

**Onderzoek naar factoren en processen die de produktie
en kwaliteit van witlof beïnvloeden.**

Samenvatting en aanbevelingen

drs. Jos Reerink

verslag 169

september 1992

**DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek
(CABO-DLO) Bornsesteeg 65, Wageningen
tel. 08370-75700; fax: 08370-23110**

ISSN 292 442



Onderzoek naar factoren en processen die de produktie en kwaliteit van witlof beïnvloeden.

Samenvatting en aanbevelingen

drs. Jos Reerink

CABO-DLO, Bornsesteeg 65, 6700 AA Wageningen
tel. 08370-75700; fax: 08370-23110

Verantwoording.

De hier weergegeven resultaten werden verkregen in witlofonderzoek dat van juni 1988 tot juni 1992 bij het CABO-DLO is uitgevoerd, medegefinancierd door drie partners uit het bedrijfsleven: Landbouwschap, Produktschap voor Groenten en Fruit, en Centraal Bureau van de Tuinbouwveilingen. Tijdens de uitvoering van het project is op diverse manieren samengewerkt met het PAGV en regelmatig gerapporteerd aan- en overleg geweest met de begeleidingscommissie van dit project.

In deze samenvatting en aanbevelingen worden slechts hoofdpunten behandeld. Over de voortgang van het onderzoek is enkele malen gerapporteerd in de vakbladen (Groeten & Fruit 46, 1990; Groeten & Fruit 1, 1992) en op nationale en internationale witlofdagen (Tweejaarlijkse Internationale Witlofdagen, Lelystad, 1989; Landelijk Witlofdag, PAGV, Lelystad, 1990; Tweejaarlijkse Internationale Witlofdagen, Arras (Fr.), 1991). Het volledige onderzoek is beschreven in een uitvoerig rapport met de relevante proefgegevens en overige documentatie. Hiermee wordt de toegankelijkheid gewaarborgd en een basis gelegd voor uit dit onderzoek voortvloeiend aanvullend praktijkonderzoek. De resultaten worden nader uitgewerkt in wetenschappelijke publikaties.

De belangstelling die vanuit de NTS-witlof commissie op verschillende momenten voor het onderzoek is getoond is als zeer stimulerend ervaren. De koppeling met het praktijkonderzoek en het bedrijfsleven is een belangrijke factor geweest bij het stellen van prioriteiten. Tegen die achtergrond is het verheugend te constateren dat ook in meer fundamenteel-wetenschappelijk opzicht nieuwe inzichten zijn ontstaan. Het onderzoek heeft echter door de complexiteit van het onderwerp niet in alle opzichten tot eenduidige antwoorden kunnen leiden. Daarop wordt in de aanbevelingen met enkele suggesties voor vervolgonderzoek ingegaan.

dr. S.C.van de Geijn
Hoofd afd. Plantenfysiologie.

Samenvatting.

Het onderzoek dat in de periode juni 1988 tot juni 1992 bij het CABO-DLO is uitgevoerd is voortgekomen uit de wens vanuit het praktijkonderzoek om een beter inzicht te verkrijgen in de achtergronden van de witloftrek. Het onderzoek is daarom basislegend van aard, en gericht op het verloop van de processen in de wortel en de groeiende krop tijdens de koude bewaring en het forceren van witlof. Daarbij is aandacht gegeven aan de eigenschappen van het uitgangsmateriaal (de wortel), effecten van bewaarduur, forceerduur en -temperatuur, en samenstelling van de voedingsoplossing.

De processen die zijn bestudeerd betreffen:

- (1) omzetting van de reserve koolhydraten (inuline) en eiwitten in de wortel, tijdens de koude bewaring en het forceren.
- (2) aanwezige concentraties en het transport van suikers en aminozuren tijdens de vorming van de krop
- (3) mobilisatie van mineralen (N, K, Ca) uit de wortel naar de krop en opname uit de voedingsoplossing
- (4) gewichtsafname van de wortel en gelijktijdige groei van de krop
- (5) vorm en inwendige, zichtbare, kwaliteitskenmerken van de krop.

