
BEWARING VAN WITLOFWORTELS

Algemeen

Het bewaren van witlofwortelen is nodig om het hele jaar rond witlof te kunnen trekken, zodat aan de vraag van de consument kan worden voldaan. De bewaring dient erop gericht te zijn de wortels in een optimale conditie en rijpheid te houden, zodat daaruit een zeer goede kwaliteit witlofkroppen kan worden geproduceerd (afbeelding 35). Voor een succesvolle bewaring van witlofwortels is behalve de juiste bewaarconditie de wortelkwaliteit van groot belang. Zo dient het product gezond te zijn en tijdens het rooien, sorteren en inschuren zo weinig mogelijk beschadigd te worden. Het gesorteerd opzetten van witlofwortelen kan leiden tot een groter percentage klasse I. De sorteerkosten worden goedge maakt door de hogere geldelijke opbrengsten van het lof. Sorteren voor opslag betekent ook minder tarra in de cel omdat onbruikbare worteldelen, bladresten en losse grond worden uitgesorteerd. Evenals bij andere gewassen geldt ook voor witlof dat de bewaarresultaten minder goed zijn, wanneer de plant overvloedig stikstof tot zijn beschikking heeft gehad of wanneer de wortel te 'rijp' is geoogst.

Bewaarverliezen

Tijdens het bewaren kunnen bacterie- en schimmelziekten naar voren komen, die met de gerooide wortels zijn meegekomen. Om de wortels tijdens de bewaring te beschermen tegen *Sclerotinia* worden deze met een gewasbeschermingsmiddel behandeld voordat de wortels de bewaring ingaan. Deze bespuitingen kunnen plaatshebben op het eind van de sorteerder of boxenvuller. Het is hierbij van groot belang, dat de hele wortel met

sputvloeistof in aanraking komt. Tijdens de vrije val vanaf de sorteerder of vulband is de toediening vaak het meest optimaal. Vochtverlies van de wortels is de belangrijkste vorm van kwaliteitsverlies. Door het onderhouden van de juiste bewaarcondities in technisch goed geoutilleerde koelruimten, is het bewaarverlies te beperken.

Bewaarcondities

Het reduceren van de bewaarverliezen begint met het creëren en onderhouden van de juiste bewaarcondities in de bewaarruimte, zoals temperatuur, luchtvochtigheid en luchtsamenstelling. Eén van de grootste oorzaken van het kwaliteitsverlies bij de bewaring is het vochtverlies van de wortels. De gewichtsverliezen die hierdoor ontstaan, kunnen worden beperkt door de wortels na het rooien binnen enkele dagen in de koeling te brengen en met het inkoelen te beginnen.

Bewaartemperatuur

Het gekoeld bewaren van wortels is een voorwaarde voor het realiseren van de jaar-rondcultuur van witlof. Voor een jaarrondcultuur zal men mede gezien de verschillen in bewaartemperaturen veelal ook over meerdere cellen dienen te beschikken.

- Voor de bewaring van enkele weken, met name bij voorkoeling van vroege wortels, is een temperatuur van 3-4°C mogelijk.
- Voor bewaring van begin november tot eind januari wordt een temperatuur van 0°C geadviseerd.
- Voor de lange bewaring tot eind september is de bewaartemperatuur -0,5 à -1°C. Deze producttemperatuur dient uiterlijk in de periode half december tot begin januari te worden bereikt.

De temperatuur van de cellucht en van een aantal palletkisten dient met geijkte thermometers regelmatig te worden gecontroleerd. Vooral in bewaarcellen waar actieve partijen, zoals stikstofrijke wortels, naast minder actieve partijen staan, wordt nogal eens de grens van de mogelijke bewaar temperatuur opgezocht. Celluchttemperaturen nabij de -2°C komen in de buurt van de schadegrens.

Relatieve luchtvochtigheid

Hoe hoger de relatieve luchtvochtigheid (RV) hoe lager het vochtverlies. De relatieve luchtvochtigheid moet hoger zijn dan 95%. De RV hangt onder andere af van de belading van de cel, de producttemperatuur, de isolatiedikte, de koeltijd en het koelsysteem. Om extra uitdroging te voorkomen, wordt bij voorkeur bevochtigd met hogedruk-vernevelingsapparatuur die automatisch na een koelactie kan worden ingeschakeld. Vooral bij langdurige bewaring onder het vriespunt is het noodzakelijk om het product regelmatig te bevochtigen (afbeelding 36).

CO₂-productie

Witlofwortels produceren per ton per dag zelfs bij 0°C vrij veel koolzuurgas: circa 250-500 liter. In zeer dichte koelcellen zoals panelencellen en met PUR-schuim nageïsoleerde cellen kan het koolzuurgas zich ophopen. De maximale concentratie mag niet hoger worden dan 2% CO₂; hogere concentraties moeten worden vermeden en zijn ook voor de mens gevaarlijk. Voldoende luchtverversing is dan noodzakelijk. Tijdens het inkoelen van de wortelen kan de celdeur iets open blijven staan. De wortelen zelf blijken geen directe hinder te hebben van een CO₂-concentratie van 2% in de cellucht. Boven 4 à 5% CO₂ wordt de ontwikkeling van de spruit tijdens de bewaring enigszins geremd, terwijl bij het forceren van deze wortels een productie- en kwaliteitsvermindering optreedt. Ook neemt

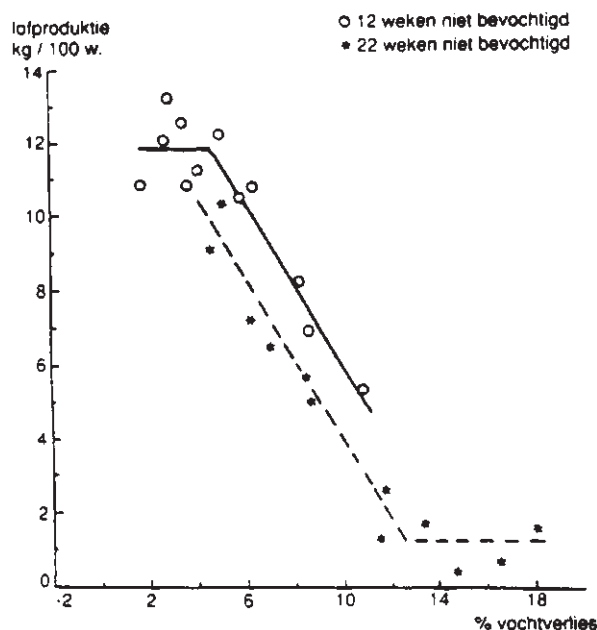
de kans op het vormen van zijspruiten toe. In het algemeen zal het CO₂-gehalte van de lucht in de cel echter niet boven de 1 à 2% stijgen, omdat meestal voldoende lekken aanwezig zijn. In luchtdichte cellen moet een voorziening voor luchtverversing worden aangebracht met de mogelijkheid de celinhoud dagelijks een aantal keren te verversen. Een luchtverversing van circa 1 m³ lucht per uur per ton wortelen is voldoende om de concentratie CO₂ beneden de grens van 2% te houden.

Etheen

Etheen (voorheen met ethyleen aangeduid) met de scheikundige formule C₂H₄, is een gasvormig plantenhormoon. Het gas is zowel kleur- als reukloos. Gezonde witlofwortels produceren van nature zeer weinig etheen. Fruit produceert van nature veel etheen, ook in de verbrandingsgassen van heftrucks en dergelijke komt veel etheen voor. Voorkom dat tijdens de bewaring de witlofwortels met etheen in aanraking komen door deze niet in de buurt van fruit op te slaan. Recent Frans onderzoek wijst uit dat verbrandingsgassen van bijvoorbeeld heftrucks ernstige schade in de trekcel kunnen veroorzaken. Reeds bij kleine hoeveelheden lopen de productie en kwaliteit van het lof sterk terug.

Vochtverlies

Witlofwortels zijn zeer gevoelig voor indrogen. Tot een vochtverlies van circa 4% zijn er nog geen nadelige effecten te verwachten. Daarboven neemt de lofproductie lineair af met 1 kg per 100 opgezette wortels per procent vochtverlies (figuur 11). Dit betekent dat de lofproductie per hectare opgezette wortels dan met tenminste 1300 kg per procent vochtverlies afneemt. Boven een vochtverlies van circa 14% is de lofproductie tot een minimaal niveau teruggezaakt. Het is mogelijk om witlofwortels aan het einde van de bewa-



Figuur 11. Verband tussen lofproductie in kg per 100 opgezette wortels en het percentage vochtverlies na 12 en 22 weken bewaring en 1½ dag herbevochtigen. PAGV, 1990.

ring gedeeltelijk te herbevochtigen waardoor een deel van de te verwachten productievermindering te niet kan worden gedaan. Het zoveel mogelijk beperken van vochtverliezen heeft echter de voorkeur. Tijdens het inkoelen van de wortels is het vochtverlies al snel 1 à 3%. De mate van uitdrogen hangt sterk af van de inkoeltijd. Met bevochtigen zal dan ook reeds tijdens het inkoelen moeten worden begonnen. Het streven is om de vochtverliezen, inclusief eventuele herbevochtiging na langdurige bewaring, te beperken tot maximaal circa 4%.

