vocht worden afgevoerd en de temperatuur moet dalen.
- Ventileer alleen met drogende lucht, dus het absolute vochtgehalte (AV) moet lager zijn dan het AV van het product.
- Ga met de temperatuur niet lager dan de buitentemperatuur in die tijd van het jaar, anders kan er niet meer met buitenlucht geventileerd worden.
- Temperatuur verlaging minimaal 1 graad per week en maximaal 0,5 graad per etmaal.

Vierde periode: bewaarperiode

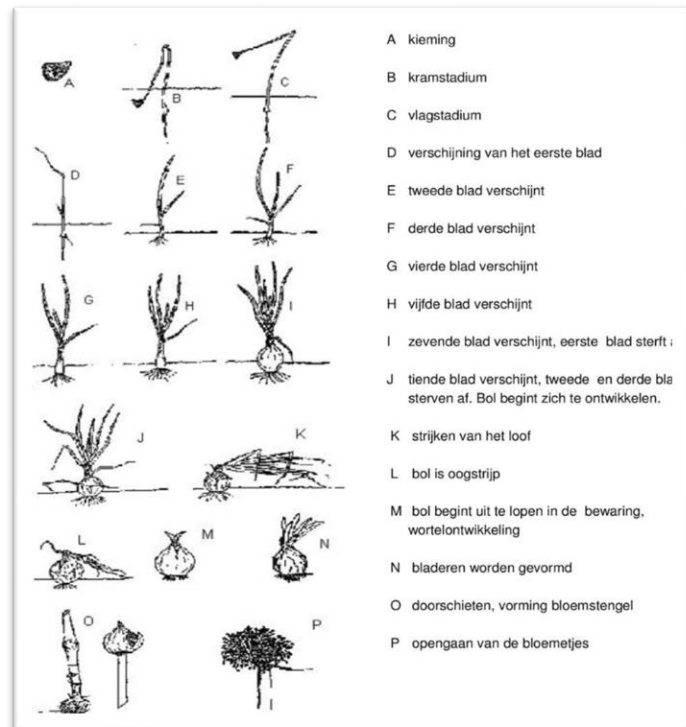
- Het is belangrijk dat de uien op een constante temperatuur en droog blijven, er moet voldoende geventileerd worden met de juiste luchtvochtigheid.
- Als de uien op bewaar temperatuur gebracht zijn dan de eerste 6 weken nog minimaal 8-9 uur per etmaal ventileren.
- Tijdens de rest van de bewaarperiode nooit minder als 4 uur per etmaal ventileren.
- Temperatuurschommelingen vermijden, beter droog dan een te lage temperatuur hierdoor blijven de uien zo lang mogelijk kiemrustig.
- Producttemperatuur met buitenluchtkoeling niet onder de 6 graden laten zakken.
- Als de uien voor late levering (april/mei) moeten worden bewaard is een constante bewaar temperatuur van 3 graden gewenst.

Tijdens de bewaring dient ernaar gestreefd te worden om de kwalitatieve en kwantitatieve verliezen tot een minimum te beperken. Daar kan met de huidige technieken van bewaren en de bovenstaande werkwijze aan voldaan worden. Echter is er tot op heden nog steeds de kiemremmer MH nodig om de uien kiemrustig te houden (Steenge, Rops, Hak, & Kristiaan, 1991). Weliswaar moet dit in combinatie met een goede manier van bewaren maar er is nog geen bedrijfszekere manier om de uien kiemrustig te houden tot mei/juni zonder MH.

1.5 Fysiologie

Zoals in het hoofdstuk 'de uiensector in Nederland' staat beschreven worden er naast zaaiuien ook nog eerste- en tweedejaars plantuien en sjalotten. Omdat er in dit rapport wordt gekeken naar de uienbewaring wordt er alleen gekeken naar de teelt van zaaiuien omdat deze bewaard worden voor de export. De ui is een tweejarige plant, in het eerste jaar vindt de bolvorming en het strijken van het loof plaats en in het tweede jaar de bloei. De teelt van zaaiuien voor consumptie betreft alleen het eerste jaar. Als de uien niet worden behandeld tegen de spruitvorming en in het tweede jaar weer geplant worden dan komen deze uien tot bloei en kunnen er zaden gewonnen worden. De zaaiuien in Nederland worden rond april gezaaid en

worden datzelfde jaar rond september geoogst om vervolgens (langdurig) bewaard te worden. De ui gaat door verschillende stadia heen tijdens de groei, in afbeelding 4 zijn alle stadia te zien. Aan het begin is een uienplantje erg kwetsbaar en gevoelig voor veel factoren. Van stadium A tot B moet er goed gekeken worden of het zaadje in het vocht ligt zodat deze kan kiemen en een wortel kan maken maar er moet dan ook gekeken worden of het plantje boven de grond komt en niet tegen een korst aan groeit. In de bovengenoemde stadia is het zeer belangrijk dat alle zaadjes en daarna plantjes een gelijke start maken. Dit zorgt ervoor dat er het hele teeltseizoen een mooi en egaal gewas groeit en dat de stand van het gewas niet onregelmatig is. Daarna gaat de ui nog vele stadia door tot dat deze bij stadium L is volgroeid tot een oogstrijpe ui. De uien die voor consumptie worden geteeld worden dan geoogst en moeten de uien in dat stadium blijven en niet verder ontwikkelen. Voor de uien die worden geteeld voor de zaadproductie gaan die stadia wel door tot de uiteindelijke zaadbol. Na de opkomst vormen de uien blad en een schijnstengel, deze bestaat uit bladschedes. De hoofdstengel is sterk en gedrongen en wordt ook wel bolstoel genoemd, vanuit deze bolstoel worden de bij-wortels gevormd. Omstandigheden bepalen het moment waarop nieuwe bladeren geen groene bladschijf meer vormen, maar alleen een bladschede. Dit worden blad-loze rokken genoemd, vanaf het moment dat deze gevormd worden is de bolvorming begonnen. Het moment van bolvorming wordt bepaald door de volgende factoren: daglengte, temperatuur, verhouding tussen het rode en ver-rode gedeelte van het licht en de beschikbaarheid van nutriënten en water. Het belangrijkste is de daglengte, hoe langer de dag hoe sterker de stimulans tot bolvorming. De minimum daglengte is erg ras afhankelijk, in Nederland is de minimum daglengte 16 uur. De tweede factor die de bolvorming beïnvloed is de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur hoe sneller de ui zal gaan bollen, zo lang de daglengte voldoende is. Een gevolg van een te hoge temperatuur is dat de planten te veel gestimuleerd worden om te bollen en daardoor te vroeg afrijpen. Een gevolg van een te lage temperatuur is dat de plant te weinig wordt gestimuleerd om te bollen. Hierdoor blijft de ui groene bladschijven vormen en geen blad-loze rokken, dat worden dikhalzen genoemd. Een derde factor is de verhouding tussen het rode en ver-rode licht. Dit heeft te maken met bepaalde golflengtes van het lichtspectrum. Hoe groter het aandeel van ver-rood licht, hoe sneller de plant gaat bollen. Een dichter bladerdek leidt tot een lagere kleurverhouding en daardoor tot een



Afbeelding 4 groeistadia van de ui (Nuijten)

sneller ontwikkeld gewas. De beschikbaarheid van nutriënten en water spelen ook een grote rol in de bolvorming en afrijping (PPO-AGV, 2003).

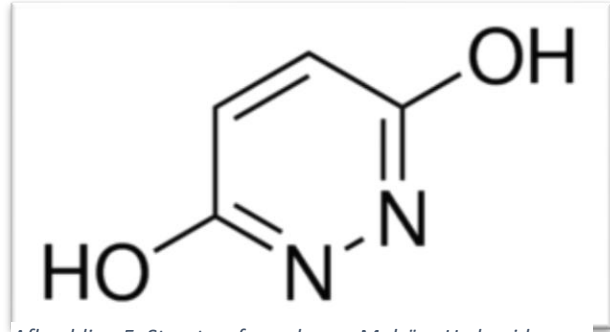
Na dat de uien in bolvorming zijn gegaan groeit de bol in omvang en wordt er geen loof meer gevormd, door dit proces wordt de hals steeds zwakker en dunner. De verzwakking van de hals leidt ertoe dat het loof gaat strijken, dit is een teken van afrijping, tevens is dit ook het moment om de chemische kiemremmer MH toe te dienen (Brink, Tijdstip van MH-bespuiting in uien en effect van stikstof op kale uien., 2011). Afhankelijk van de omstandigheden als beschikbaarheid van water en nutriënten en de ziektedruk zal het loof na het strijken langzaam of sneller afsterven. Hoe vroeg het gewas oogstrijp is wordt bepaald door hoe vroeg de uien in bolvorming gaan, en niet hoe snel de uien strijken (PPO-AGV, 2003).