Na een aanloopfase heeft het hoofddoel van het onderzoek gelegen op het vaststellen van het verband van het stikstofgehalte van de wortel met de diverse bovengenoemde processen.

Witlof is een tweejarige plant die in het eerste jaar penwortels vormt waarin reservestoffen worden opgeslagen. Witlof is een langedagplant, die bovendien een koude periode nodig heeft, de zogenaamde vernalisatie, voor hergroei en inductie van de bloei in het tweede jaar. Het productieproces van witlof bestaat hierdoor uit drie fases. De teelt van de penwortels vindt plaats vanaf eind april, wanneer meestal direct in de vollegrond wordt gezaaid. De wortels worden vanaf half augustus tot begin november gerooid. Hierna volgt een periode van koude behandeling, door de wortels direct na het rooien op te slaan in een koelcel bij een temperatuur rond het vriespunt. Wanneer de wortels hierna bij een hogere temperatuur in het donker worden geforceerd, ontwikkelt zich door etiolering een witte gesloten krop, die in de praktijk al na 21 tot 23 dagen wordt geoogst. Door de afwezigheid van fotosynthese fungeren de reservestoffen in de wortel als bouwstof- en energiebron. De plant blijft, door het ontbreken van een lichtstimulus in een vegetatief stadium, waarbij wel een bloemsteel wordt aangelegd, de zogenaamde pit.

In dit onderzoek zijn geringe aantallen wortels, in verhouding tot de praktijk en het praktijkonderzoek, onder verschillende omstandigheden geforceerd. De kropontwikkeling en het verloop van processen is bij wortels individueel gevolgd gedurende een langere forceerperiode dan in de praktijk gebruikelijk is, nl. tot 40 dagen.

Ook de lengte van de koude bewaarperiode van de wortels vóór forceren is sterk gevarieerd. De proeven zijn uitgevoerd met wortels van het ras 'Flash', en door het PAGV geteeld met een bemestingsschema gericht op het verkrijgen van uniform uitgangsmateriaal, met als proeffactor de stikstofbemesting. Over het algemeen zijn op maat geselecteerde wortels gebruikt. In enkele latere proeven is samen met het PAGV gebruik gemaakt van wortels die van ROC's en praktijkbedrijven afkomstig waren. Dit betrof proeven waarin de bevindingen uit de gedetailleerde experimenten bij het CABO-DLO vergeleken werden met materiaal uit de praktijk.

De voornaamste resultaten van het onderzoek worden hieronder kort aangeduid. Een gedetailleerde beschrijving van de resultaten en conclusies wordt gegeven in hoofdstuk 3 en 4 van het uitgebreide CABO-DLO rapport 'Onderzoek naar factoren en processen die de productie en kwaliteit van witlof beïnvloeden'.

1. Groeisnelheid van de krop, temperatuur en bewaarduur.

De snelheid van groei van de krop blijkt sterk afhankelijk te zijn van de hoeveelheid beschikbare suikers die aan het einde van de koude bewaring in transporteerbare vorm (als saccharose) aanwezig is en de snelheid waarmee deze aanvullend beschikbaar komt tijdens het forceren. Bewaarduur, forceertemperatuur en stikstofgehalte van de wortel spelen hierbij een belangrijke rol.

Een verlaging van de forceertemperatuur vertraagt de kropgroei, maar resulteert na een langere forceertijd in een vrijwel gelijke kropproductie. De kropgroei van grote en kleine wortels gaat eerst gelijk op, maar stopt voor kleine wortels eerder, als gevolg van een beperkte beschikbaarheid van suikers. De wortelmaat heeft zo invloed op de grootte van de geproduceerde krop. Elke extra 10 gram worteldrogestof levert ca 2,5 gram extra kropdrogestof, of 30 tot 50 gram versgewicht, afhankelijk van de voeding tijdens het forceren. Opvallend is dat aan het einde van de forceerperiode nog altijd ca 50% van de oorspronkelijk aanwezige opslag-koolhydraten in de wortel aanwezig is, onafhankelijk van de maat.