Koolstofverlies

Behalve het vochtverlies speelt ook het koolstofverlies een rol. Tijdens bewaring gaat de ademhaling van witlofwortels ook gewoon door en worden er suikers verbrand. Dit betekent dat de gewichtsafname van witlofwortels niet volledig te wijten is aan indroging! Het koolstofverlies is afhankelijk van de bewaarduur en de bewaartemperatuur en kan

met een formule worden berekend. Uitgaande van een warmteproductie van 100 Watt per ton wortels bij een opslagtemperatuur van 0 tot +1°C, bedraagt het koolstofverlies circa 0,6% per maand. Wanneer witlofwortels bij -1°C worden bewaard, loopt de warmteproductie met meer dan de helft terug tot circa 42 Watt per ton. Uiteraard betekent dit dat ook het koolstofverlies wordt gereduceerd tot maximaal 0,3% per maand.

Acceptabel gewichtsverlies

Bij een bewaarduur van zes maanden, waarvan de eerste twee maanden gemiddeld bij 0 tot +1°C vanwege de inkoelperiode, treedt een gewichtsverlies op van 2,4% ($2 \times 0,6 + 4 \times 0,3$) als gevolg van suikerverbranding. Uitgaande van een maximaal toegelaten vochtverlies van 4%, mag de *gewichtsafname* van de (schone) wortel dus 6 à 7% bedragen zonder dat het productievermogen in het gedrang komt. Na 10 maanden bewaring is de acceptabele gewichtsafname 7 à 8%. Wel

moet natuurlijk rekening worden gehouden met een afname van de productie als gevolg van de normale veroudering van de wortel tijdens de opslagperiode.

Vochtverlies beperken

Tijdens de bewaring is het vochtverlies te beperken door:

- Te zorgen voor een optimaal gevulde cel.
- De wortelen na het rooien binnen enkele dagen in de koelcel brengen en met het inkoelen te starten.
- De uitslagtijd van elke koelcel te beperken tot maximaal zes weken.
- Een kwalitatief goede koelinstallatie, waarbij het temperatuursverschil tussen de cellucht en de verdampertemperatuur kleiner moet zijn dan 6°C.
- Het beperken van het aantal koeluren. Dit is mogelijk door de verdampers optimaal te belasten tijdens een koelactie en door goede isolatie van de cel.
- Het beperken van het aantal schakelingen van de verdamper(s). Dit is mogelijk door het temperatuurverschil tussen het in- en uitschakelen van de verdamper(s) tussen 0,5 tot 2°C in te stellen. Dit betekent dat de celluchttemperatuur 1 à 2 graden lager wordt. Het product zelf zal slechts tienden van graden in temperatuur fluctueren. Uiteraard is het meten van de producttemperatuur hier een voorwaarde. De wortels mogen niet beneden de -1,5°C komen.
- Voldoende dikke isolatie.
- Het vooraf bevochtigen van het houten fust en de betonnen celvloer; het vochtverlies kan hierdoor afnemen met maximaal 0,6%.
- Het product in kisten na het inkoelen aan de bovenzijde met geperforeerde folie af te dekken.
- Onnodig openen van de celdeur(en).

Bevochtigen van de wortels

Het bevochtigen van de wortels kan met verschillende systemen worden uitgevoerd, zoals bevochtigen door middel van een vaste leiding met sproeidoppen boven het product of met behulp van watervernevelaars. Hoge druk-verneveling heeft de voorkeur. Bij een producttemperatuur van -1°C wordt door het toevoeren van water een ijslaagje op de wortels gevormd. De moeilijkheid is juist zoveel water toe te voeren dat dit ijslaagje in stand blijft. Te veel water doet het ijslaagje weer smelten. Bevochtiging vindt bij voorkeur plaats na een koelactie. Op dat moment is de relatieve luchtvochtigheid het laagst. Bij bewaring onder het vriespunt is bevochtiging na elke koelactie niet nodig omdat het gevormde ijslaagje op de wortels een buffer vormt. Regelmatige controle op ontvochtiging en zondig bijsturen is van groot belang. Per maand verliezen wortels in een koelcel circa 0,5% vocht. Dit betekent per 100 ton wortels een verlies van 16 liter vocht per dag. Deze hoeveelheid zal dus dagelijks moeten worden ingebracht.

Tussentijds worden de wortels ook wel gedompeld in water of in een calciumchloride-oplossing, waardoor de wortels weer voor een deel vocht opnemen. Ook na langdurige bewaring onder het vriespunt kan herbevochtiging optreden omdat tijdens het ontdooien vocht vrijkomt en ook kan worden toegevoegd.

Bewaarmethoden

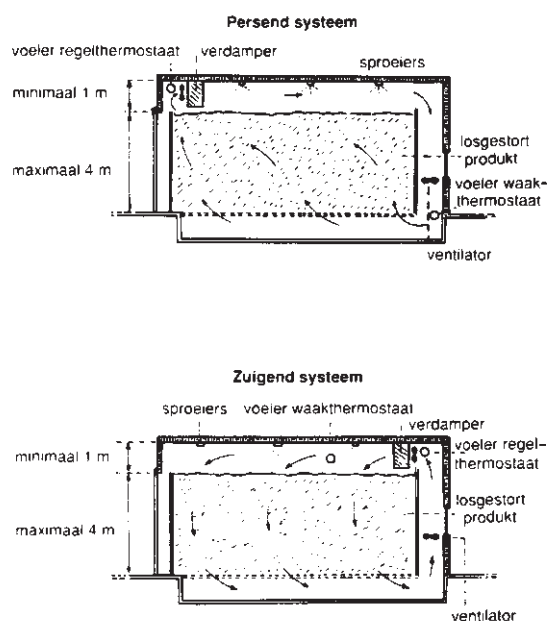
Losgestort in mechanisch gekoelde cellen

Een bewaarplaats voor losgestort product moet voldoen aan een aantal voorwaarden zoals:

- De koelcel moet zijn voorzien van een roostervloer of van kanalen.
- De maximale storthoogte is 4 meter.
- De wanden dienen drukvast te zijn. Bij 4 meter storthoogte is de zijwaartse druk 1200 kg per m².
- De hoogte van de cel is minimaal 5 bij 4 meter storthoogte.
- Per hectare opbrengst van 30 ton wortels bij 4 meter storthoogte moet in de koelcel een vloeroppervlak van circa 15 m² beschikbaar zijn.
- Dezelfde isolatie aanbrengen als bij gekoelde bewaring in palletkisten (zie onder Isolatie).
- Een dampdichte aluminium cachering aan beide zijden van de isolatie is noodzakelijk.
- De ventilatorcapaciteit is minimaal 50 m³ lucht per uur per m³ product bij een tegendruk van 150-200 Pa.
- De oppervlakte van inlaatopening voor de ventilator moet 0,6 cm² per m³ aan te voeren lucht per uur zijn. Plaats de ventilator op enige afstand van de eerste luchtopeningen. Voor de af te voeren lucht, via openingen in het plafond of zijwanden, is de gewenste oppervlakte 0,7 cm² per m³ lucht per uur. De lichtsnelheid in het luchtkanaal mag maximaal 6 meter per seconde bedragen.
- Voor een gelijkmatige luchtverdeling in de hoop is de afstand tussen de luchtkanalen in de vloer 1,20 meter, waarbij de afstand van elke wortel op de vloer tot een hoofd- of zijkanaal niet groter mag zijn dan 0,60 cm.

Voor losgestorte bewaring is een producttemperatuur van -1°C niet optimaal haalbaar vanwege de temperatuursverschillen boven en onderin de hoop. De verdamper wordt veelal aan het plafond bevestigd, zodat de koeling van de lucht boven het product plaatsvindt. Met behulp van een aparte productventilator wordt deze lucht dan onder andere via kanalen of een roostervloer door het product ge-

perst of gezogen. De meeste oudere bewaar-systemen zijn uitgerust met een 'persend' systeem. Hierbij wordt de lucht via een kanalsysteem van onder af door de partij geblazen. Doorgaans worden daarmee goede resultaten verkregen, behalve echter boven de kanalen en roosters. De wortels drogen vooral bij een lange opslagperiode daar te veel uit. Het is niet mogelijk om die wortels boven de roosters en kanalen te bevochtigen. Een zuigend systeem heeft daarom de voorkeur (figuur 12). Bij dit systeem drogen de bovenste wortels eerder uit. Van boven kan men dit zien en waar nodig bevochtigen. Uitval kan zo tot een minimum worden beperkt. De hoogste producttemperaturen komen onder in de partij voor. Temperatuurscontrole onder in de partij is daarom noodzakelijk.



Figuur 12. Persend en zuigend systeem bij losgestorte, mechanisch gekoelde opslag van witlofwortels.



Foto 1
De watercultuur van witlof in trekbakken is de nu gangbare productiemethode.

Foto 2
Vanaf begin 1900 werd het forceren steeds meer toegepast.



Foto 3
Bloeiende witlofplant.

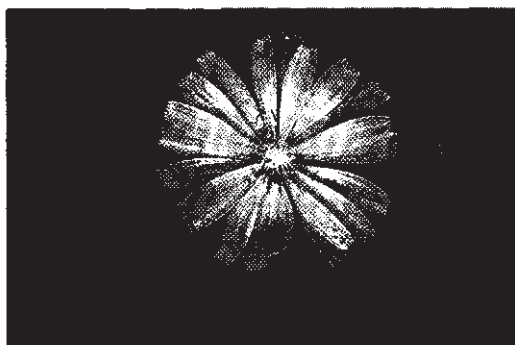




Foto 4
Verpakking van
witlof in 5 kg. dozen
voor export.



Foto 6
Opbouw van 50 cm ruggen met een
ruggenfrees.