1.6 Wat is kiemrust?

Uien die net geoogst zijn verkeren in een staat van rust die tijdens de groei ontstaat. De periode waarin die staat van rust ontstaat is de bolvorming, vanaf dan worden er geen nieuwe bladeren(loof) meer gevormd maar alleen blad-loze rokken. Deze rustperiode wordt endodormancy genoemd. Zo lang de ui in deze fase zit zal de spruitvorming nooit op gang komen, ook als de condities om te kiemen optimaal zijn. De endodormancy fase eindigt november/december, dan komt de overgang naar de ecodormancy fase. Deze wisseling van fasen is de grootste verandering in de stofwisseling van de uien na de oogst. De eerste aanzet voor de verandering van de stofwisseling naar de ecodormancy fase lijkt tijdens het drogen van de uien al gegeven te worden (Chope, Cools, Hammond, Thompson, & Terry, 2012). Tijdens de ecodormancy periode kunnen alleen externe omstandigheden ervoor zorgen dat de ui in kiemrust blijft, als in deze periode de omstandigheden optimaal zijn zal de ui gelijk kiemen. Als de ui actief gaat spruiten wordt eerst de wortelgroei waargenomen en daarna de spruit die naar boven komt (Sharma, Lee, Park, & Nile, 2016). Het is van verschillende factoren afhankelijk hoelang dat een ui in de endodormancy periode blijft en wanneer een ui uit de endodormancy periode komt en gaat kiemen. Allereerst heeft het ras invloed op de kiemrust. Vooral rassen met een hoog droge-stofgehalte zijn beter geschikt voor de lange bewaring (Sharma, Lee, Park, & Nile, 2016). Veredelaars houden hier rekening mee en bewaarrassen hebben vrijwel altijd deze eigenschap. Daarnaast zijn de condities tijdens de groei ook van invloed. Als eerste heeft water een rol om de endodormancy periode te verlengen. Een tekort aan water aan het eind van de bolvorming zorgt voor een kortere endodormancy periode (Petropoulos, Ntatsi, & Ferreira, 2017). Ook speelt Kalium een grote rol in de ui en kan een tekort aan kalium op meerdere manieren invloed hebben op het verkorten van de endodormancy periode (Petropoulos, Ntatsi, & Ferreira, 2017). Het moment van oogsten heeft ook invloed op de kiemrust. Als de uien gerooid worden als het loof nog niet voldoende gestreken of als het loof juist al helemaal afgestorven is heeft dat een verkortende werking van de endodormancy periode (Suojala, 2008). Tijdens het drogen hebben de temperatuur en luchtvochtigheid al invloed op de bewaarkwaliteit maar ook op de endodormancy periode (Chope, Cools, Hammond, Thompson, & Terry, 2012). Daarnaast speelt bij de kiemrust van de uien de hormonale balans een grote rol. Het in kiemrust gaan van de ui wordt gestimuleerd door het hormoon abscisinezuur. Als de concentratie van abscisinezuur afneemt en daardoor de productie van groeihormonen toeneemt dan wordt de endodormancy doorbroken en begint de transitie naar de ecodormancy (Chope, Cools, Hammond, Thompson, & Terry, 2012). Dat de uien in deze transitie gaan wordt op dit moment in de gehele uiensector voorkomen met het chemische kiemremmingsmiddel MH.

1.7 Maleïne hydrazide (MH)

Om het jaarrond uien te kunnen leveren wordt er in de huidige uiensector gebruik gemaakt van het chemische kiemremmingmiddel Maleïne hydrazide (MH). Dit middel wordt al sinds de jaren zestig gebruikt en is als meest effectief gebleken om uien kiemvrij te bewaren (P.A. Balk, 2022). MH heeft een remmende werking op hormonen die betrokken zijn bij de actieve groei van de spruit (Sharma, Lee, Park, & Nile, 2016). MH wordt tijdens de teelt op het veld al toegepast. Als de ui in de bolvormingsfase zit en begint te strijken dan wordt de chemische kiemremmer over het gewas toegepast. Dit kan omdat MH net als het abscisinezuur vanaf het blad naar de bol wordt getransporteerd. Uit een studie van (Brink, Tijdstip van MH-bespuiting in uien en effect van stikstof op kale uien., 2011) is gebleken dat het spuiten met de chemische kiemremmer MH de meest effectieve manier van kiemremming is. MH zorgt er namelijk voor



Afbeelding 5. Structuurformule van Maleïne Hydrazide (MH)

dat als de ui uit de endodormancy fase komt de hormonen die ervoor zorgen dat de ui gaat kiemen zodanig geremd worden dat de ui in rust blijft. Dit betekent eigenlijk dat MH alle hormonen die tijdens de ecodormancy fase ervoor zorgen dat de ui groeit remt.

De uiensector maakt zich al een aantal jaren grote zorgen om de beschikbaarheid van MH, een kiemremmer op basis van de werkzame stof Maleïne hydrazide (Dodde, 2017). In 2017 steunt een meerderheid van de Europese lidstaten een voorstel van de Europese commissie om de toelating van de kiemremmer MH met vijftien jaar te verlengen (Dodde, 2017). De Nederlandse uienteelt en -keten is in grote mate afhankelijk van de bewaring van uien en daarbij van de kiemremmer MH. Ondanks dat de toepassing van MH is verlengd tot oktober 2032 wil de sector graag weten welke alternatieven ontwikkelbaar zijn omdat de afhankelijkheid van de sector van één middel toch riskant is (Chris de Visser, 2021).

1.7 Knowledge gap

In dit rapport wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om uien kiemrustig te houden in de bewaring zonder chemie. Hierbij wordt gekeken naar verschillende elementen die invloed hebben op de kiemrust van een ui in de bewaring. Uit de geschiedenis blijkt dat de uiensector een sterk groeiende sector is en de toekomstperspectieven beloven nog meer groei, maar dit brengt ook veel onzekerheden met zich mee (Bakker, 2020). De ontwikkelingen voor de komende jaren zijn nog steeds groei. Er werd in 2020 wereldwijd 90 miljoen ton uien geteeld voor een wereldbevolking van 7,2 miljard mensen, als de wereldbevolking in 2050 groeit naar 10 miljard mensen en die eten gemiddeld 15 kilo uien dan is er 150 miljoen ton nodig. Ongeveer 8% van de uien wereldwijd wordt geëxporteerd, en 92% wordt voor de lokale markt geteeld (Bakker, 2020). Dit betekent dat als de wereldwijde vraag naar uien groeit er groeimogelijkheden zijn voor de Nederlandse export. Dit komt vooral omdat de Nederlandse ui als één van de weinige uitermate geschikt is om naar elke hoek van de wereld te exporteren (Dodde, 2020). De marktpotentie is groot en daarom is het van essentieel belang dat de Nederlandse uien goed bewaard kunnen blijven om het jaar rond over heel de wereld geëxporteerd te kunnen worden. Bewaring van uien kan op verschillende manieren en er zijn veel verschillende aspecten die invloed hebben op de bewaarbaarheid van de ui. Hierbij speelt de chemische kiemremmer Maleïne hydrazide (MH) een grote rol. Zoals al eerder gezegd betekent het wegvallen van MH het einde voor de uiensector omdat de uien dan niet meer lang bewaard kunnen worden en laat staan in een container over heel de wereld getransporteerd worden (Heijboer, 2017). Het doel van deze afstudeeropdracht is om te kijken welke mogelijkheden er zijn om uien kiemrustig te bewaren. Hiermee wordt bedoeld welke mogelijkheden er zijn om uien die niet behandeld zijn met een chemisch middel zoals MH op te slaan en te bewaren om in de winterperiode te kunnen exporteren. Er wordt alleen gekeken naar de mogelijkheden in de bewaarperiode, dus niet in de teelt, verwerking en transport.

Naar aanleiding van bovenstaande is de onderstaande hoofdvraag geformuleerd voor dit onderzoek:
Wat zijn de mogelijkheden in de bewaring om uien kiemrustig te houden zonder chemie?

Om tot een goede beantwoording van de hoofdvraag te komen, zijn er drie deelvragen opgesteld:

1. **Is het mogelijk om uien langer in de endodormancy(kiemrustige) fase te houden?**
2. **Welke factoren hebben invloed op de kiemrust in de ecodormancy(kiemplustige) fase?**
3. **Wat is de invloed van de luchtsamenstelling van CO₂ en O₂ op de kiemrust?**

1.8 Doelstelling

Het doel van dit afstudeeronderzoek is allereerst een antwoord geven op de hoofdvraag door middel van een literatuuronderzoek. Omdat het een literatuuronderzoek is, betekent dit dat er informatie gewonnen wordt uit andere onderzoeken. Dit zijn al uitgevoerde onderzoeken naar allerlei aspecten rondom deze vraag. Met de informatie uit deze onderzoeken kunnen de deelvragen beantwoord worden en hiermee ook de hoofdvraag. Het uiteindelijke doel van dit rapport is een theoretisch antwoord geven op de hoofdvraag: *Wat zijn de mogelijkheden in de bewaring om uien kiemrustig te houden zonder chemie?* Het rapport wat hieruit voortkomt kan gebruikt worden voor een eventueel vervolgonderzoek in de praktijk of om wellicht gelijk toe te passen in de praktijk. Dit geeft de uiensector weer toekomstperspectief en draagt bij aan een stukje duurzaamheid in de sector.