Uit de gedetailleerde proeven bleek dat de in de praktijk gebruikelijke geleidelijke verlaging van de forceertemperatuur bij toenemende duur van de koude bewaring niet voor alle wortels leidt tot een goede compensatie van de veranderde processnelheden in de koolhydraat-huishouding. Uit de resultaten blijkt dat de geleidelijke verlaging van de temperatuur afhankelijk gemaakt zou moeten worden van het stikstofgehalte van de wortels. Dit stikstofgehalte varieerde in de gebruikte wortels van 4 tot 10 mg N per gram drogestof, maar kan in de praktijkteelt nog aanmerkelijk hoger liggen. Voor stikstofrijke wortels moet de temperatuur in de loop van het seizoen in principe sneller en verder verlaagd worden dan voor stikstofarme wortels. Het transport van stikstof (aminozuren en eiwitten) naar de krop laat zich bij alle stikstofgehalten echter wel met eenzelfde (bewaarduur afhankelijke) temperatuursverlaging compenseren.

2. Stikstofgehalte van de wortels.

Het stikstofgehalte van de wortels is een belangrijke factor tijdens het forceren. In de door het PAGV geteelde wortels liep het gehalte uiteen van ca 4 tot 10 mg N/gram drogestof. In de praktijk blijken de lage waarden zelden voor te komen, en wordt de hier gebruikte hoogste concentratie regelmatig overschreden. Stikstofrijke wortels blijken geen andere maatverdeling te hebben, maar de samenstelling van de drogestof verschilt wel. Zo is het koolhydraatgehalte van N-rijke wortels aanmerkelijk lager dan van N-arme wortels (65% tegen 85%). De hoeveelheid saccharose in de wortel blijkt echter na koude bewaring ondanks een lager totaal koolhydraatgehalte hoger te zijn, waardoor de kropgroei sneller verloopt. De component "overige drogestof" van de wortel, structureel materiaal naast eiwitten en koolhydraten, is relatief hoog. Wortels met een relatief hoog stikstofgehalte zijn beter geschikt voor forceren na een korte koude bewaring, terwijl stikstofarme wortels betere resultaten opleveren na een lange koude bewaring.

3. Concentratie van de voedingsoplossing en wortelmaat.

De concentratie van de gebruikte voedingsoplossing blijkt pas na ca 15 dagen forceren van belang. Het drooggewicht van de krop stijgt en het drogestofgehalte daalt met toenemende concentratie. Grote wortels profiteren daarbij het meest van een wat hogere concentratie,

waarbij het verschil in versgewicht van de krop tussen leidingwater en volledige Hoagland-oplossing ($EC = 4 \text{ mS/cm}$) oploopt tot ca 60%, overigens bij een veel geringer verschil in drooggewicht. Bovendien blijkt dat de toename van het drooggewicht in de tijd eerder terugvalt dan die van het versgewicht. Tegen het einde van de forceerperiode is het drooggewicht constant geworden, maar blijft het versgewicht nog stijgen. Dit betekent dat het drogestofgehalte van de krop dan daalt. De grootste kropproductie werd vrijwel steeds bereikt met 1/4 tot 1/2 concentratie Hoagland. Dit komt overeen met een nitraatconcentratie van 4 tot 8 mmol/l.

De lengte van de pit blijkt bij deze concentratie ook de gunstigste verhouding te hebben tot de kroplengte. De krop blijft ook wat beter gesloten bij deze lagere concentraties van de voedingsoplossing.

Kleine wortels (< 40 gram drooggewicht; ca 4 cm diameter) blijken voor wat de productie betreft het sterkst beperkt te worden door beschikbaarheid van koolhydraten. Voor grote wortels geldt juist de beschikbaarheid van mineralen (N, K, Ca etc.) als beperkend. De laatsten profiteren daarom het meest van een geconcentreerde voedingsoplossing.