Foto 5
Een aantrekkelijke receptuur voor de berei-
ding van witlof kan de consumptie stimule-
ren.





Foto 7 Bemesting met N op het veld is hier goed zichtbaar.



Foto 8 Een hoog K-gehalte van de wortel geeft ruwere kropblaadjes.



Foto 9
Zaai van witlof
in goed bezakte
ruggen met de
Vicon Mini-air
Super zaaima-
chine.



Foto 10
Vulling zaai-element met gecoat precisie-
zaad.



Foto 11
Een onregelmatige veldopkomst van witlof is
nadelig voor de wortelsortering en afrijping.

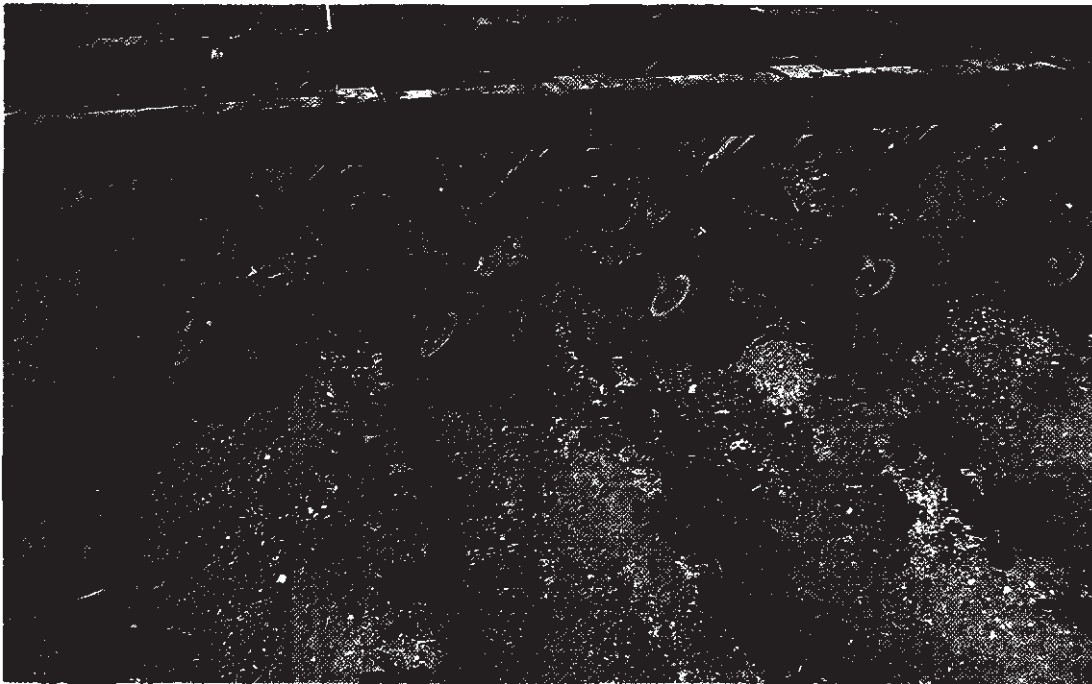


Foto 12 Mechanische onkruidbestrijding met de Steketee hoekschoffel.

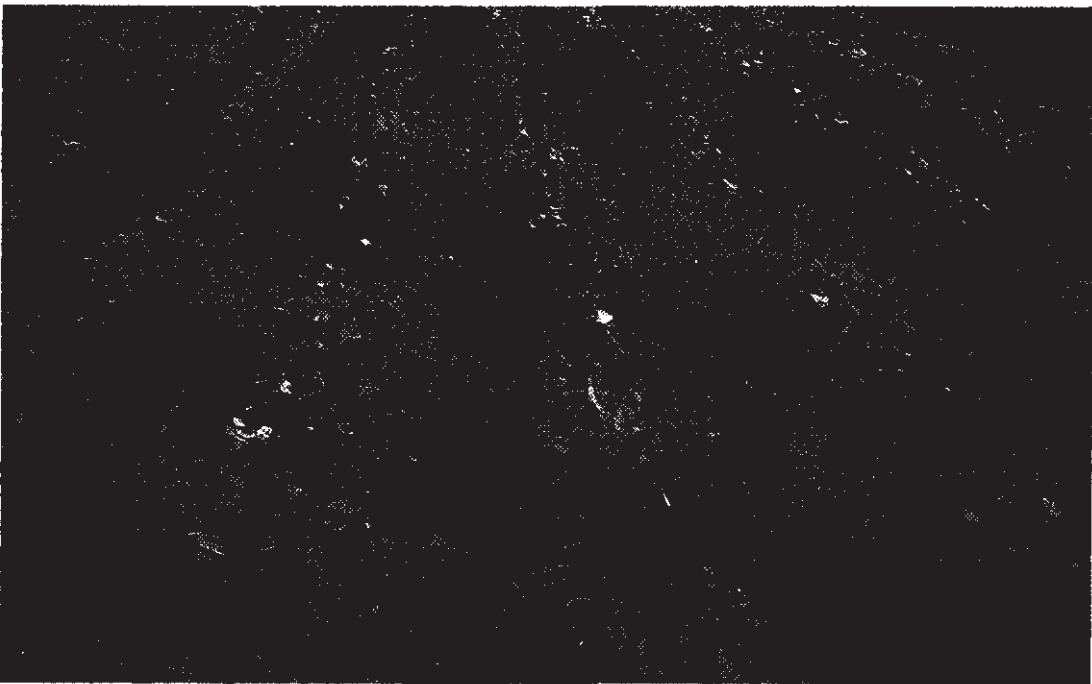


Foto 13 De chemische onkruidbestrijding van kruiskruid is vaak nog problematisch.

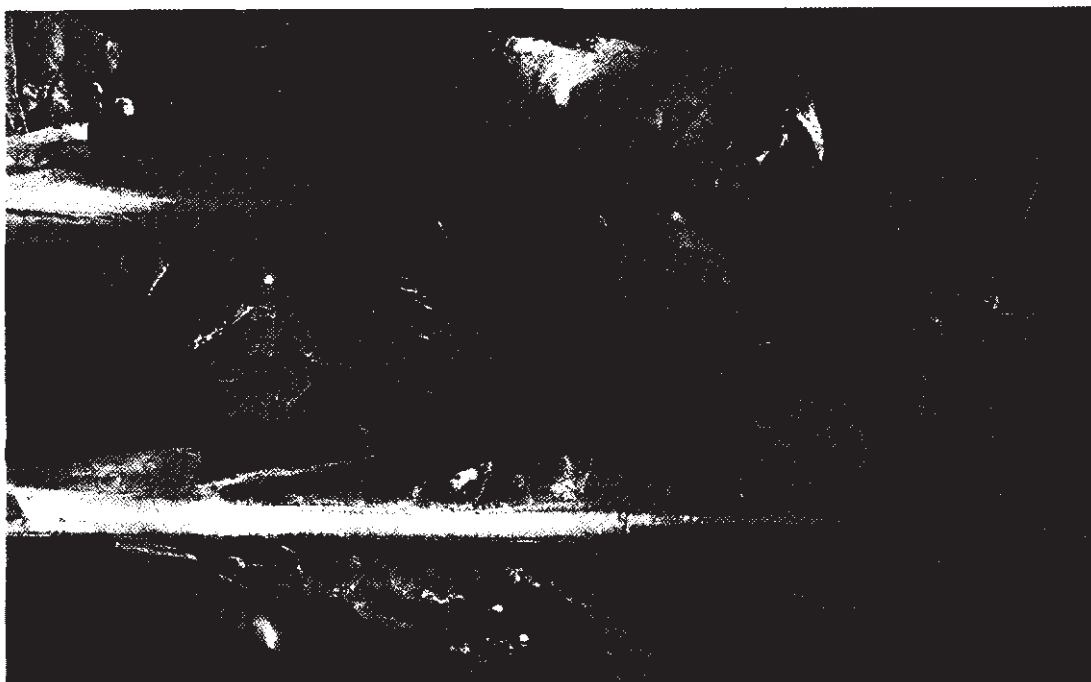


Foto 14 Ronde bruine vlekken op het blad veroorzaakt door *Alternaria dauci*.

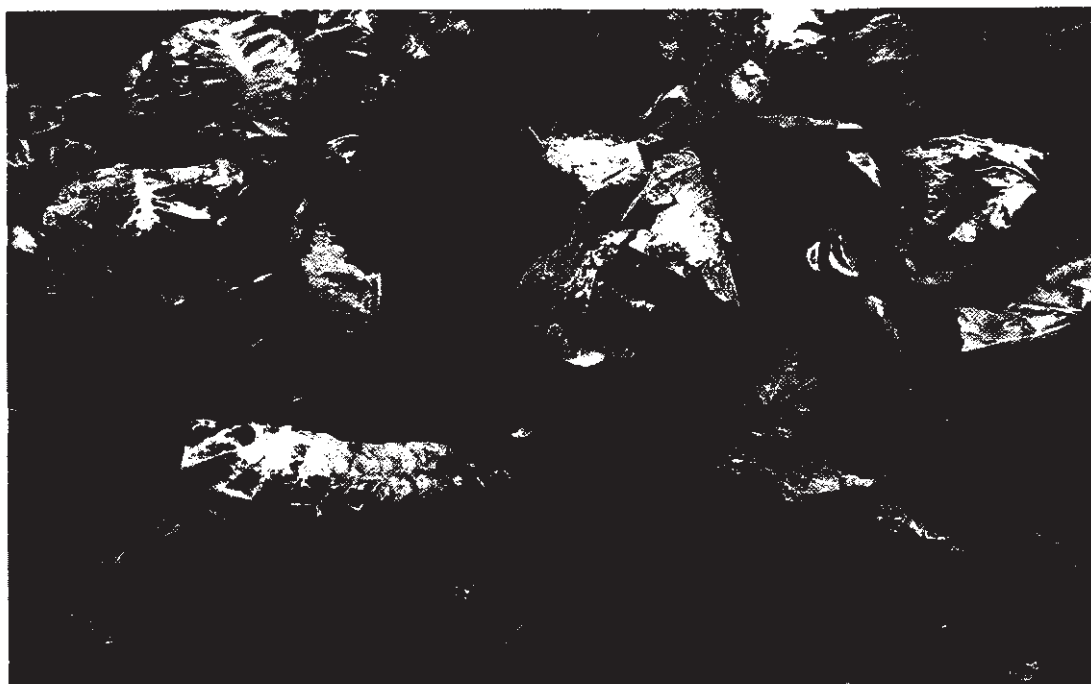


Foto 15 Aantasting door meeldauw (*Erysiphe cruciferarum*).