Hoofdstuk 2: Aanpak

In dit hoofdstuk 'aanpak' wordt beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd. Om een antwoord te vinden op de gestelde hoofd- en deelvragen is er eerst de benodigde informatie verzameld door middel van een internationaal literatuuronderzoek. Vervolgens is beschreven hoe deze informatie is onderzocht om daar een resultaat en conclusie uit te kunnen trekken.

2.1 Zoekplan literatuuronderzoek

2.1.1 Databanken literatuur

Vanuit de mediatheek van de Aeres Hogeschool zijn er een aantal databanken beschikbaar waar de auteur toegang tot heeft. De databanken zijn: Green-I, Science Direct, Wiley, Springer en WUR Library. Daarnaast zijn er andere databanken toegankelijk op het Internet via Google Scholar.

2.1.2 Relevantie bronnen

Om de betrouwbaarheid en juistheid van de verkregen informatie uit de bronnen te waarborgen zijn de richtlijnen van de Aeres Hogeschool gehanteerd. De richtlijnen houden in dat er hoofdzakelijk informatie gewonnen wordt uit 'peer-reviewed' bronnen. Alle bronnen zijn uiteindelijk verwerkt in de literatuurlijst volgens de APA-normen. Dit geeft de mogelijkheid om de beschreven informatie te controleren op juistheid.

2.2 Deelvraag 1

Is het mogelijk om uien langer in de endodormancy (kiemrustige) fase te houden?

Om deze deelvraag te beantwoorden is er een internationaal literatuuronderzoek gedaan met hoofdzakelijk internationale peer-reviewed bronnen. Door middel van deze internationale literatuur wordt er gekeken naar de processen die zich in de ui afspelen in de endodormancy fase en welke factoren daar een rol in spelen. Vervolgens is er door verschillende onderzoeken en literatuur te vergelijken een conclusie getrokken op basis van de opgedane kennis over de processen in de ui. Daaruit is geconcludeerd of er mogelijkheden zijn om de factoren die de processen in de ui aansturen te beïnvloeden waardoor de ui langer in de rust fase kan blijven.

Belangrijke zoektermen voor deze deelvraag zijn geweest: *Allium cepa, onions, dormancy, endodormancy, sprout suppression, post-harvest storage*

2.3 Deelvraag 2

Welke factoren hebben invloed op de kiemrust in de ecodormancy (kiemlustige) fase?

Door middel van een literatuuronderzoek is onderzocht welke processen zich in de ui afspelen in de ecodormancy fase en welke factoren daar een rol in hebben. Vervolgens is gekeken wat de rol is van de factoren en vervolgens is er geconcludeerd of het mogelijk is om de ui in de ecodormancy fase toch kiemrustig te houden.

Belangrijke zoektermen voor deze deelvraag zijn geweest: *Allium cepa, onions, ecodormancy, dormancy, onion storage, sprout suppression*

2.4 Deelvraag 3

Wat is de invloed van de luchtsamenstelling van CO₂ en O₂ op de kiemrust?

Om de derde deelvraag te beantwoorden is er vanuit een ander oogpunt gekeken als de vorige deelvragen. De luchtsamenstelling is een van de weinige factoren in de uienbewaring waar nog niet goed van bekend is welke invloed het heeft op de kiemrust van uien. Bij deze deelvraag is samenvattend een conclusie gevormd met de opgedane kennis uit de vorige deelvragen en het internationale literatuuronderzoek over de onbekende factor in de bewaring van uien die mogelijk invloed kan hebben op de kiemrust.

2.5 Beantwoorden hoofdvraag

Wat zijn de mogelijkheden in de bewaring om uien kiemrustig te houden zonder chemie?

Na beantwoording van alle deelvragen is duidelijk geworden welke factoren invloed hebben op de ui in bewaring, zowel in de kiemrustige als in de kiemlustige fase. Daarnaast is onderzocht of de luchtsamenstelling in de bewaring invloed heeft op de kiemrust. Met deze informatie is gekeken met welke factoren de ui kiemrustig gehouden kan worden. Uiteindelijk is er geconcludeerd wat de mogelijkheden kunnen zijn om uien kiemrustig te bewaren zonder chemie.

Hoofdstuk 3: Resultaten

3.1: Deelvraag 1

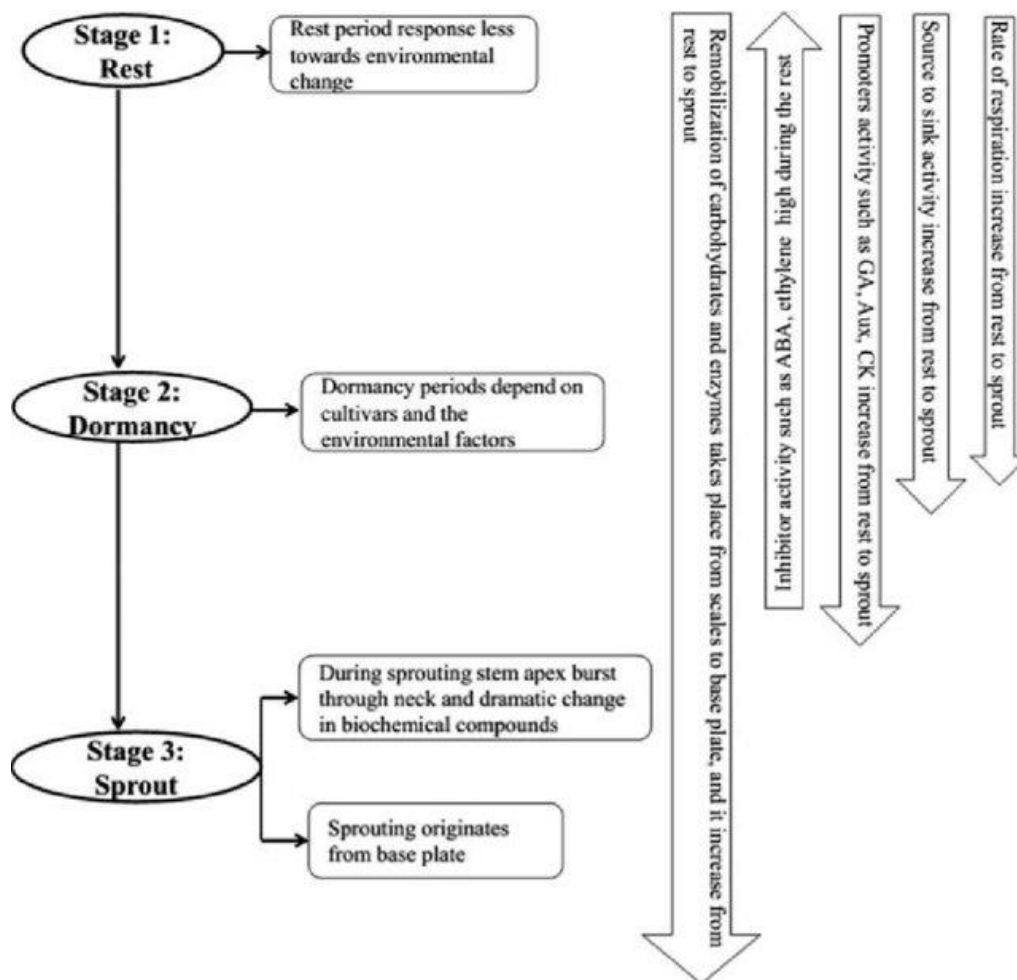
Is het mogelijk om uien langer in de endodormancy(kiemrustige) fase te houden?

Om te weten te komen of er een mogelijkheid is om uien langer in de endodormancy fase te houden is er informatie verzameld over welke factoren een rol spelen in de endodormancy fase van een ui. Daarnaast is er informatie verzameld over de factoren die ervoor zorgen dat een ui uit de endodormancy fase gaat. De betekenis van het begrip endodormancy is 'interne rustfase'. De uien die net geoogst zijn verkeren in een staat van rust. Deze rust ontstaat tijdens de groei van de ui, dit is in de periode dat er tijdens de bolvorming geen nieuwe bladeren meer gevormd worden maar bladloze rokken, dat is ook het moment dat er Maleïne hydrazide wordt gespoten. Spruitvorming kan in deze periode van rust niet op gang komen.