4. Stikstofopname uit de voedingsoplossing.

De herverdeling van eiwitten uit de wortel naar de krop is recht evenredig met het stikstofgehalte van de wortel. De beschikbaarheid van eiwitten en aminozuren voor transport neemt voor alle wortels toe met de duur van de koude bewaring, en met de forceertemperatuur. Een geringere beschikbaarheid van transporteerbare eiwitten na korte koude bewaring kan volledig worden gecompenseerd door een verhoging van de forceertemperatuur.

De bijdrage van stikstof uit de voedingsoplossing aan de stikstofvoorziening van de groeiende krop is in de meeste gevallen beperkt. Bij lage stikstofgehalten van de wortel is de per gram wortel opgenomen stikstof echter groter dan bij stikstofrijke wortels. De opname compenseert dus in meerdere of mindere mate de beperkte beschikbaarheid van stikstof uit de wortel. Voor wortels met een laag N-gehalte is de bijdrage ten hoogste ca 45%. Voor N-rijke wortels daalt dit tot 5 à 10%.

5. Mobilisatie van reserve suikers.

Voor het transport van de reserve koolhydraten uit de wortel moeten deze eerst omgezet worden in transporteerbare vorm, in saccharose. Het saccharose gehalte van de wortel blijkt een goede maat te zijn voor de mobilisatie na koude bewaring. Na 5 weken koude bewaring is de mobilisatie van koolhydraten uit wortels met een N-gehalte van 10 mg per gram ca anderhalf maal groter dan uit wortels met een N-gehalte van 4 mg per gram. Na 15 weken bewaring is dit verschil toegenomen tot een factor $2^{1/2}$. De veranderingen in de opgeslagen koolhydraten in de wortel zijn dus sterk afhankelijk van het N-gehalte. De snelheid waarmee de omzetting van koolhydraten verloopt tijdens het forceren is wel sterk afhankelijk van de temperatuur, maar hangt bovendien af van het stikstofgehalte. Een vaste temperatuursaanpassing kan dus niet zonder meer gebruikt worden om het verschil ten gevolge van lange koude bewaring te compenseren (zie onder 1 hierboven). Een grotere temperatuursverlaging is nodig bij hoge stikstofgehalten van de wortel.

6. Benutting van reservesuikers uit de wortel.

De gemobiliseerde suikers, aminozuren en mineralen worden naar de krop getransporteerd, en vormen, na de nodige omzettingen aldaar, de kropproductie. De efficiëntie waarmee dit gebeurt, het gevormde kroppgewicht per hoeveelheid verloren wortelgewicht, neemt sterk af met een toenemend stikstofgehalte van de wortel. Dit effect wordt nog sterker na langer bewaren van de wortels, maar is onafhankelijk van de forceertemperatuur. Het gevolg hiervan

is dat de koolhydraten van de stikstofrijke wortels weliswaar sneller en in grotere hoeveelheden beschikbaar komen en transporteerbaar zijn, maar dat veel hiervan verloren gaat of anderszins verbruikt wordt. Dit leidt ertoe dat het optimale N-gehalte van de wortel bij ongeveer 6 mg N per g drogestof ligt (ca. 37,5 mg eiwit per g drogestof). Dit neemt niet weg dat ondanks dit slechtere rendement de gevormde kropdrogestof, en nog meer het versgewicht, bij stikstofrijke wortels nog altijd wat groter is dan bij stikstofarme. De gevonden verschillen in rendement met het N-gehalte, en het verloop hiervan in de tijd vormen een intrigerend onderwerp voor verdere analyse van kosten van transport, biosynthese en onderhoud van plantaardige weefsels.

7. Samenstelling en visuele kenmerken van de krop.

Het eiwitgehalte van de gevormde krop neemt toe met het eiwitgehalte van de wortel. Gelijktijdig is het gehalte aan vrije koolhydraten (suikers) in de krop lager, ondanks de grotere mobilisatie. Ook het drogestofgehalte is lager. Het is niet vastgesteld of de met het stikstofgehalte veranderde samenstelling van de krop, met meer structureel materiaal, leidt tot organoleptische verschillen in kwaliteit.