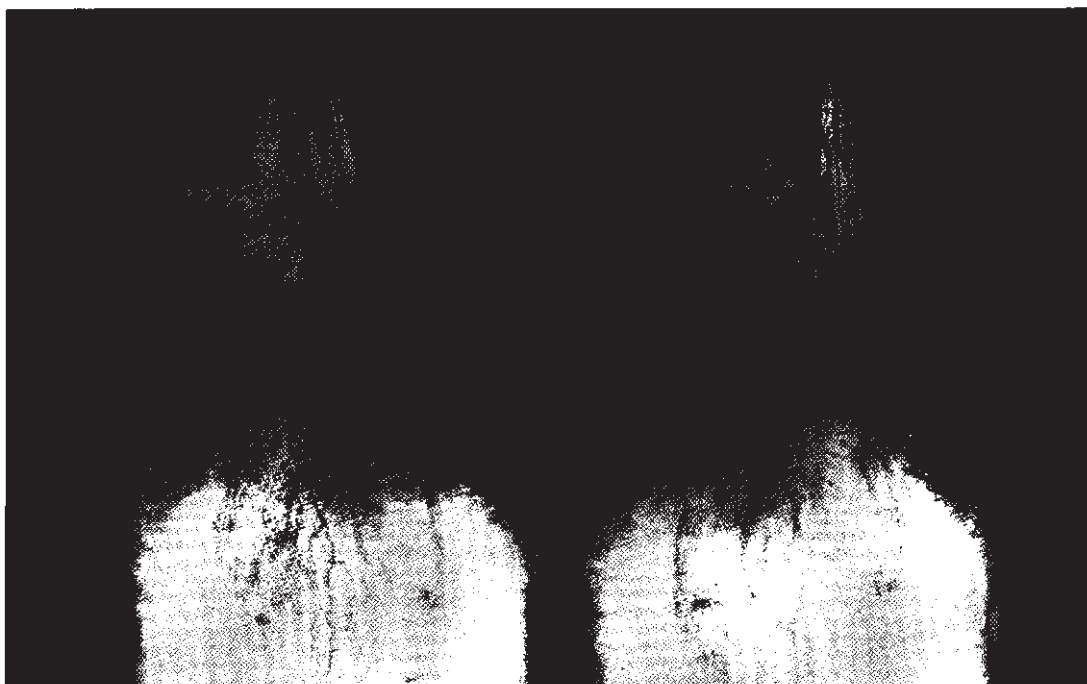


Foto 16 Zwartbruine verkleuring van het wortelweefsel door *Phoma exigua*.



Foto 17 *Phytophthora cryptogea* infecteert de pen meestal via de wortelpunten.



Foto 18
Pythium mastophorum kan de nieuw
 gevormde zijwortels flink aantasten.

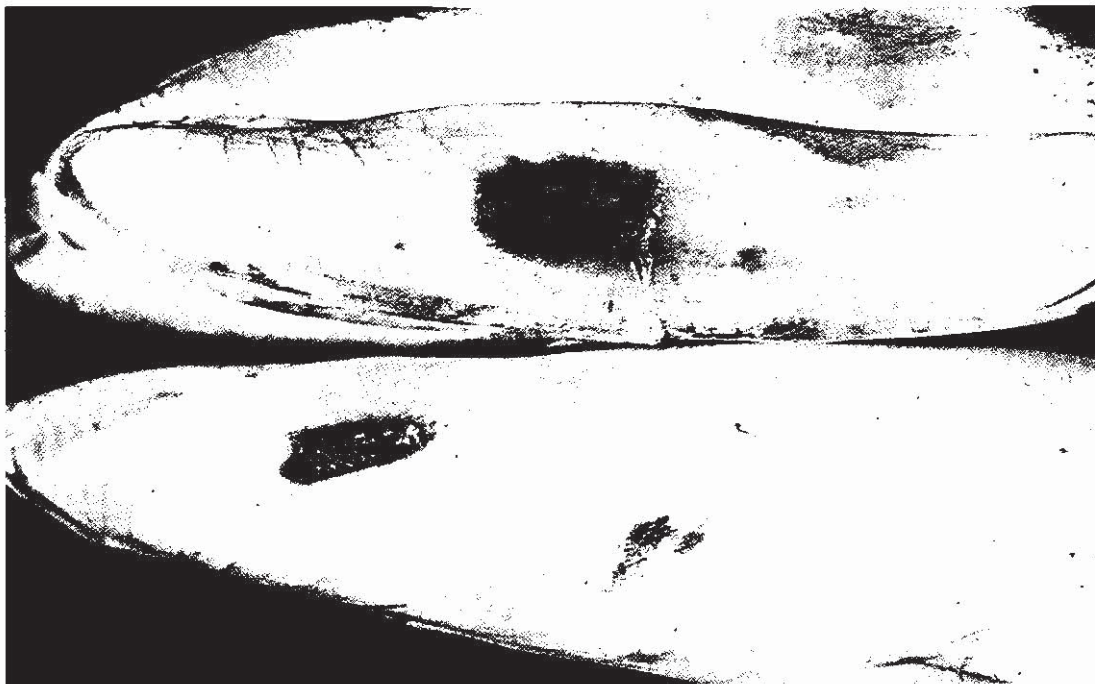


Foto 19 *Rhizoctonia solani* kan ook de krop aantasten.



Foto 20 Aantasting van witlof in de trekbak door *Sclerotinia sclerotiorum*.



Foto 21 Violet wortelrot op de pen.



Foto 22
Bladvuuraantasting door de bacterie
Pseudomonas marginalis.

Foto 23
Aantasting in de trekbak door de natrotbac-
terie *Erwinia caratovora*.

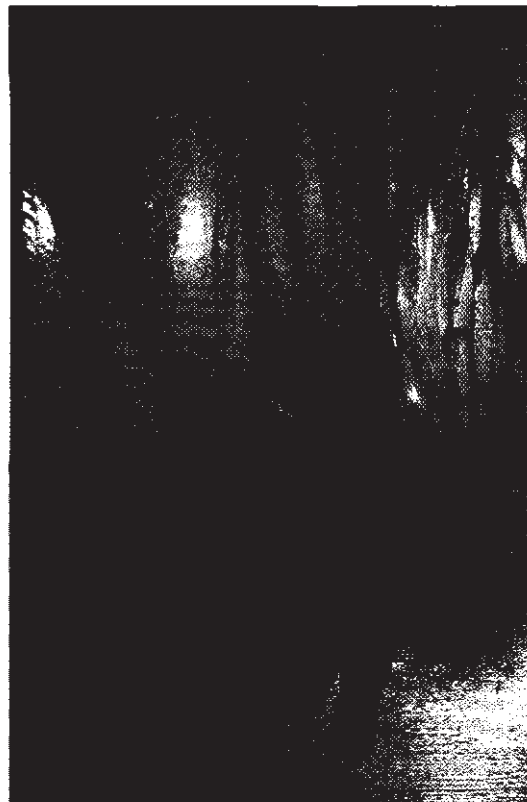


Foto 24
Mergrot of kernrot veroorzaakt door de bacterie *Erwinia chrysanthemi*.



Foto 25 De larven van het gamma-uiltje veroorzaken vraatschade en vervuiling.