De endodormancy fase eindigt aan het einde van de herfstperiode en aan het begin van de winterperiode, in de maanden november en december. Er zijn verschillende factoren die invloed hebben op de endodormancy periode en het spruiten van de ui:

1. Irrigatie en voeding tijdens de groei: wanneer een ui tijdens de rijping van de bol een watertekort heeft, dan is dit nadelig voor het realiseren van een lange periode van kiemrust omdat de ui dan niet volgroeid is en de hormoonbalans niet normaal functioneert. Wanneer er sporenelementen of andere voedingstoffen missen of uit balans zijn heeft dit ook invloed op de kiemrust (Petropoulos, Ntatsi, & Ferreira, 2017).
2. Hormonale balans: de hormonale balans van een ui is zeer belangrijk. Het in rust (endodormancy) gaan van de bollen wordt bevorderd door abscisinezuur dat vanuit het blad getransporteerd wordt naar de spruit in aanleg. Te vroege loofdoding heeft effect op de hoeveelheid en daarmee op de effectiviteit van dit hormoon in de aangelegde spruit. Lokaal afnemende concentraties abscisinezuur en pieken in de productie van groeibevorderende hormonen (gibberelline, auxine en cytokinine) spelen een rol bij verbreken van de endodormancy en de transitie naar ecodormancy. De regulatiemechanismen zijn echter dermate complex dat hormoonbehandelingen niet altijd een eenduidig effect laten zien (Chope, Terry, & White, 2006). Ook (Sharma, Lee, Park, & Nile, 2016) heeft onderzocht wat de effecten van endogene en exogene hormonen zijn om de kiemontwikkeling en het moment daarvan. (Sharma, Lee, Park, & Nile, 2016) heeft alle onderzoeken waar in onderzoek gedaan is naar deze hormonen vergeleken en deze staan weergegeven in bijlage 2.

Bewaarcondities spelen een belangrijke rol in de fysiologie van uien. Dit is van invloed op de fysiologische en fotochemische eigenschappen van uienbollen tijdens de bewaring. Zowel de rustperiode als de groeisnelheid van de spruiten variëren afhankelijk van de cultivar, bewaaromstandigheden en de behandeling van de uien na de oogst. Factoren die de houdbaarheid van de uien beïnvloeden zijn bolsamenstelling, taatheid van de droge rokken, droge stofgehalte en het aantal blad-loze rokken (Sharma, Lee, Park, & Nile, 2016). We kunnen concluderen dat omstandigheden in het groeiseizoen van de uien veel invloed hebben op de kiemrust, houdbaarheid en kwaliteit van de uien. Maar welke parameters zorgen ervoor dat de kiemrust van de ui beëindigd wordt en dat de ui dus vanuit de endodormancy fase naar de ecodormancy fase gaat?



Abbreviations: GA= Gibberellin acid, AuX: Auxin, CK: Cytokinin, ABA: Absciscic acid

Afbeelding 6. Drie belangrijke fysiologische stadia van uien. (Sharma, Lee, Park, & Nile, 2016)

De endodormancy fase kenmerkt zich doordat de uien in deze rustperiode niet reageren op omgevingsveranderingen en er zeer weinig cellulaire activiteit is (Jones, 1921). De kiemrust in uien is een fysiologische toestand die kan worden gekoppeld aan de metabolische verandering na de overgang van bron (rokken) naar het verbruik en opslag orgaan (wortelkrans). De bron, de rokken van de ui, is waar de koolhydraten worden geproduceerd en de wortelkrans is waar de koolhydraten worden geconsumeerd als de uien beginnen te kiemen (Esen, et al., 1999). Zo lang als de koolhydraten in de bron (rokken) opgeslagen blijven dan blijft de ui in volledige kiemrust. Als de overgang begint en de koolhydraten naar de wortelkrans gaan is de ui niet meer in rust en begint het interne proces van kiemen. Biochemische en fysiologische parameters zoals verlaging sucroseniveau en verhogingen van ademhalingssnelheden, verandering van het koolhydraatgehalte en de verandering in smaak- en groei gerelateerde verbindingen geven dus aan dat de ui niet meer in de rust fase zit (Abrameto, Pozzo Ardizzi, Gil, & Molina, 2010).

Als de ui in de endodormancy fase zit is de activiteit van endogene hormonen (groeihormonen) zoals cytokinine, gibberelline en auxine erg laag en de activiteit van de remmende hormonen zoals abscisinezuur is erg hoog (Benkeblia, Onodera, & Shiomi, 2004). Aan het einde van de rustperiode volgt er een periode waarin veel interne verandering plaats vindt wat de ui voorbereid op het breken van de kiemrust.

Na de oogst, als de uien in de endodormancy fase zijn, is het Auxine, cytokinine en gibberelline gehalte in de uien nihil en gehalte van abscisinezuur hoog, naarmate de tijd vordert gaan de gehaltes van cytokinine, gibberelline en auxine omhoog (Kato, 1966). Ook volgens (Kato, 1966) gaan de gehaltes van de remmende hormonen zoals abscisinezuur niet veel omlaag, dat gebeurt pas als de uien daadwerkelijk beginnen te spruiten. Het is niet het geval dat de afname van de remmende hormonen ervoor zorgen dat de ui uit de rust fase komt maar de hoeveelheid groeihormonen wordt hoger zonder dat de remmende hormonen afnemen. Volgens (Thomas & Rankin, 1982) worden de verschillende fasen van plantengroei gecontroleerd door een balans van het niveau van endogene hormonen in de plant. Zo worden de processen tijdens de endodormancy periode gecontroleerd door de interacties tussen de verschillende remmende en groeibevorderende stoffen (Hemberg, 1967). Maar volgens (Thomas, 1969) is de activiteit van groeihormonen nihil tijdens de endodormancy periode, en kan er geen duidelijk verband gelegd worden tussen de interacties tussen groeiende en remmende hormonen en het breken van de kiemrust omdat tijdens de endodormancyfase de hormoonbalans niet te beïnvloeden is door externe factoren (Jones, 1921).

De enige aanleiding voor de overgang van de endodormancy naar de ecodormancyfase is de overgang van de opgeslagen koolhydraten naar de wortelkrans. Dit gebeurt doordat de ademhalingsnelheden omhooggaan, als dit gebeurt is het doorbreken van de endodormancy begonnen (Coolong, Randle, & Wicker, 2008). De ademhaling snelheid kan worden geremd door een lage temperatuur van 0-5 graden Celsius (Benkeblia, Onodera, & Shiomi, 2004).

3.2: Deelvraag 2

Welke factoren hebben invloed op de kiemrust in de ecodormancy(kiemlustige) fase?

Om deze deelvraag te beantwoorden is er informatie verzameld over welke processen er afspelen in de ecodormancy fase van een ui en welke factoren daar een rol in spelen. Vervolgens kan er gekeken worden hoe deze factoren in de bewaring beïnvloed kunnen worden. De definitie van ecodormancy is: omgeving kiemrust.

Als de endodormancy fase is voltooid komt de ui in de ecodormancy fase. Zoals al eerder vermeld reageert de ui in deze fase wel op omgevingsomstandigheden. Aan het begin van deze fase reageren de uien nog weinig op veranderingen van de omstandigheden, maar naar mate de tijd vordert gaan de uien steeds meer reageren op de omgeving en uiteindelijk als de omstandigheden geschikt zijn gaan de uien kiemen (Komochi, 1990). Als de ui in de ecodormancy fase komt dan begint de overgang van de koolhydraten van de bron en opslag naar wortelkrans waar de koolhydraten worden geconsumeerd voor de groei van de kiem (Lang, Early, Martin, & Darnell, 1987). De metabolische activiteit in de ui is afhankelijk van de overgang van de koolhydraten. Hoewel de ui aan het begin van de ecodormancyfase nog relatief rustig is, worden er vanaf het begin van deze fase in kleine mate koolhydraten omgezet. Hierdoor blijft de ui metabolisch actief maar de ui is nog niet zichtbaar begonnen met de kiemvorming (Lang, Early, Martin, & Darnell, 1987). De ecodormancyfase is de interne voorbereiding op het kiemen, afhankelijk van de eigenschappen van de ui en de omgevingsfactoren (Miedema, 1994). De ecodormancy fase gaat daarom gepaard met veel fysiologische veranderingen, waaronder het verminderen van het suikergehalte, de toename van de ademhaling, het waterverlies en de veranderingen in plantengroeiregulatoren (Tucker, 1989). De ecodormancy fase, en dus het kiemen, begint met de herverdeling van water en metabolieten van de rokken naar de wortelkrans (Chope, Cools, Hammond, Thompson, & Terry, 2012). Deze energie gaat naar de wortelkrans omdat de kiem van daaruit ontwikkelt en door dit proces is er celdeling en cel strekking. Veel fysiologische en biochemische kenmerken veranderen tijdens deze fase, waaronder het watergehalte, de concentratie van koolhydraten, mineralen en plantengroeiregulatoren (Mateijko & Dablbelt, 1991). Deze veranderingen houden verband met de ademhaling en re-mobilisatie van de koolhydraten om de kiem van energie te voorzien zodat deze kan groeien (Chope, Cools, Hammond, Thompson, & Terry, 2012). De mechanismen die deze processen beheersen worden niet volledig begrepen. De belangrijkste factor welke de processen in de ui tijdens de ecodormancy fase aanstuurt is de hormoonbalans (Thomas, 1969). Naast de hormoonbalans zijn er een aantal factoren die tijdens de bewaring de snelheid van het kiemen kunnen beïnvloeden. Volgens (Pak, Plas, & Boer, 1995) kunnen door deze factoren het proces van kiemen geremd worden maar de ui begint door aansturing van hormonen in alle gevallen met kiemen. Er zijn volgens (Pak, Plas, & Boer, 1995; Tucker, 1989) geen duidelijke verbanden tussen de hormoonbalans en de temperatuur.