Een aantal visuele kenmerken van wortel en krop zijn met behulp van een grafisch software pakket vastgesteld. Deze kwaliteitskenmerken blijken ook afhankelijk te zijn van het N-gehalte. Zo neemt het volume van de holte in de wortelhals direct onder de krop, gemeten na afloop van de forceerperiode, toe met het N-gehalte. Het effect van bewaarduur en forceertemperatuur is gering, wat betekent dat de holte voornamelijk al tijdens de teelt gevormd wordt.

Belangrijker zijn pit en vorm van de krop. De mate waarin een "open krop" voorkomt neemt toe met het stikstofgehalte van de wortel. Een lange koude bewaring of een hogere forceertemperatuur leiden tot een betere geslotenheid van de krop, zowel bij stikstofrijke als stikstofarme wortels.

De relatieve pitlengte (t.o.v. de kropplengte) neemt daarentegen juist sterk toe met zowel bewaarduur als forceertemperatuur. De relatieve pitlengte is na korte bewaring slechts weinig afhankelijk van het N-gehalte. Bij een lange bewaarduur is een tendens waarneembaar tot een toename hiervan met het N-gehalte. De pitgrootte, het oppervlak van de lengtedoorsnede, neemt wel duidelijk toe met het stikstofgehalte van de wortel, maar ook hier is de invloed van de bewaarduur en forceertemperatuur veel sterker. De invloed van de forceertemperatuur neemt wat af na lange koude bewaring.

Het aantal kroppen waarin bruine pit voorkomt neemt sterk toe met N-gehalte van de wortel. Ook een hogere forceertemperatuur of een langere koude bewaring van wortels verhoogt het optreden van bruine pit. Bij ongeveer gelijkblijvend oppervlak per bruine plek neemt het aantal plekken per pit sterk toe. De gevonden relatie geldt dus nog sterker voor het bruingekleurde oppervlak van de pit dat waargenomen wordt.

8. Mineralen huishouding.

De kalium die in de krop wordt aangetroffen is voor het overgrote deel (ca. 80%) afkomstig uit de wortel, en veel minder van recente wortelopname. Deze kalium remobilisatie verloopt parallel aan de kropgroei, waardoor het gehalte in de krop constant blijft. Calcium blijkt netto niet uit de wortel getransporteerd te worden, zodat de calcium aanvoer afhankelijk is van de opname uit de voedingsoplossing. In de eerste fase van kropgroei is de opname echter gering, en blijft achter bij de kropgroei. Pas tegen het einde van de forceerperiode neemt de calciumopname duidelijk toe. Hoewel in dit onderzoek niet aangetoond, wijzen gegevens in de literatuur erop dat het optreden van bruine pit hiermee samenhangt.

Het gedrag van de mineralen K en Ca tijdens de forceerperiode verdient nadere aandacht. Het is te verwachten dat een beter inzicht in de waterbeweging in het wortel-krop systeem (opname, transport en verdamping) voor een goede interpretatie, en inzicht in mogelijke oplossingsrichtingen voor gerelateerde kwaliteitsproblemen noodzakelijk zal zijn.

9. Vergelijking met wortels afkomstig van diverse telers.

De verkregen inzichten zijn in een praktijkexperiment samen met het PAGV getoetst. Van een groot aantal witloftelers uit diverse delen van het land zijn partijen wortels van 'Flash' betrokken, geanalyseerd op stikstofgehalte, en na een korte koude bewaring (2 weken) onder standaardcondities bij het PAGV geforceerd. Een vergelijkbare opzet na langere bewaring moest vervallen, omdat onvoldoende materiaal achtergehouden was. Het stikstofgehalte bleek in de praktijkproef (21 telers) nog hoger te liggen (8 - 14 mg N per gram drogestof) dan bij de wortels uit de PAGV-bemestingsproeven, en lage, of als optimaal beschouwde waarden kwamen niet voor.