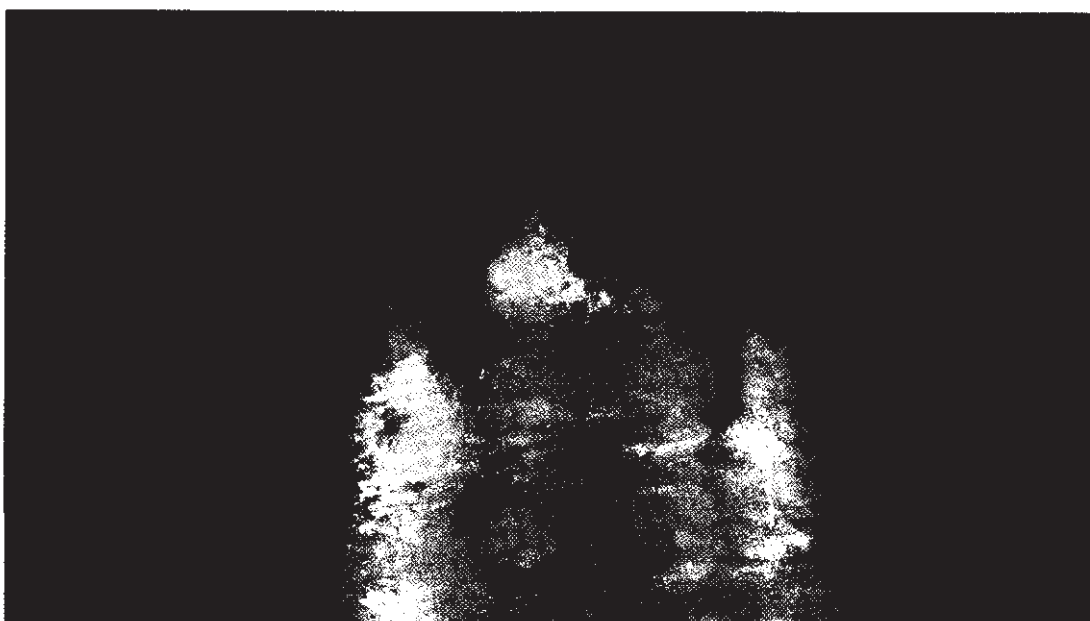


Foto 26 Bevriezingsschade van de witlofwortel.



Foto 27
Symptomen van bruine pit en appelpit bij
doorsnijden van de krop.

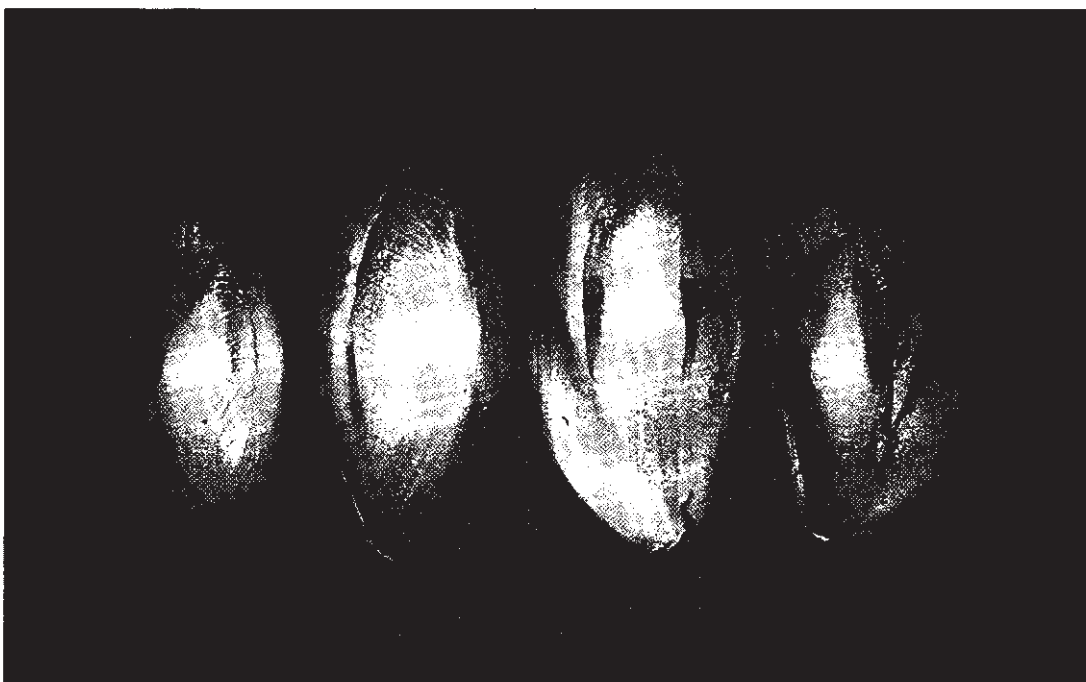


Foto 28 Bruinrand in verschillende stadia.



Foto 29 Groeistofschade wordt vooral zichtbaar in het hart van de plant.



Foto 30
Symptomen van lage
temperatuurbederf na
het afpellen van de
buitenste bladeren.

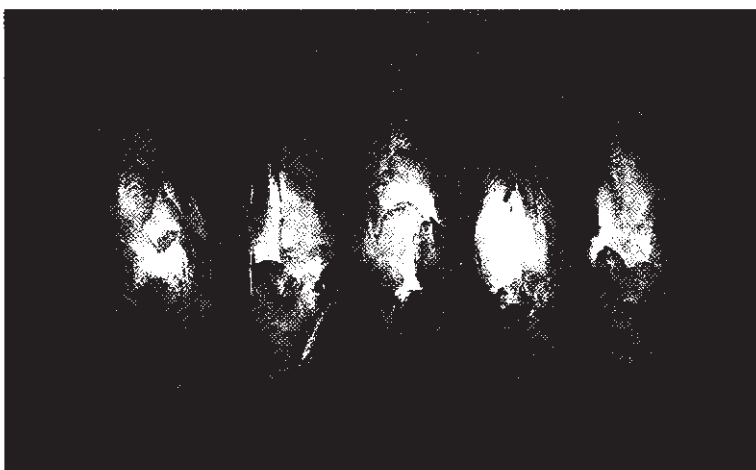


Foto 31
'Point noir' kan door
dompelen in calci-
umchloride worden
teruggedrongen.

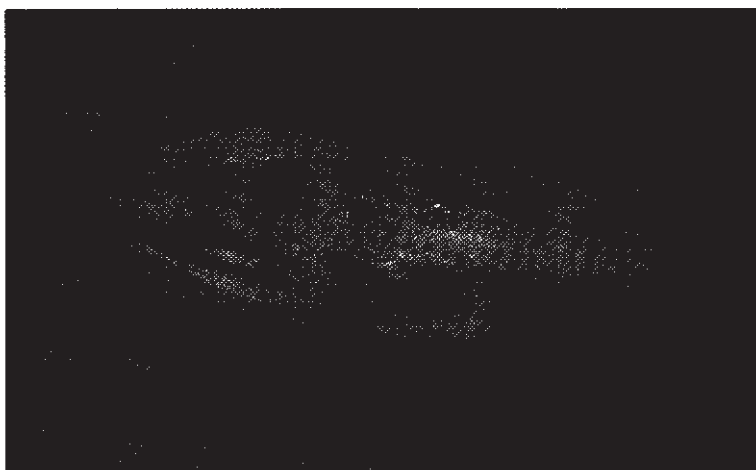


Foto 32
Inwendig rood is een
veelvoorkomende
fysiologische afwijking.

Foto 33
Tarra-verwijdering en
het sorteren van
witlofwortels waarbij
de palletkisten worden
aangetrild.



Foto 34
Detail rollensorteermachine voor witlofwortels.

Foto 35
Bewaring van witlofwortels in 2m³ pallet-kisten.



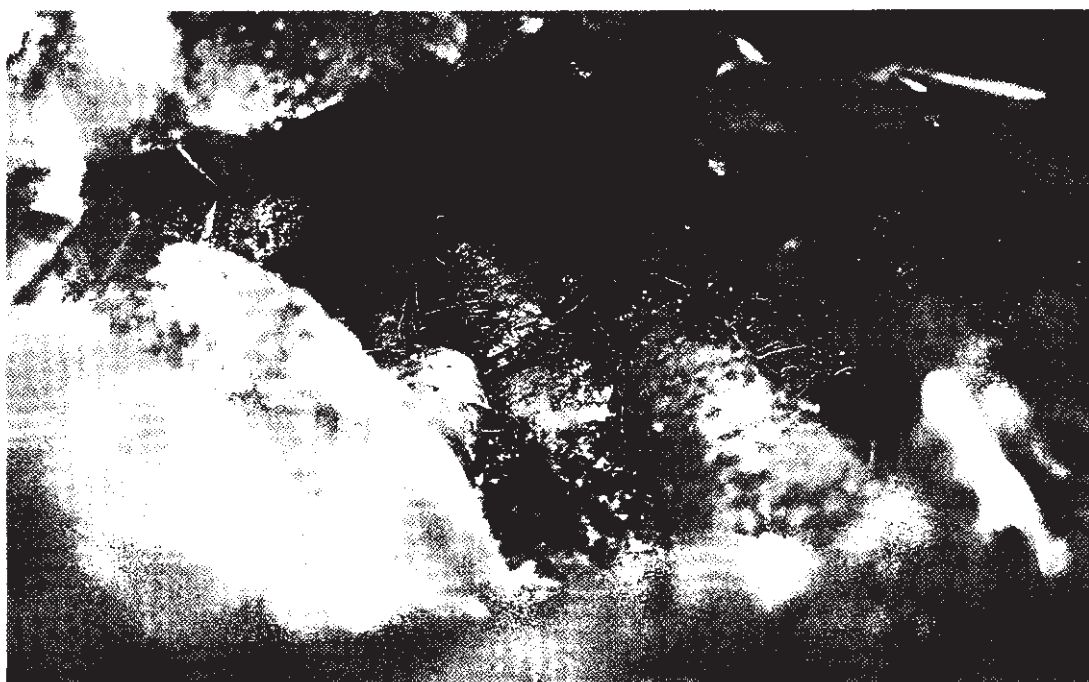


Foto 36 Regelmatige bevochtiging is noodzaak bij een langdurige bewaring bij -1°C .