Volgens (Petropoulos, Ntatsi, & Ferreira, 2017) zijn de factoren temperatuur en luchtvochtigheid het meest belangrijk en effectief om de kiemgroei te remmen. Als eerst is het drogen van de uien na de oogst en het droog houden een belangrijk aspect, dit heeft ook invloed op de kiemrust en de snelheid van het kiemen (Pak, Plas, & Boer, 1995). De optimale temperatuur tijdens het droogproces is 32 graden (Adamicki, 2004). Volgens (Pak, Plas, & Boer, 1995) is het essentieel dat de uien tijdens het droogproces nooit vochtig worden, als de wortelkrans van de uien vochtig is dan wordt er in de hormoonbalans van de ui al een aanzet tot kiemen gegeven wat later in de bewaring tot uiting kan komen. De optimale temperatuur voor zeer lange bewaring liggen volgens (Petropoulos, Ntatsi, & Ferreira, 2017) tussen de 1 en 3 graden Celsius. Daarnaast is het volgens (Sulaiman & Nassarawa, 2019) in combinatie met een lage temperatuur het meest effectief om een luchtvochtigheid tussen de 65 en 75% aan te houden. In warme landen, waar het niet mogelijk is om bij lage temperaturen uien te bewaren is 22 graden de optimale temperatuur (Sulaiman & Nassarawa, 2019).

Echter is het risico op rotting en andere kwaliteitsproblemen bij het bewaren bij deze temperatuur groot (Petropoulos, Ntatsi, & Ferreira, 2017). Ook volgens (Adamicki, 2004) is het bewaren van uien bij 0-3 graden met een luchtvochtigheid van 65-75% het meest effectief om de uien zonder zichtbare kiem tot 10 maanden te bewaren.

Ethyleen heeft mogelijk ook invloed op de kiemrust van uien. Ethyleen is een planthormoon welke betrokken is bij rijping en veroudering van producten (Prasanna, Prabha, & Tharanathan, 2007). In tropisch fruit is er tijdens de rijping een piek in de vorming van ethyleen. Om dit in de bewaarcellen van dit fruit tegen te gaan is een stof bedacht genaamd 1-methylcyclopropene(1-MCP). Deze stof zorgt ervoor dat de effecten van ethyleen op veroudering en rijping van groente en fruit tegengegaan worden (Sharma, Lee, Park, & Nile, 2016). In fruit wordt deze stof veel gebruikt om verouderingsprocessen tegen te gaan. De ethyleen productie van uien is tijdens de bewaring constant en op een laag niveau (Downes, Chope, & Terry, 2010). Dit proces kan beïnvloed worden door de ethyleenconcentratie te veranderen of door 1-MCP toe te dienen. Ethyleenbehandeling is mogelijk geschikt voor het onderdrukken van het kiemen met behulp van continue behandeling tijdens de opslag, maar in het onderzoek van (Downes, Chope, & Terry, 2010) is aangetoond dat een korte behandeling van 24 uur voldoende is om het kiemen uit te stellen. Maar de resultaten van de proeven zijn erg wisselend en sommige rassen en partijen hebben wel een constante behandeling nodig en in sommige partijen is er helemaal geen resultaat zichtbaar. Het werkingsmechanisme van ethyleen en 1-MCP is nog onbekend voor uien, hoewel de resultaten van deze studie suggereren dat 1-MCP en ethyleen de groei van kiemen verminderen en een rol kunnen spelen bij de endogene productie van ethyleen, het doorbreken van de kiemrust of het initiëren van de groei van de kiemen. In sommige plekken op de wereld wordt ethyleen al toegepast in de bewaring, zoals bijvoorbeeld in Engeland met het middel van Restrain (Brink & Broek, Het optreden van spruitvorming en kale uien tijdens de bewaring, 2006). Dit wordt echter vaak toegepast in combinatie met MH. (Forney, Cue, & Fillmore, 2022) hebben recent onderzocht door middel van een 6-jarig onderzoek dat bewaring met een atmosfeer van 7 ml·L⁻¹ ethyleen effectief is in het verlengen van de houdbaarheid van met MH behandelde uien door het remmen van de strekking van de spruiten en wortelgroei. Hoewel er verschillen in spruitverlenging werden waargenomen tussen de vijf cultivars die in dit onderzoek werden geëvalueerd, was ethyleen bij alle cultivars effectief in het verminderen van de spruitverlenging. Het uitstellen van de toediening van ethyleen met 4 maanden vertraagde ook het kiemen, maar was niet zo effectief als de continue behandeling. Ethyleen leverde een groter voordeel op dan alleen met MH-behandelingen zou kunnen worden verkregen en zou kunnen dienen als vervanging voor MH. Voor maximale doeltreffendheid moet de blootstelling aan ethyleen tijdens de opslag worden gehandhaafd. Bovendien vereist de resterende effectiviteit van kiemremming op uien die zijn bewaard in 7 mL·L⁻¹ ethyleen zonder MH verdere evaluatie (Forney, Cue, & Fillmore, 2022). Om het mechanisme van kiemonderdrukking met behulp van ethyleen beter te begrijpen, zijn moleculaire technieken nodig om verschillen in genexpressie in reactie op ethyleen en 1-MCP te bepalen (Downes, Chope, & Terry, 2010).

3.3: Deelvraag 3

Wat is de invloed van de luchtsamenstelling van CO₂ en O₂ op de kiemrust?

Om deze deelvraag te beantwoorden is er informatie verzameld over welke invloed de luchtsamenstelling van CO₂ en O₂ heeft op de kiemrust. Naast de temperatuur en luchtvochtigheid kan ook de luchtsamenstelling gecontroleerd en aangepast worden. De ademhaling en de processen in de ui kunnen beïnvloed worden door tijdens de opslag het O₂ -percentage te verlagen en de hoeveelheid CO₂ te verhogen. Dit wordt Controlled Atmospheres (CA) genoemd. Als uien in een gecontroleerde atmosfeer worden bewaard kunnen ethyleen gerelateerde processen geremd of verminderd worden waardoor de fysiologische achteruitgang van de uien wordt geremd en dus ook het kiemen (Majidi, Minaei, Almassi, & Mostofi, 2014). Lage O₂ atmosferen verminderen de ademhaling en verlengen de houdbaarheid, en de verhoging van CO₂ remt het kiemproces (Adamicki, 2004). Volgens (Adamicki, 2004) geven een te hoge CO₂ en een te lage O₂ atmosfeer problemen met betrekking tot fysiologische stoornissen wat kan leiden tot rotting. De effectiviteit van CA bewaring is afhankelijk van het ras, de rijpheid, beginkwaliteit, bewaartemperatuur en de luchtsamenstelling en de tijdsduur van de CA behandeling (Brecht, et al., 2003).

Er werd geconcludeerd door (Robinson, Brown, & Burton, 1975) dat lage O₂ niveaus de ademhalingsnelheid van de uien verlaagden bij verschillende temperaturen en dat een verhoging van het CO₂ gehalte ervoor kan zorgen dat het kiemen geremd wordt. Volgens (Gadalla, 1997) zijn alle manieren van CA- bewaring effectief tegen het kiemen, echter zijn er erg veel verschillen in de resultaten van alle onderzoeken en spelen veel verschillende factoren een rol. (Smittle, Evaluation of storage methods for 'Granex' onions., 1988) ontdekte dat na 7 maanden opslag bij 1 °C in 5% CO₂ + 3% O₂ de uien nog van zeer goede kwaliteit waren en er geen zichtbare kiem in zat, hoewel het gewichtsverlies 9% was. Bollen bewaard bij 1 °C in 5% CO₂ + 3% O₂ bleven goed toen ze uit de opslag werden gehaald, terwijl bollen van 10% CO₂ + 3 en 5% O₂ onverkoopbaar werden met een snelheid van ongeveer 15% verlies per week, als gevolg van interne afbraak tijdens de eerste maand van opslag. (Adamicki, 2004) beschreef ook een succesvolle bewaring van uien bij 1 °C in 5% CO₂ + 3% O₂, en concludeerde dat er bij deze manier van bewaren ook geen verandering was in de kleur, smaak of chemische samenstelling van de uien. Ook volgens (Gadalla, 1997) zijn de combinaties met 5% CO₂ het meest effectief. Ook ontdekte hij dat CA-bewaring het meest effectief is als het al wordt toegepast als de uien minder dan een maand in de bewaring liggen en gedroogd zijn. (Chawan & Pflug, 1968) concludeerden dat het technisch mogelijk is om met CA-bewaring in combinatie met een temperatuur van 0-5 graden uien 7-9 maanden kiemvrij te bewaren met een goede kwaliteit, maar er is nog te veel onbekend over de exacte werking van de aangepaste O₂ en CO₂ gehalten.