Bij deze proef bleek niet zozeer de kropproductie, maar vooral de kwaliteit sterk uiteen te lopen. Het aandeel van de produktie in klasse I lag bij de laagste N-gehalten tussen 50 en 90%, terwijl het bij de hoogste gehalten tussen 20 en 60% varieerde. Nog sterker komt dit verschil naar voren bij het aandeel klasse III: dit was bij de "laagste" N-gehalten nooit hoger dan 10%, maar bij de hoogste liep dit op tot 25%.

Er bleek geen aantoonbare relatie te zijn tussen het drogestofgehalte van de wortels, dat varieerde met het stikstofgehalte, en de kropproductie en -kwaliteit.

De praktijktoets toont aan dat het stikstofgehalte weliswaar een zeer belangrijke factor is bij het tot stand komen van goede kwaliteit witlof, maar dat het zeker niet de enige, en volledige verklaring geeft voor de mate van succes van de witlofteelt.

In een door het PAGV in 1992 uitgevoerde vergelijkbare proef zal getracht worden meer zicht te krijgen op andere mogelijke factoren.

10. Vergelijking van diverse rassen en teeltlocaties.

In de proeven die tot de hier besproken resultaten hebben geleid is steeds van het ras 'Flash' gebruik gemaakt. Om de waarde van de verkregen resultaten te toetsen met andere rassen is in 1991 een vergelijkende proef uitgevoerd, waarvan de analyses zijn verricht, maar een volledige verwerking samen met de forceerresultaten en overige gegevens nog niet beschikbaar is. Een soortgelijke situatie bestaat voor de gegevens van een vergelijking van wortels met gelijk stikstofgehalte maar afkomstig van twee locaties: resp. Creil en Westmaas. In overleg met het PAGV zal aan de uitwerking nog aandacht worden besteed.

Aanbevelingen.

De in dit onderzoek verkregen fundamentele kennis van processen die een rol spelen bij de groei van de krop, de relatie met de fysiologische eigenschappen van de wortel, en de invloed van factoren tijdens het forceren, dient ter ondersteuning van het praktijkonderzoek in het optimaliseren van teelt- en forceeromstandigheden.

Een aantal aanbevelingen voor de praktijk en het praktijkgericht onderzoek worden hieronder weergegeven:

1. Aanbevelingen voor het stikstofgehalte van de wortel.

Vooruitlopend op de verificatie van de verkregen resultaten in het praktijkonderzoek moet de aanbeveling naar de praktijk zijn dat hoge stikstofgehalten dienen te worden vermeden. Een optimale concentratie ligt tussen 6 en 9 mg N per g drogestof wortel. Boven deze concentratie neemt (in elk geval voor 'Flash') de efficiëntie van worteldrogestof benutting voor kropvorming te sterk af, en nemen negatieve kwaliteitskenmerken zoals bruine pit en open krop sterk toe. Partijen wortels met een hoog stikstofgehalte (binnen deze range) zijn beter geschikt voor forceren na een korte koude bewaring.

2. Toetsing van de resultaten en stuurbaarheid van forceerresultaat.

Het onderzoek heeft aangetoond dat voor het bestudeerde ras 'Flash' en de wortels betrokken van het PAGV grote verschillen bestaan in de forceerresultaten, die in verband gebracht kunnen worden met het N-gehalte. De verkregen resultaten zullen verder op hun waarde voor het praktijkonderzoek moeten worden getoetst. Ten gevolge van een onverwacht hoge mineralisatie in de bodem kon in het seizoen 1991 niet over wortels worden beschikt met de gewenste brede range in stikstofgehalten. De experimenten die voorzien waren om de stuurbaarheid van het forceerresultaat op grond van verkregen inzichten te toetsen konden daarom geen doorgang vinden. Bezien moet worden of in samenspraak met het praktijkonderzoek hiervoor alsnog voldoende gegevens verzameld kunnen worden.