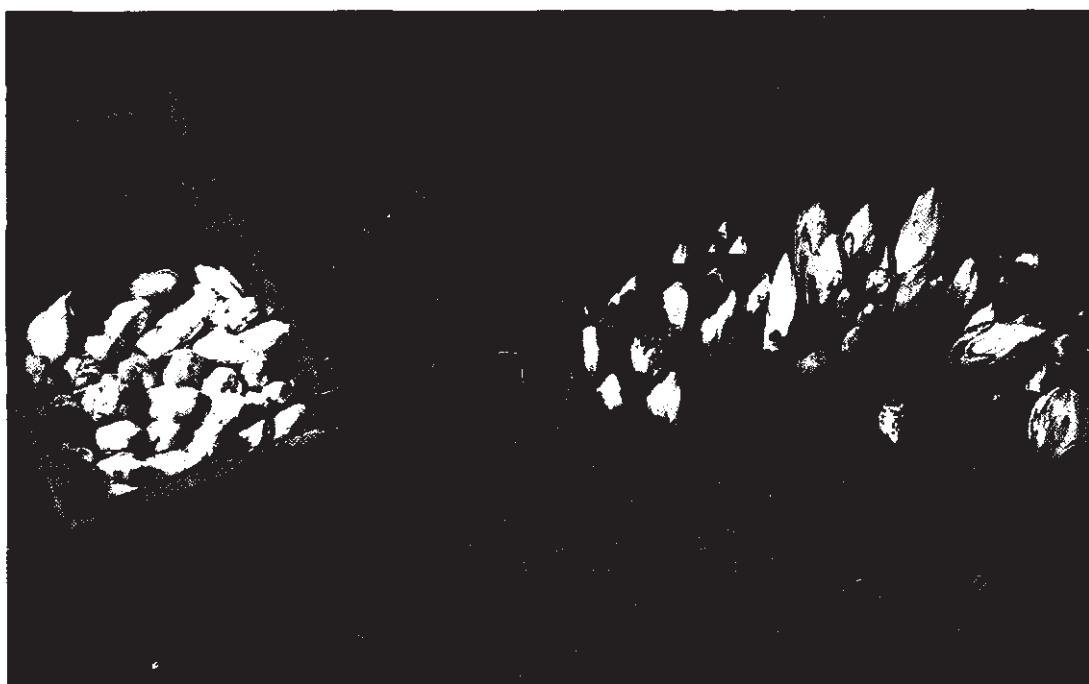


Foto 37 De traditionele trek met dekgrond komt in Nederland nog maar sporadisch voor.



Foto 38
Proefinstallatie voor zuivering van afval-
water met Ultraviolet licht en een organisch
zuur.



Foto 39
Stapel trekbakken met zakslurven langs de
wand voor klimaatbeheersing.

Foto 40
De bassinruimte is ruim en overzichtelijk.

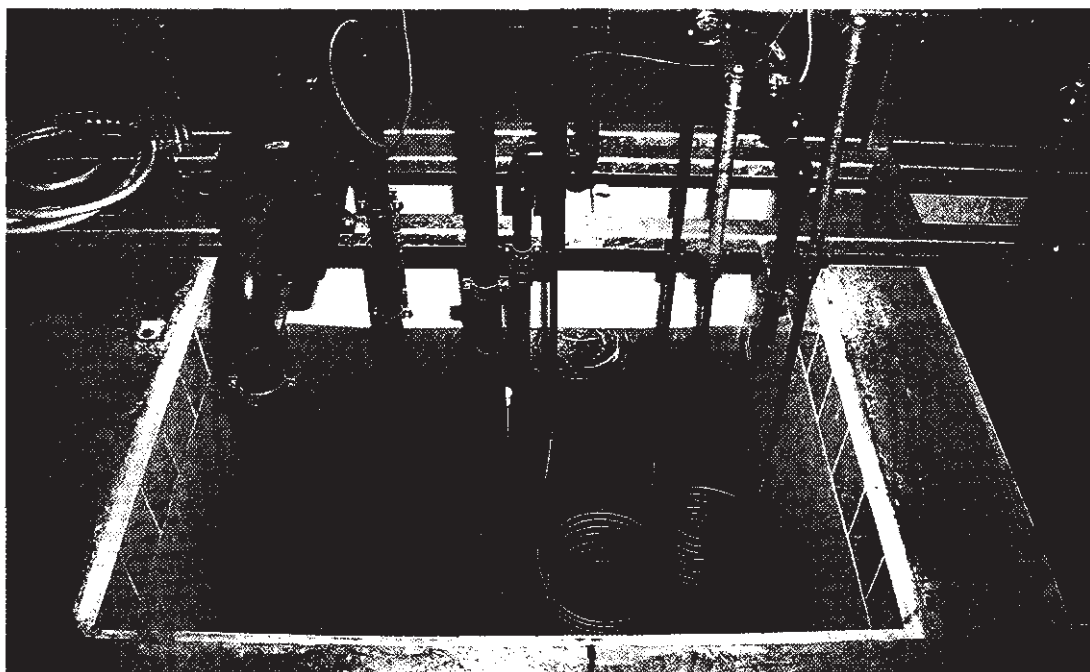


Foto 41
Detail bassin met koel- en verwarmingsspiraal.



Foto 43
Bevochtiging in de trekcel door hoge druk verneveling.

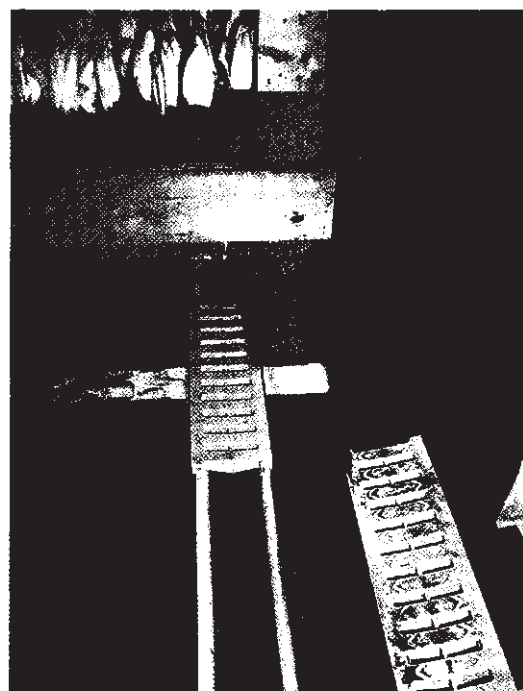


Foto 42
Open afvoeren naar de bassins zijn gemakkelijk te reinigen.

Foto 45
Werkopstelling
Deboffles oogstlijn met
twee afsnijmachines.



Foto 44
Opzetten van witlofwortels met de opzetlijn
van Deboffles.



Foto 46 Detail afsnijmachine Deboffles.



Foto 47 Naschonen en verpakken van witlof.



Foto 48 Werkopstelling oogstlijn Van den Berg.

Foto 49 Ontstapelen trekbakken.



Foto 50 Inhangen wortels met kroppen in afsnijmachine Van den Berg.

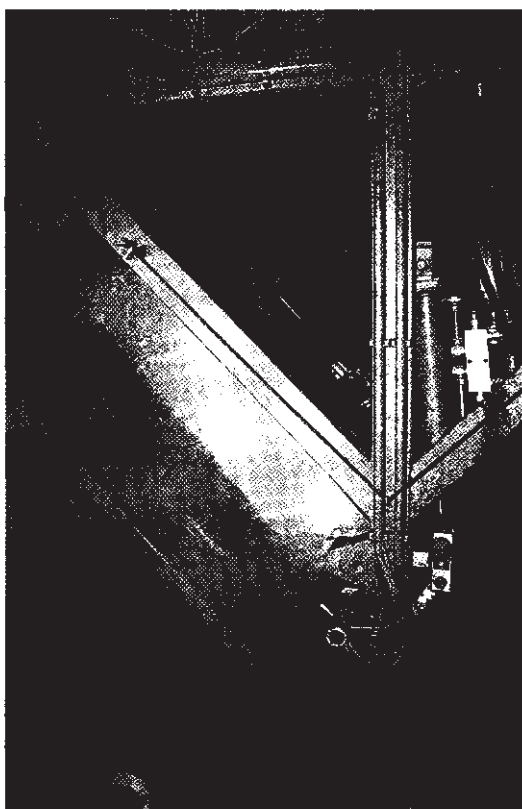


Foto 51 Automatisch wassen en reinigen van de trekbakken na de oogst.

Foto 52 Trek van witlof op stellingen.