Hoofdstuk 4: Discussie

In dit hoofdstuk worden per deelvraag de resultaten besproken. Daarnaast wordt er besproken hoe het onderzoek is verlopen en welke vervolgonderzoeken een aanvulling kunnen geven op het huidige literatuuronderzoek. De doelstelling van dit afstudeerwerkstuk is om te achterhalen wat de mogelijkheden zijn om uien kiemrustig te bewaren zonder chemie. Deze vraag wordt beantwoord door de drie opgestelde deelvragen te onderzoeken. Onderstaand zijn de belangrijkste resultaten per deelvraag weergegeven:

Deelvraag 1:

De endodormancy fase kenmerkt zich doordat de uien in deze rustperiode niet reageren op omgevingsveranderingen en er zeer weinig cellulaire activiteit is. Toch gaan de uien na de endodormancy fase over naar de ecodormancy fase. De overgang vanuit deze fase wordt volledig aangestuurd door de hormoonbalans en er kan met de huidige kennis geen verband gelegd worden tussen de groeibevorderende- en groei remmende hormonen en de overgang naar de kiemlustige fase. De enige aanleiding voor de overgang tussen de twee fasen is de verhoging van de ademhaling. Dit kan geremd worden door lage temperaturen van 0-5 graden Celsius. Met de huidige manier van bewaren worden de uien vaak pas in de winterperiode terug gekoeld naar de lage bewaar temperatuur. Als dit in het najaar al gebeurt kan de overgang naar de kiemlustige fase geremd worden en dat kan veel betekenen voor de Nederlandse uiensector. Als de uien later in de kiemlustige fase komen kunnen ze langer kiemvrij gehouden worden. Het nadeel van deze manier van bewaren met vroeg terug koelen is dat het veel energie vergt om de uien bijvoorbeeld in november al naar 0-5 graden te brengen. Dit zal met een mechanische koeling moeten gebeuren.

Deelvraag 2: In de ecodormancyfase reageert de ui wel op omgevingsomstandigheden. Deze fase is de interne voorbereiding op het kiemen, dit is afhankelijk van de eigenschappen van de ui en de omgevingsomstandigheden. De belangrijkste factor die de processen tijdens de ecodormancyfase aanstuurt is ook de hormoonbalans. Maar daarnaast zijn er een aantal factoren die tijdens de bewaring de snelheid van het kiemen kunnen beïnvloeden. Hierdoor kan het proces van kiemen geremd worden of zelfs bijna stilgezet worden. Maar de ui begint door de aansturing van hormonen in alle gevallen met kiemen en er is geen verband tussen de temperatuur en de processen in de hormoonbalans. De factoren temperatuur en luchtvochtigheid zijn het meest belangrijk om de kiemgroei te remmen. Als eerst is het drogen van de uien na de oogst en het droog houden een belangrijk aspect, De optimale temperatuur tijdens het droogproces is 32 graden. De optimale temperatuur voor zeer lange bewaring liggen tussen de 1 en 3 graden Celsius. Daarnaast is het in combinatie met een lage temperatuur het meest effectief om een luchtvochtigheid tussen de 65 en 75% aan te houden.

Ethyleen heeft mogelijk ook invloed op de kiemrust van uien. Ethyleenbehandeling is mogelijk geschikt voor het onderdrukken van het kiemen met behulp van continue behandeling tijdens de opslag, maar in een ander onderzoek is aangetoond dat een behandeling van 24 uur al voldoende kan zijn om het kiemen uit te stellen. Maar de resultaten van de proeven zijn erg wisselend en sommige rassen en partijen hebben wel een constante behandeling nodig en in sommige partijen is er helemaal geen resultaat zichtbaar. Het werkingsmechanisme van ethyleen en 1-MCP is nog onbekend voor uien, hoewel de resultaten van deze studie suggereren dat 1-MCP en ethyleen de groei van kiemen verminderen en een rol kunnen spelen bij de endogene productie van ethyleen, het doorbreken van de kiemrust of het initiëren van de groei van de kiemen.

Om uien op 1-3 graden te bewaren met een luchtvochtigheid van 65-75% is vrij lastig en er is meer energie voor nodig dan de huidige manier van bewaren. Daarnaast is het als de kwaliteit van de uien niet heel goed is en er veel vocht vrijkomt bijna onmogelijk om de uien op deze luchtvochtigheid te houden bij deze temperaturen. Dit kan wel gebeuren met een condens droog installatie.

Deelvraag 3: De ademhaling en de processen in de ui kunnen beïnvloed worden door tijdens de opslag het O₂ -percentage te verlagen en de hoeveelheid CO₂ te verhogen. Dit wordt Controlled Atmospheres (CA) genoemd. Als uien in een gecontroleerde atmosfeer worden bewaard kunnen ethyleen gerelateerde processen geremd of verminderd worden waardoor de fysiologische achteruitgang van de uien wordt geremd en dus ook het kiemen. Lage O₂ atmosferen verminderen de ademhaling en verlengt de houdbaarheid, en de verhoging van CO₂ remt het kiemproces. Er is door meerdere praktijkonderzoeken aangetoond dat CA-bewaring met een samenstelling van 5% CO₂ en 3% O₂ in combinatie met een temperatuur van 0-5 graden. Ook is er onderzocht dat het effectief is als de luchtsamenstelling al wordt aangepast als de uien een maand in de bewaring liggen en droog zijn. Echter zijn er erg veel verschillen in de resultaten van alle onderzoeken en spelen veel verschillende factoren een rol. Er is daarom nog te veel onbekend over de exacte werking van de aangepaste luchtsamenstelling van CO₂ en O₂. De keerzijde van deze manier van bewaren is dat de cel waar het product in is opgeslagen helemaal afgesloten moet zijn en moet blijven omdat anders de luchtsamenstelling niet op de ingestelde waarden kan blijven. En dat betekent dat het niet mogelijk is om meerdere keren product uit de cel te halen. Ook zijn er geavanceerde technieken nodig om de luchtsamenstelling aan te passen.

Reflecterend op het uitgevoerde onderzoek kan er over het proces het volgende gezegd worden: Het onderzoek is gelopen zoals gepland. Er is veel informatie gevonden voornamelijk uit internationale wetenschappelijke bronnen en het was mogelijk om uit al deze informatie conclusies te trekken. Echter zijn er veel bronnen uit de 19^e eeuw gebruikt vanwege gebrek aan recente bronnen. Dit komt omdat er uit deze oude bronnen allemaal kleine stukjes informatie gewonnen kon worden over het onderwerp en er weinig recente onderzoeken beschikbaar waren over het onderwerp. Dit geeft wel de relevantie van het onderwerp weer, er is veel informatie bekend over het onderwerp maar over de exacte processen die in de ui beïnvloed kunnen worden is nog te weinig bekend en daarom kan het de sector een uitkomst bieden. Er zijn toch voldoende betrouwbare gegevens verzameld omdat er vrijwel alleen informatie is gewonnen uit internationale wetenschappelijke 'peer-reviewed' bronnen. Hieruit kan er geconcludeerd worden dat de onderzoeksmethode geen beperkingen had en dat de resultaten als betrouwbaar geacht kunnen worden. Echter is er wel een vervolgonderzoek nodig naar de processen die in de ui plaatsvinden om deze goed te begrijpen. De verwachting was dat er meer bekend was in de literatuur over de processen in de ui. Echter zijn de onderzoeken uit het buitenland vaak vrij oppervlakkig en wordt er weinig nieuws onderzocht waar de Nederlandse uiensector echt wat aan heeft.

Hoofdstuk 5: Conclusie & Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden er conclusies getrokken uit de onderzochte resultaten. Zo kan de vraag *Wat zijn de mogelijkheden in de bewaring om uien kiemrustig te houden zonder chemie?* beantwoord worden. Vervolgens worden er aanbevelingen gedaan.

Conclusie

In dit afstudeerwerkstuk wordt er onderzocht wat de mogelijkheden zijn in de bewaring om uien kiemrustig te houden zonder chemie. Om deze vraag te beantwoorden zijn de volgende drie deelvragen opgesteld:

1. **Is het mogelijk om uien langer in de endodormancy(kiemrustige) fase te houden?**
2. **Welke factoren hebben invloed op de kiemrust in de ecodormancy(kiemlustige) fase?**
3. **Wat is de invloed van de lichtsamenstelling van CO₂ en O₂ op de kiemrust?**

Deelconclusie 1

Het is met de huidige resultaten niet mogelijk om een ui langer in de endodormancyfase te houden. Dit komt omdat de fysiologie en de overgang naar de volgende fase wordt gereguleerd door verschillende hormonen in de hormoonbalans van de ui. Daarnaast is de ui in deze fase niet gevoelig voor omgevingsomstandigheden. Echter is er te weinig bekend over de hormoonbalans van de uien om een definitieve conclusie te trekken of het wel of niet mogelijk is om de ui langer in de endodormancyfase te houden. Wel kan door lage temperaturen van 0-5 graden de ademhaling snelheid van de ui geremd worden en hierdoor kan de overgang van de endodormancy fase naar de ecodormancyfase vertraagd worden. Om dit te kunnen doen moeten de uien dus in het najaar al terug gekoeld worden naar deze temperatuur.