3. Proeven met wortelmateriaal uit de praktijk.

Het is aan te bevelen proeven, zoals deze in de eindfase van het project zijn uitgevoerd met partijen wortels van praktijktelers, in het praktijkonderzoek te herhalen, en meer specifiek te richten op het identificeren van de overige factoren, die naast stikstofgehalte van de wortel het forceerresultaat bepalen. Daarbij zal met name naar bodemeigenschappen en microklimaat gekeken kunnen worden. Ook verschillen tussen (vroeg en late) rassen zouden zo globaal in kaart kunnen worden gebracht.

4. Bepalingen van basisgegevens in partijen wortels.

Hoewel het op grond van de verkregen gegevens gewenst lijkt van partijen wortels in de praktijk een aantal basisgegevens te verzamelen, zoals stikstofgehalte en koolhydraat-samenstelling, moet voor al te groot optimisme worden gewaarschuwd. Vanwege de gevonden grote spreiding lijkt het gewenst om voorafgaand aan de eventuele stimulering van de invoering hiervan enkele jaren proefbepalingen uit te voeren met een geselecteerd aantal telers.

5. Samenstelling van de krop.

Afhankelijk van de eigenschappen van de wortel en de forceerduur verandert de samenstelling van de krop. Het drogestofgehalte daalt aan het einde van de forceerperiode, en bij stikstofrijke wortels is het gehalte aan vrije suikers lager dan bij stikstofarme. Bekend is

aanbevelingen

dat een laag suikergehalte gevolgen heeft voor de expressie van bitterheid. Ook het eiwitgehalte van de krop varieert met het stikstofgehalte van de wortel. Of en hoe deze eigenschappen mede de smaak en houdbaarheid bepalen is niet aan de orde geweest. Het verdient aanbeveling in een aantal tests na te gaan of er een relatie bestaat tussen stikstofgehalte van de wortel en smaak en houdbaarheid van de krop.

Het hoofddoel van het CABO-onderzoek heeft gelegen op het vaststellen van het verband tussen diverse processen en het stikstofgehalte van de wortel. Andere factoren hebben ook invloed op de kropontwikkeling en zullen nader onderzoek vragen. Hieronder zijn enkele aanbevelingen weergegeven voor verder fundamenteel onderzoek:

1. Kwaliteit van proefmateriaal.

Ondanks het professionele werk van het PAGV bij de teelt van witlofwortels is het niet eenvoudig gebleken om met behulp van bemestingsproeven in het veld reproduceerbaar witlofwortels van een voldoende uniforme kwaliteit, met het gewenste stikstofgehalte te telen. Zoals de resultaten van het oogstjaar 1991 aantoonde is de stikstof-mineralisatie in de bodem soms zo hoog, dat lage stikstofgehalten niet gerealiseerd kunnen worden. Voor het vaststellen van goede verbanden is het noodzakelijk over wortels met extreme eigenschappen en een grote mate van reproduceerbaarheid te beschikken. Tegen deze achtergrond is het noodzakelijk om ten behoeve van vervolgonderzoek een teeltsysteem te gebruiken c.q. te ontwikkelen, bijvoorbeeld op watercultuur of zandbed, waarbij de voeding beter te controleren is.

2. Samenstelling voedingsoplossing.

Aan de rol van de mineralen K en Ca in de voedingsoplossing en in de wortel tijdens het forceren is betrekkelijk weinig aandacht besteed. Een grondige studie in een nieuw project zou zich moeten richten op de mogelijkheden om, gegeven het stikstofgehalte van de wortel, door een juiste combinatie van concentratie en tijdstip van toediening van de mineralen in de voedingsoplossing, eventueel variërend over de forceerperiode, negatieve kwaliteitskenmerken van de krop te minimaliseren. In dit verband kan het wenselijk zijn ook de luchtvochtigheid of luchtbeweging als proeffactor te gebruiken.