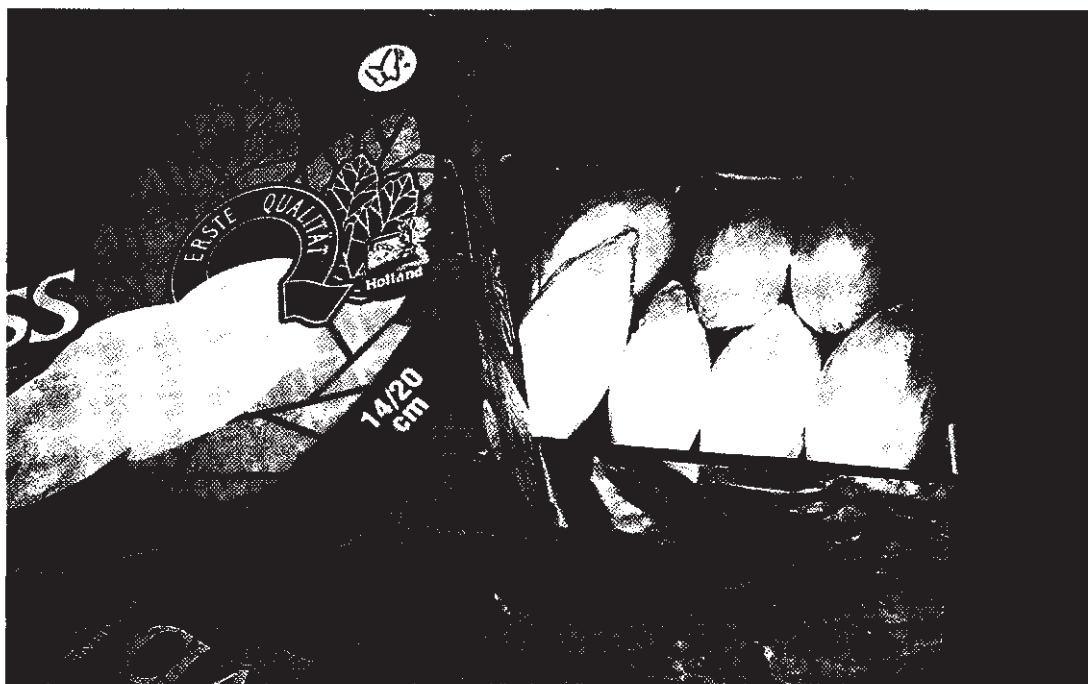


Foto 53 Eénmalige verpakking van witlof klasse I in 5 kg dozen.

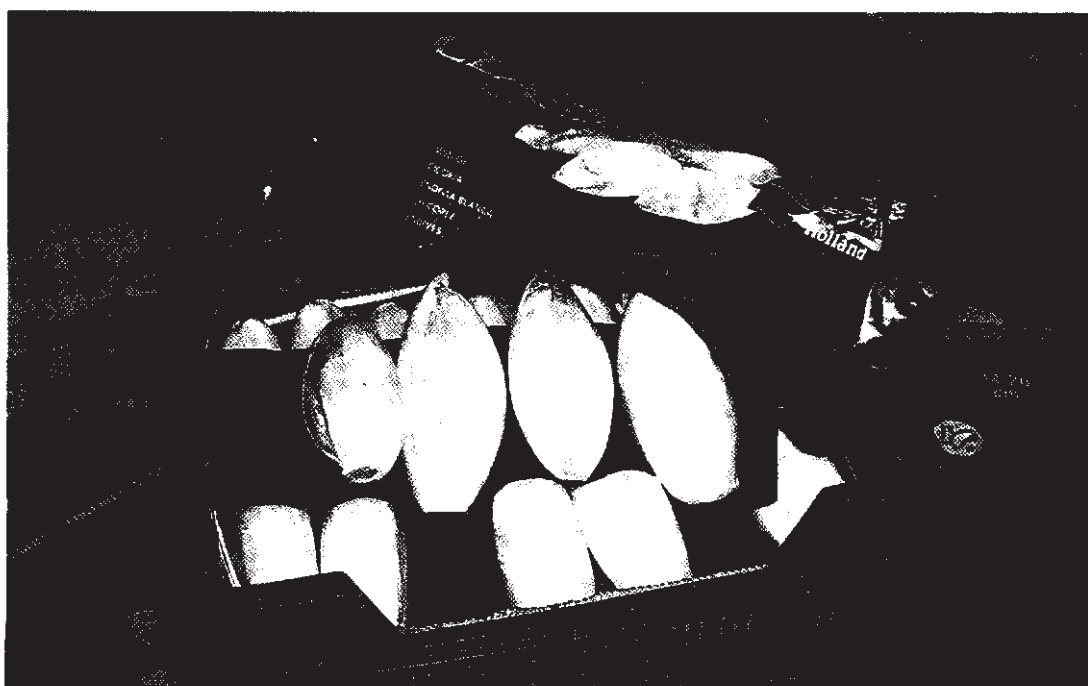


Foto 54 Verpakking van witlof klasse I in 5 kg poolfust.



Foto 55 Teelt van roodlof op het veld.



Foto 56 Roodlof, cv. Roelof.

Bewaring in palletkisten in koelcellen

De meeste witlofwortels worden momenteel in palletkisten opgeslagen. Deze hebben een netto inhoud van 2 m³. De uitwendige afmetingen zijn 160 x 120 x 125 cm (l x b x h inclusief pallet). De palletkisten moeten voldoende spleten van circa 20 mm breed hebben. Dit spleetoppervlak bedraagt minimaal 5%. Deze spleten moeten zowel in de bodem als wanden zijn aangebracht. In verband met een goede temperatuursbeheersing in het hart van de kist moeten de wortels vooraf worden gereinigd. Bij de bepaling van de celinhoud kan de volgende norm gebruikt worden. Bij een bruto opbrengst van 35 ton per ha en 1100 kg wortels per palletkist van 2 m³ zijn 32 kisten per ha nodig. Bewaring in palletkisten heeft de volgende voordelen ten opzichte van losgestorte bewaring:

- Er kan worden volstaan met een dichte vlakke vloer.
- De wanden hoeven niet drukvast te worden uitgevoerd.
- Mogelijkheid van opslaan van voorgesorteerde wortels.
- Rassen en wortelherkomsten kunnen eenvoudig apart worden bewaard.
- Al naar behoefte kunnen kisten uitgereden worden voor de witloftrek. Bij op -1°C bewaarde losgestorte wortelen is dit niet mogelijk.

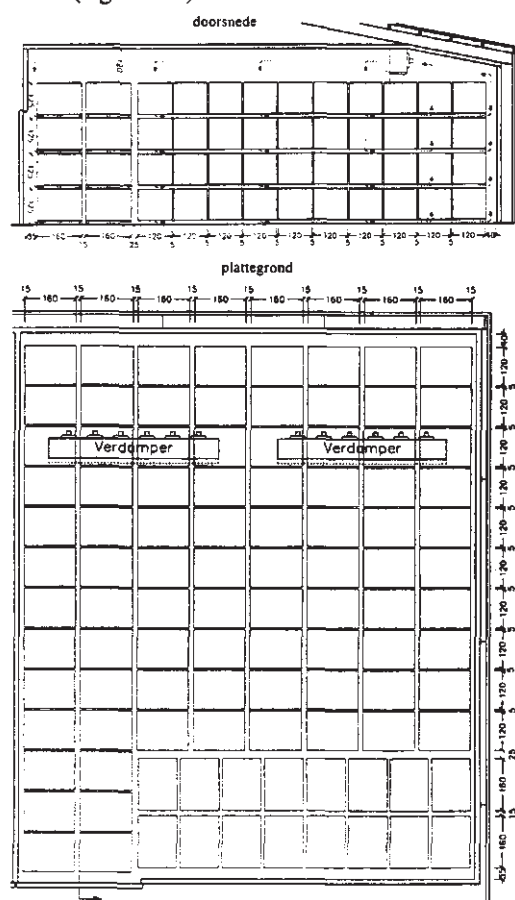
De nadelen zijn:

- Aanschaffkosten van palletkasten.
- Circa 30% meer koelruimte nodig ten opzichte van losgestorte bewaring. Deze extra koelruimte kan worden gevonden door het plafond te verhogen.
- Stapeling moet secuur worden uitgevoerd.

Stapelpatroon kisten

Afhankelijk van de plafondhoogte, de kistconstructie en de mogelijkheden van de hef-

truck kunnen de kisten tot vijf hoog worden gestapeld. Teneinde een goede luchtcirculatie mogelijk te maken, moet langs de wanden een vrije ruimte van 15 cm worden aangehouden. Ook tussen de rijen kisten moet een bepaalde luchtbeweging mogelijk zijn. Voor deze zogenaamde langstroomkoeling dient er in de richting van de uitstroamlucht van de luchtcoeler 15 cm ruimte tussen de rijen palletkisten te worden aangehouden, haaks daarop 5 cm (figuur 13).



Figuur 13. Plaatsing van palletkisten in de koelcel bij een kistmaat van 160 x 120 x 125 cm.

De ruimte tussen de wand en het product aan de luchtkoelerzijde en de ruimte tussen tegenoverliggende zijde en het product moet 40 cm bedragen. De ruimte tussen plafond en

bovenzijde van het product wordt door de totale hoogte van de luchtkoeler bepaald. Hierbij moet rekening worden gehouden met een extra ruimte onder de koeler in verband met manoeuvreerruimte tijdens het stapelen. Bij voorkeur worden de luchtkoelers tegenover de deur direct tegen het plafond aangebracht. Hiermee wordt bereikt dat het eerst ingebrachte product onder de koelers wordt geplaatst en daardoor sneller afkoelt. Bij het uitrijden van de kisten ervoor zorgen dat de kisten gelijkmatig over de breedte van de cel worden weggehaald. Hiermee wordt voorkomen dat er 'gaten' in de productstapeling vallen. De luchtcirculatie en daarmee de producttemperatuur kan dan plaatselijk niet meer aan de gestelde eisen voldoen. Vaak moeten de laatste twee rijen 'verkeerd om' in de cel worden geplaatst. Hierbij moet erop worden gelet dat deze rijen de luchtstroom in de rest van de cel niet blokkeren.

Aantal koelcellen

Het aantal koelcellen per bedrijf is afhankelijk van de lengte van de trekperiode. Bij jaarrondteelt gaat de voorkeur uit naar meerdere cellen. Argumenten voor meer cellen zijn:

- verschillende bewaarregimes;
- betrouwbaarder conditionering van de wortels en gespreid risico bij technische storingen;
- bij uitslag zijn de cellen eerder leeg, waardoor kwaliteitsvermindering door onder andere vochtverlies wordt beperkt.