Deelconclusie 2

Er zijn een aantal factoren die tijdens de bewaring de snelheid van het kiemen kunnen beïnvloeden. De factoren temperatuur en luchtvochtigheid zijn het meest belangrijk om de kiemgroei te remmen. Als eerst is het drogen van de uien na de oogst en het droog houden een belangrijk aspect, De optimale temperatuur tijdens het droogproces is 32 graden. De optimale temperatuur voor zeer lange bewaring liggen tussen de 1 en 3 graden Celsius. Daarnaast is het in combinatie met een lage temperatuur het meest effectief om een luchtvochtigheid tussen de 65 en 75% aan te houden.

Ethyleenbehandeling is mogelijk geschikt voor het onderdrukken van het kiemen met behulp van continue behandeling tijdens de opslag, maar in een ander onderzoek is aangetoond dat een behandeling van 24 uur al voldoende kan zijn om het kiemen uit te stellen. Het werkingsmechanisme van ethyleen en 1-MCP is nog onbekend voor uien, hoewel de resultaten van deze studie suggereren dat 1-MCP en ethyleen de groei van kiemen verminderen is er te weinig bekend over de exacte werking hiervan.

Deelconclusie 3

De lichtsamenstelling heeft wel degelijk invloed op de kiemrust van uien. Het verlagen van het O₂ gehalte remt de ademhaling van de ui en het verhogen van het CO₂ gehalte remt de kiemontwikkeling. Echter is er te weinig bekend over de invloed van de lichtsamenstelling op de interne processen van de ui om te concluderen welke processen beïnvloed kunnen worden.

Hoofdconclusie

Aan de hand van de bovenstaande conclusies kan de hoofdvraag beantwoord worden.

‘Wat zijn de mogelijkheden in de bewaring om uien kiemrustig te houden zonder chemie?’

Er zijn mogelijkheden om uien kiemrustig te houden, echter zijn deze nog niet volledig genoeg om met zekerheid te concluderen welke mogelijkheden zorgen dat de uien kiemrustig blijven. De volgende factoren kunnen de kiemrust beïnvloeden: temperatuur, manier van drogen, luchtvochtigheid en de lichtsamenstelling van CO₂ en O₂.

Aanbevelingen

In de conclusies staat weergegeven dat de resultaten van dit onderzoek niet volledig genoeg zijn om de hoofdvraag volledig te beantwoorden. Dit komt omdat er te weinig bekend is over de interne processen van de ui over de kiemrust. Als de hoofdvraag wel beantwoord zou kunnen worden kan er een manier van bewaren bedacht worden waarbij er met zekerheid uien kiemrustig bewaard kunnen worden. Om deze hoofdvraag volledig te kunnen beantwoorden is er meer onderzoek vereist naar de processen in de ui. Hierbij moet onderzocht worden wat de hormoonbalans van de ui kan beïnvloeden en welke processen er plaatsvinden in de ecodormancy fase. Als dit bekend is kan er gericht gestuurd worden in de bewaring om de hormoonbalans te beïnvloeden en de processen in de ui tijdens de ecodormancyfase te remmen of te stoppen.

Bibliografie

- Abrameto, M., Pozzo Ardizzi, C., Gil, M., & Molina, L. (2010). *Analysis of methodologies for the study of composition and biochemical carbohydrate changes in harvest and postharvest onion bulbs*. International Journal of experimental botany.
- Adamicki, F. (2004). *Effects of pre-harvest treatments and storage conditions on quality and shelf-life of onions*. Acta Horticulture.
- Bakker, K. (2020, september 11). *Boerenbusiness*. Retrieved maart 10, 2022, from boerenbusiness.nl: <https://www.boerenbusiness.nl/bb10jaar/artikel/10889120/protectionisme-grote-zorg-voor-uiensector>
- Bavel, J. v. (2020). uienteelt in Nederland. *Boer&tuinder*.
- Benkeblia, N., Onodera, S., & Shiomi, N. (2004). *Effect of gamma irradiation and temperature on fructans of stored onion bulbs*. Food chemistry.
- Benkeblia, N., Onodera, S., & Shiomi, N. (2004). *Variation in 1-fructo-exohydrolase (1-FEH) and 1-kestose-hydrolysing (1-KH) activities and fructo-oligosaccharide (FOS) status in onion bulbs. Influence of temperature and storage time*. Journal of the Science of food and Agriculture.
- Brecht, J., Chau, K., Fonseca, S., Oliveira, F., Silva, F., Nunes, M., & Bender, R. (2003). *Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain*. Postharvest Biology and Technology.
- Brink, L. v. (2011). *Tijdstip van MH-besputting in uien en effect van stikstof op kale uien*. PPO-AGV.
- Brink, L. v., & Broek, R. v. (2006). *Het optreden van spruitvorming en kale uien tijdens de bewaring*. Praktijkonderzoek plant&omgeving.
- cbs. (2022, januari). Retrieved from cbs.nl.
- Chartsbin. (n.d.). uienproductie(ton). *uienproductie per land*. chartsbin, Nieuwe-Tongue.
- Chawan, T., & Pflug, I. (1968). *Controlled atmosphere storage of onion*. Michigan Agricultural station quarterly bulletin.
- Chope, G., Terry, L., & White, P. (2006). *Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs*. Postharvest biology technologie.
- Chope, G. A., Cools, K., Hammond, J. P., Thompson, A. J., & Terry, L. A. (2012). *Physiological, biochemical and transcriptional analysis of onion bulbs during storage*. Wellesbourne: Oxford University Press.
- Chris de Visser. (2021). *Uireka/ onderzoek vervanging MH*. Retrieved maart 11, 2022, from Uireka.nl: <https://uireka.nl/onderzoek/vervanging-mh/>
- Coolong, T. W., Randle, W., & Wicker, L. (2008). *Structural and chemical differences in the cell wall regions in relation to scale firmness of the three onion selections at harvest and during storage*. Journal of the science of food and agriculture.
- Dodde, H. (2017). Uiensector vreest besluit kiemremmer. *Nieuwe Oogst*. Retrieved april 2022, from <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2017/01/12/uiensector-vreest-besluit-kiemremmer>
- Dodde, H. (2017, juli 25). Verlenging van vijftien jaar voor kiemremmer MH. *Nieuwe oogst*. Retrieved juli 25, 2017, from <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2017/07/25/verlenging-van-vijftien-jaar-voor-kiemremmer-mh>
- Dodde, H. (2020, december 2). Handel ziet noodzaak voor uitbreiding uienareaal. *Nieuwe Oogst*. Retrieved maart 10, 2022, from <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/12/02/handel-ziet-noodzaak-voor-uitbreiding-uienareaal>
- Dodde, H. (2021). Jaarrond focus op de kwaliteit van uien. *Nieuwe oogst*.