3. Samenstelling krop en visuele kwaliteit.

In verschillende experimenten in dit onderzoek is reeds aandacht besteed aan de verbanden tussen worteleigenschappen (N-gehalte, maat) en visuele kwaliteitskenmerken van de krop (geslotenheid, vorm, pitlengte, bruine pit). Het N-gehalte van de wortel speelt een belangrijke rol in de remobilisatie van zowel stikstof als koolhydraten naar de groeiende krop, waardoor de chemische samenstelling van de krop wordt beïnvloed. Deze kropsamenstelling is ook afhankelijk van de bewaarduur van de wortel en de forceeromstandigheden. Aangezien de visuele kwaliteit van de krop sterk verschilt met het stikstofgehalte en de maat van de wortel, en met de forceeromstandigheden, is het belangrijk nader onderzoek uit te voeren naar de directe relatie tussen samenstelling en visuele kwaliteitskenmerken van de krop.

4. Rol van groeipunt en groeipunt-ontwikkeling.

Witlof is een tweejarige plant, die aan het einde van eerste seizoen een bloeistengel aanlegt. Ook de bladeren van de rozet, die als krop verschijnt, zijn bij het ingaan van de rustfase (winter) in principe al aangelegd. In hoeverre de karakteristieken van dit meristeem bepalend zijn voor de ontwikkeling van de pit en de kropvorm en daarmee verband houdende kwaliteitskenmerken is niet bekend.

Presentaties van onderzoeksresultaten.

Poster, 22 en 23-9-1989. Onderzoek naar factoren en processen die de productie en kwaliteit van witlof beïnvloeden. 10^e Tweejaarlijkse Internationale Witlofdagen, Flevohof, Biddinghuizen.

Vertregt, N. & G. van Kruistum, 1989. Redistribution of dry matter and carbohydrates in Witloof chicory during forcing. *Scientia Horticulturae* 39: 271-278.

Poster, 5 t/m 10-8-1990. Redistribution of dry matter and carbohydrates during forcing of Witloof chicory. 7th Congress of the federation of European Societies of Plant Physiology (FESPP), Umeå, Sweden.

Lezing, 15-3-1990. Redistributie van inhoudstoffen en kwaliteit van de krop bij witlof. Themadag Fysiologie en Kwaliteit van Tuinbouwprodukten. Wageningen.

Reerink, J.A., 1990. Redistributie van inhoudstoffen en kwaliteit van de krop bij witlof. Themadag Fysiologie en Kwaliteit van Tuinbouwprodukten. In: *Agrobiologische Thema's 2*, ed. H.M. Dekhuijzen en S.C. van de Geijn, CABO, Wageningen: 15-30.

Lezing, 5-10-1990. Inzicht in 'rijpheid' witlofwortel neemt toe. Jaarlijkse Landelijke Witlofmiddag, PAGV, Lelystad.

Reerink, J.A., 1990. Fysiologisch onderzoek naar oorzaak kwaliteitsproblemen. *Groenten & Fruit* 46(4): 46-47.

Poster, 20 en 21-9-1991. Effect van het eiwitgehalte van de witlofwortel op enkele visuele kwaliteitsaspecten van de krop. 11^e Tweejaarlijkse Internationale Witlofdagen (Biennale Internationale de l'Endive), Arras, France

Lezing, 20-9-1991. Effect van het eiwitgehalte van de witlofwortel op de koolhydraathuishouding tijdens forceren. 11^e Tweejaarlijkse Internationale Witlofdagen (Biennale Internationale de l'Endive), Arras, France

Poster, 8-11-1991. The effect of the root protein content on the carbohydrate metabolism during the forcing of Witloof chicory. 3rd Joint Symposium of the Belgium & Dutch Plant Physiologists, Utrecht.

Reerink, J.A., 1992. Stikstof in wortel bepaald kwaliteit lof. *Groenten & Fruit* 1: 8-10.

Lezing, 9-10-1992. Samenvatting en aanbevelingen witlofonderzoek CABO-DLO, Jaarlijkse Landelijke Witlofmiddag, PAGV, Lelystad.

Reerink, J.A., 1992. Onderzoek naar factoren en processen die de productie en kwaliteit van witlof beïnvloeden. Eindrapport project 729, verslag 170, CABO-DLO, Wageningen.