Globaal wordt de vuistregel gehanteerd dat de koelcel een optimale grootte heeft wanneer deze in maximaal zes weken wordt geleeft.

Isolatie

Koelcellen moeten worden geïsoleerd. Gedurende de winter is dit nodig om vorstschade te voorkomen. Bij hogere buitentemperaturen

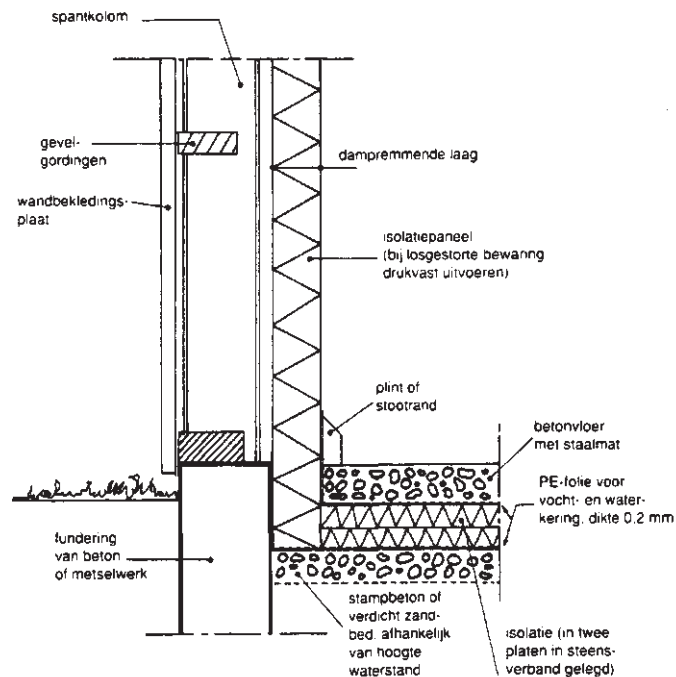
voorkomt isolatie een te grote warmte-instraling. Bij het toepassen van mechanische koeling zullen daarom aan de isolatie van wanden, plafonds, dakvlakken en vloer hoge eisen moeten worden gesteld om de instraling zo laag mogelijk te houden en daardoor het aantal koel-uren te beperken. Ook zullen deuren van de gekoelde ruimtes goed moeten sluiten. Naden en kieren mogen hierbij niet voorkomen. Om energieverliezen te beperken, verdient het geen aanbeveling om de inhoud veel groter te maken dan noodzakelijk is. De maat voor het warmteverlies van een constructie wordt uitgedrukt in de k-waarde ($W/m^2.K$). Deze waarde geeft aan hoeveel warmte in Watt door een m^2 wand- dak- of vloeroppervlakte gaat bij een temperatuurverschil van 1° Kelvin (K). Hoe lager de k-waarde, des te beter de isolatie. Gezien de steeds hoger wordende kwaliteitseisen en energieprijzen verdient het aanbeveling om als totale k-waarde van de koelcel $0,25 W/m^2.K$ aan te houden. De berekende k-waarden zijn voor:

- plafond $0,20 W/m^2.K$;
- wanden $0,25 W/m^2.K$;
- vloer $0,50 W/m^2.K$.

Het verdient aanbeveling om ook de vloeren van koelcellen te isoleren om instralingswarmte vanuit de vloer tegen te gaan (figuur 14). Hierbij kan gebruik worden gemaakt van 6 à 8 cm polystyreen (minimaal PS 25) of 5 à 6 cm polyurethaan schuim. Als waterkering en dampremming wordt dit isolatiemateriaal zowel aan de boven- als onderzijde bekleed met een polyethyleen folie in een dikte van tenminste 0,2 mm.

Dampremmende lagen

Door dampremmende materialen of lagen aan te brengen, wordt het transport van waterdamp door geïsoleerde constructies tegengegaan. Wanneer deze ontbreken, kunnen de isolatiematerialen als gevolg van condensatie nat worden. Dit heeft een sterke daling van



Figuur 14. Uitvoering wand- en vloerisolatie van koelcellen.

de isolatiewaarde tot gevolg. Als materiaal wordt hiervoor veelal aluminiumfolie, staalplaat of polyetheenfolie toegepast. Het is noodzakelijk de dampremmende laag aan de warme zijden van de koelruimte aan te brengen. In de praktijk worden deze dampremmende lagen tweezijdig toegepast. Niet alleen wordt het materiaal hierdoor beter beschermd, maar ook het kromtrekken wordt hierdoor grotendeels voorkomen. Naden moeten dampremmend worden afgewerkt. Bij vloerisolatie wordt een polyetheenfolie van tenminste 0,2 mm toegepast.

Koelhuisdeuren

Celdeuren moeten als koelhuisdeur worden uitgevoerd. Bij voorkeur zijn dit goed geïsoleerde en uit één geheel bestaande schuifdeuren, met speciaal hang- en sluitwerk, die in gesloten toestand met rubberprofielen tegen het kozijn en de vloer rusten en zo de opening volledig afsluiten. De minimale afmetin-

gen zijn: 2,50 x 3,00 meter (breedte x hoogte).

De koelinstallatie

De koelinstallatie bestaat uit een compressor, een verdamper, een condensor en regelapparatuur. Bij het koelproces wordt gebruik gemaakt van een vloeibaar koudemiddel. Aan het koudemiddel worden strenge milieu-eisen gesteld. Als koudemiddelen kunnen worden toegepast R22, R134a, R407c en R410a. Het koudemiddel R22 bevat nog ozonaantastende stoffen, waardoor dit product vanaf 2010 moeilijker te verkrijgen zal zijn. De verdamper (luchtkoeler) wordt in de koelcel geplaatst. De luchtgekoelde condensor wordt bij voorkeur buiten opgesteld. In het algemeen wordt de luchtkoeler boven in de koelcel tegenover de celdeur opgehangen. De luchtkoelerventilatoren voeren de cellucht door de koeler, waardoor de lucht wordt afgekoeld. Onder de luchtkoelers is een lekbak

met waterafvoer gemonteerd voor het afvoeren van het ontdooiwater. Een regelmatige ontdooiing is noodzakelijk om de luchtkoeler goed te laten functioneren. Het ontdooien gebeurt met elektrische elementen, die in de luchtkoeler zijn aangebracht of met persgas, waarbij de hete persgassen van de compressor het ijs van de luchtkoeler doen smelten. De lekbak en de afvoerleiding moeten worden verwarmd om bevroering te voorkomen. De ontdooiperioden en de tijd kunnen in het algemeen worden geregeld door een ontdooidoelklok in combinatie met een ontdoobeëindigingsthermostaat. Persgas-ontdooiing heeft de voorkeur boven elektrische ontdooiing, omdat bij persgas-ontdooiing minder warmte in de cel wordt gevoerd. Dit betekent minder draai-uren van de luchtkoeler(s).

Koelcapaciteit

De koelcapaciteit is onder andere van de volgende factoren afhankelijk:

- de hoeveelheid product;
- de producttemperatuur tijdens het inschuren;
- de instralingswarmte;
- de gewenste opslagtemperatuur;
- de inbrengtijd en het aantal inslagen;
- de gewenste inkoeltijd in dagen;
- de warmteproductie van het product;
- andere warmtebronnen zoals ventilatoren en dergelijke;
- de soortelijke warmte (s.w.) van het product.

Bovenstaande gegevens moeten dus bekend zijn, alvorens een capaciteitsberekening kan worden opgesteld. Vooral de inkoeltijd en het aantal inslagen hebben hierop een grote invloed. Een korte inkoeltijd vraagt een grotere capaciteit. Bij zes inslagen per week kan een

globale koelcapaciteit van 200-225 watt per ton worden aangehouden. Bij één graad onder nul is de warmteproductie nog altijd 42 watt per ton. Daardoor is de temperatuur aan de buitenkant van de kist lager dan in het hart van de kist. De capaciteit van de luchtkoeler(s) per cel moet zo zijn uitgevoerd, dat deze werkt met een zo klein mogelijk temperatuursverschil tussen de cellucht en de verdampingstemperatuur. Dit gemiddelde temperatuursverschil mag tijdens de bewaarfase zeker niet meer dan 6°C bedragen.

Bewaarresultaat en controle

Voor een succesvolle, langdurige bewaring bij -1°C is het voorkomen van uitdroging een harde eis. In principe is dat mogelijk door een hoge relatieve luchtvochtigheid te onderhouden. Dit is mogelijk door een goed bewaarregime uit te voeren en door het bevochtigen van de wortels. Voordat men bij -1°C bewaarde wortels opzet, is het noodzakelijk om deze zes tot acht dagen te 'ontdooien' bij circa 3°C. Bij losgestorte opslag zal men de gehele cel naar 0°C moeten brengen, alvorens opzetten mogelijk is. Een goede bewaring is alleen mogelijk als men beschikt over goede en voldoende temperatuuropnemers. Deze moeten inzicht geven in de temperatuurspreiding in de cel en de betrouwbaarheid van de thermostaten. Per cel komt men al snel aan minimaal vier voelers. De nauwkeurigheid van de elektronische voelers moet binnen de 0,3°C en afleesbaarheid van de temperatuur op 0,1°C vallen. Microprocessors zijn een zeer goede aanvulling om het proces van koelen en bewaren goed uit te voeren.