- Downes, K., Chope, G., & Terry, L. (2010). *Postharvest application of ethylene and 1-methylcyclopropane either before or after curing affects onion (Allium cepa L.) bulb quality during long term cold storage*. Postharvest biology and technologie.
- Espen, L., Morgutti, S., Abruzzese, A., Negrini, N., Rivetta, A., Quattrini, M., & Cocucci, M. (1999). *Changes in the potato (Solanum tuberosum L.) tuber at the onset of dormancy and during storage*. Potato Research.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Retrieved from FAOstat: <https://www.fao.org/faostat/en/#search/onion%20storage>
- Forney, C. F., Cue, K., & Fillmore, S. (2022). *Ethylene inhibits sprouting of onion bulbs during long-term storage*. American society for horicultural science.
- Gadalla, S. (1997). *Inhibition of sprouting of onions during storage and marketing*. Cranfield University UK.
- Gunter, G. (2021, maart 12). *uien-nieuws*. Retrieved from uiennieuws.nl: <https://www.uiennieuws.nl/article/9302147/hoeveel-hollandse-uien-kunnen-er-geteeld-worden-in-nederland/>
- Heijboer, I. (2017, januari 27). *Uiensector heeft geen plan B als MH-toelating vervalt*. *Uien Nieuws*. Retrieved maart 12, 2022, from <https://www.uiennieuws.nl/article/152520/uiensector-heeft-geen-plan-b-als-mh-toelating-vervalt/>
- Hemberg, T. (1967). *The Action of Endogenous Growth-inhibiting Substances and Gibberellins on the Rest-period of the Potato-tuber*. Wiss. Zeitschr. University Rostock.
- (n.d.). Holland Onion Association. *Different types of onions, growing season and storability*. Holland Onion Assosiation.
- Jones, H. A. (1921). *Preliminary report on onion dormancy studies*. American Society for Horticultural Science.
- Kato, T. (1966). *Physiological studies on the bulbing and dormancy of onion plants*. Journal of the Japanese society for horicultural science.
- Kepka, A., Adamicki, E., & Perlowska, M. (1989). *The application of a new technique for onion storage*. Biuletyn Warzywniczy.
- Komochi, S. (1990). *Bulb dormancy and storage physiology*. In *Onions and Allied Crops*. Botany Physiology and Genetics; Rabinowitch.
- Lang, G., Early, J., Martin, G., & Darnell, R. (1987). *Endo, para, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research*. American Society for horticultural Science.
- Majidi, H., Minaei, S., Almassi, M., & Mostofi, Y. (2014). *Tomato Quality in Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Packaging and Cold Storage*. Journal of food science and technology.
- Mateijko, C., & Dablbelt, H. (1991). *Polyamine synthesis and its relation to dormancy in Allium cepa L.* Biochemical and Physiological Pflanz.
- Miedema, P. (1994). *Bulb dormancy in onion. The effects of temperature and cultivar on different onion cultivars*. J. Horticulture science.
- Nuijten, E. (n.d.). *De zaadteelt van de ui (Allium cepa). handleiding voor zaadteelt en selectie*. Louis Bolk instituut.
- P.A. Balk, W. O. (2022). *Uireka*. WUR.
- Pak, C., Plas, L. v., & Boer, A. d. (1995). *Importance of dormancy and sink strength in sprouting of onions (Allium cepa) during storage*. Physiological Plantologica .
- Pareek, S., Sagar, N. A., Sharma, S., & Kumar, V. (2017). *Onion (Allium cepa L.) Chemistry and Human Health*. Haryana, India: Department of agriculture and Environmental Sciences.
- Peters, M. (2020). *de-heus.nl*. Retrieved from de-huis.nl.

- Petropoulos, S. A., Ntatsi, G., & Ferreira, I. (2017). *Long term storage of onion and the factors that affect its quality: A critical review*. Food Reviews International.
- PPO-AGV. (2003). *Teelthandleiding zaaiuien*. Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Prasanna, V., Prabha, T., & Tharanathan, R. (2007). *Fruit Ripening Phenomena – An Overview*. Critical reviews in food science and nutrition.
- Robinson, J., Brown, K., & Burton, W. (1975). *Storage characteristics of some vegetables and soft fruits*. Annals of Applied Biology.
- Sharma, K., Lee, Y. R., Park, S. W., & Nile, S. H. (2016). *Importance of growth hormones and temperature for physiological regulation of dormancy and sprouting in onions*. Republic of Korea: Food Reviews International.
- Smale, A. (2020, december 16). Wereldwijde veel vraag naar Nederlandse uien. *Food&Agri Business*. Retrieved maart 12, 2022, from <https://www.foodagribusiness.nl/wereldwijd-veel-vraag-naar-nederlandse-uien/#:~:text=In%20juli%20tot%20en%20met,van%20dit%20exportseizoen%20goed%20kwijt.>
- Smittle, D. (1988). *Evaluation of storage methods for 'Granex' onions*. Journal of the American Society for Horticultural science.
- Smittle, D. (1988). *Evaluation of storage methods for 'Granex' onions*. Journal of the American society for horticultural science.
- Steenge, E., Rops, A., Hak, P., & Kristiaan, G. (1991). *Onderzoek naar kwaliteitsgerichte bewaarmethoden van zaaiuien*. Lelystad: Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond, PAGV.
- Sulaiman, S. A., & Nassarawa, S. S. (2019). *Extending the shelf life of tomato and onion in Nigeria: A review*. Nigeria: International Journal of Food Science and Nutrition.
- Suojala, T. (2008). *Effect of harvest time on storage loss and sprouting in onion*. *Agricultural and Food Science in Finland*. Agrifood Research Finland.
- Thomas, T. (1969). *The role of growth substances in the regulation of onion bulb dormancy*. Journal of experimental Botany.
- Thomas, T., & Rankin, W. (1982). *Effect of ethephon on bulbing, bull-necking, yield and sprouting during storage of two onion cultivars (Allium cepa L.)*. Journal of Horticultural Science.
- Tucker, W. (1989). *The sprouting of bulb onions in store*. ISHS. Acta Horticulturae.
- uienteelt/bewaring. (2020). Retrieved from uienteelt.nl: <https://www.uienteelt.nl/bewaring>

Bijlagen

Bijlage 1: Productie en oppervlakte van de uienteelt per land

	land	Productie (ton)	Productie per persoon (kg)	Oppervlakte (Hectare)	Opbrengst (kg / hectare)
	China	23.907.509	17,152	1.086.711	21.999,9
	India	19.415.425	14,527	1.199.850	16.181,5
	Egypte	3.115.482	31,955	84.878	36.705,4
	VS	3.025.700	9,231	53.650	56.397
	Iran	2.345.768	28,692	61.809	37.951,9
	Turkije	2.120.581	26,241	65.607	32.322,6
	Rusland	2.023.271	13,775	88.563	22.845,6
	Pakistan	1.739.054	8,615	135.912	12.795,5
	Bangladesh	1.735.334	10,509	177.492	9.777
	Brazilië	1.657.441	7,91	57.464	28.843,1
	Mexico	1.635.049	13,108	51.504	31.745,8
	Soedan	1.583.900	38,824	87.696	18.061,3
	Algerije	1.525.987	35,867	49.896	30.583,4
	Nederland	1.449.400	84,017	32.723	44.293
	Indonesië	1.446.869	5,46	149.635	9.669,3
	Zuid-Korea	1.298.749	25,152	19.896	65.276,9
	Spanje	1.254.697	26,891	23.174	54.142,7
	Japan	1.243.000	9,827	25.800	48.178,3
	Oezbekistan	1.184.863	36,285	28.437	41.665,7
	Myanmar	1.123.084	20,851	69.962	16.052,8

Bijlage 2. Overzicht voor de verandering in plantengroeieregulatoren

Table 1. Overview for the change in plant growth regulator with respect to onion stages.

Onion stage	Regulator/ Inhibitor	Phenomenon	Reference
Stored onion	GA	Cold treatment increased GA in the bulb as compared with non-cold-treated bulb.	(101)
Early stage of storage to dormancy	GA	Negligible GA activity in the early stage and decreased as the dormancy period progressed.	(26)
Early stage to sprout	CCC	GA synthesis could be controlled by growth retardant CCC, but it did not inhibit sprouting of onions. Sprouting stimulation of dormant onion bulbs effected by GA3 treatment, but the effect was extremely small.	(103)
Dormant stage	GA	ABA induced earlier senescence, reduced bulb dimensions, and prolonged the dormant period.	(102)
Dormant stage	ABA	Ethylene production of onion is much higher at the end of dormancy than in the beginning.	(27)
Dormant stage	Ethylene	Low concentration of endogenous ethylene involved in the regulation of dormancy.	(58)
Dormant stage	Endogenous ethylene	Gaseous ethylene treatment before curing beneficial with respect to continuous ethylene treatment.	(59)
Stored onion	Ethylene	Ethylene and 1-MCP treatment before curing delayed sprouting as compared with the treatment after curing (6 weeks of curing).	(67)
Stored onion	Ethylene and 1-MCP	MH maintained the dormancy, reduced gibberellins, auxin, and cytokinins, and had no effect on an inhibitor.	(68)
Dormant stage	MH	MH had a positive effect on sprouting and rooting, but led to growth irregularities as compared with other chemicals.	(74)
Stored onion	MH		(2)
Stored onion	Auxin	Auxin activity found in the early stage of sprouting and persisted during the sprouting.	(26)
Stored onion	GA	GA activity started increasing after sprouting and high in sprout growth.	(104)
Stored onion	Auxin	Auxin altered the cell wall permeability of the resting shoot and resulted in ease translocation of food reserves from source to sink of the bulb.	(46)
Stored onion	Cytokinin	Cytokinin treatments decreased ABA content and resulted in dormancy breakage with stimulation of sprouting.	(4)
Stored onion	ABA	High concentration of ABA delayed the sprouting and low ABA concentration was associated with the onset of sprouting.	(104)
Stored onion	1-MCP	1-Methylcyclopropene (1-MCP) has antagonist role, and it binds to the ethylene binding proteins, thereby blocking ethylene effects.	(105)
Stored onion	Ethylene	Ethylene with cold treatment hastened sprouting and increased the elongation and growth of the inner bud.	(29)
Stored onion	Ethylene	Excessive accumulation of ethylene took place in the presence of cytokinin synthesis, and excessive cytokinin promoted root formation.	(34)
Cold-stored onion	Ethylene	The continuous application of ethylene retarded sprout growth during cold storage.	(66)

Note. GA = gibberellin acid; CCC = (2-chloroethyl)trimethylammonium chloride; ABA = abscisic acid; 1- MCP = 1-methylcyclopropene; MH = maleic hydrazide.