



BIBLIOTHEEK
PPO sector Bloembollen
Postbus 85
2160 AB Lisse
0252 462121

RAPPORT 32

DEELRAPPORT 2:

LITERATUURONDERZOEK NAAR DE
OPTIMALE OMSTANDIGHEDEN VOOR
HET BEWAREN, VERPAKKEN EN
TRANSPORT VAN BOOMKWEKERIJ-
GEWASSEN (project 3500)

Ir. E.M. van Hees-Boukema
Ir. N.A. Leek

1994

Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop



0000 0940 9562

P-12-B
32
ISW 1996894

Nadruk of vertaling, ook van gedeelten, is alleen geoorloofd na schriftelijke toestemming van de directie van het proefstation en de auteur. Het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, de stichting Proefstation voor de Boomkwekerij, de Stichting Boomteeltproeftuin voor Noord-Brabant, Limburg en Zeeland (Horst), de Stichting Boomteeltproeftuin "De Boutenburg", (Lienden) en de Stichting Boomteeltproeftuin Noord-Nederland (Noordbroek) stellen zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen, ontstaan door het gebruik van de gegevens die in deze uitgave zijn gepubliceerd.

INHOUD

	WOORD VOORAF	09
	SAMENVATTING	10
	SUMMARY	12
1	INLEIDING	15
1.1	Onderwerp en uitvoering van de literatuurstudie	15
1.2	Kwaliteit en vitaliteit	16
I	NAAKTWORTELIGE GEWASSEN	17
2	PLANTENFYSIOLOGISCHE FACTOREN	17
2.1	Winterrust	17
2.1.1	Oorzaken van winterrust	17
2.1.2	Rust in relatie tot stress	18
2.1.3	Bepalen van de mate van rust	18
2.2	Uitdroging	19
2.2.1	Droogtetolerantie	19
2.2.2	De relatie tussen de mate van uitdroging en de hergroei	19
2.2.3	Uitdrogingsnelheid	20
2.2.4	Verloop van het vochtverlies	21
2.2.5	Morfologie	21
2.3	Respiratie	22
2.3.1	Reservestoffen	22
2.3.2	Uitputting	22
2.3.3	Warmteproductie	23
3	KLIMAATSOMSTANDIGHEDEN	25
3.1	Temperatuur	25
3.1.1	Optimale temperatuur	25
3.1.2	Te lage temperatuur	26
3.1.3	Te hoge temperatuur	26
3.1.4	Temperatuursschommelingen	27
3.2	Licht	27
3.3	Relatieve luchtvochtigheid	27
3.4	CO ₂ - en O ₂ -gehalte in de lucht	28
3.5	Ethyleen	28
3.6	Schimmels	29
4	BESCHERMENDE MAATREGELEN	30
4.1	Bewaarmethoden	30
4.1.1	Kuilen	30
4.1.2	Bewaren in niet-geconditioneerde ruimten	30
4.1.3	Geconditioneerde opslag	31
4.2	Maatregelen om schade ten gevolge van uitdroging te voorkomen	31
4.2.1	Dompelbehandelingen	32
4.2.2	Afdekken van plantmateriaal	33
4.2.3	Anti-verdampingsmiddelen	34
4.3	Transport	35

II	GROEN VERHANDELDE GEWASSEN	36
5	ETHYLEEN	36
5.1	Invloeden van ethyleen	36
5.2	Ethyleenschade	36
5.3	Factoren van invloed op het effect van ethyleen	37
5.3.1	Ethyleengevoeligheid	37
5.3.2	Ethyleenconcentratie en blootstellingsduur	38
5.3.3	Temperatuur	39
5.3.4	CO ₂ -concentratie	39
5.3.5	Licht en ethyleen	39
5.5	Maatregelen tegen ethyleenschade	39
5.5.1	Vermijding	40
5.5.2	Verwijdering	40
5.5.3	Remming	40
5.5.3.1	Verhoogde CO ₂ -concentratie	40
5.5.3.2	STS- en AOA-behandeling	41
5.5.3.3	Genetische variabiliteit	41
6	LICHT	42
6.1	Gebrek aan licht	42
6.1.1	Duur van donkerperiode	42
6.1.2	Temperatuur en licht	42
6.1.3	Plantesoort, cultivar en ontwikkelingsstadium	43
6.2	Maatregelen tegen donkerschade	43
6.2.1	Algemene maatregelen	43
6.2.2	Bijbelichting met rood licht	43
6.2.3	Genetische variabiliteit	44
6.2.4	BA-behandeling	44
7	TEMPERATUUR	45
7.1	Kouschade	45
7.2	Schade door te hoge temperaturen	45
7.3	Factoren van invloed op het effect van temperatuur	45
7.4	Maatregelen tegen schade door extreme temperaturen	46
7.5	Schimmels	46
8	WATERTEKORT	48
8.1	Gevolgen van watertekort	48
8.2	Maatregelen tegen uitdroging	48
8.2.1	Algemene maatregelen	48
8.2.2	Antitranspiranten	49
8.3	Naaktwortelig transport	49
9	MECHANISCHE STRESS	51
9.1	Mechanische beschadiging	51
9.2	Stimulatie endogene ethyleenproductie	51
9.3	Maatregelen tegen mechanische stress	51
10	BEPALING INWENDIGE KWALITEIT	53

11	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK	54
11.1	Naaktwortelige gewassen	54
11.2	Groenverhandelde gewassen	56
12	LITERATUUR	58

WOORD VOORAF

Bij de afzet van Nederlandse boomkwekerijprodukten zijn diverse schakels betrokken. Voordat een plant bij de afnemer staat zijn er veel handelingen aan voorafgegaan.

Alhoewel de Nederlandse Boomkwekerij erom bekend staat dat zij een kwalitatief goed produkt aflevert, zijn er in de afzetketen voortdurend risico's, die kunnen leiden tot kwaliteitsverlies.

Omdat afnemers in binnen- en buitenland steeds kritischer worden, wordt de noodzaak om kwalitatief hoogwaardige produkten af te leveren steeds groter. Om haar marktpositie te versterken, met name op de exportmarkt, acht de sector het noodzakelijk te komen tot integrale ketenbeheersing, waarbij alle schakels van de keten zijn betrokken. Tegen deze achtergrond is door de werkgroep Kwaliteitsbevordering Boomkwekerijgewassen (WKB) van het Landbouwschap het project "Kwaliteitsbeheersing in de keten" geïnitieerd. Dit project werd gefinancierd door het Produktschap voor Siergewassen en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en omvatte zowel voorlichtingsactiviteiten als onderzoek.

Door het Boomteeltpraktijkonderzoek (BPO) is in opdracht het onderzoek uitgevoerd naar het "Verbeteren van de condities bij bewaring, verpakking en transport". Over de resultaten van dit onderzoek zijn drie deelrapporten uitgebracht. Deel 1 behelst een inventarisatie die van november 1992 tot in de zomer van 1993 is uitgevoerd binnen een groot aantal gewasgroepen uit de boomkwekerijsector. Deel 2 behandelt een literatuurstudie. In deel 3 worden experimenten die in het kader van dit project zijn uitgevoerd beschreven. Tot slot is een samenvattend eindrapport verschenen. In dit samenvattende eindrapport zijn tevens de voorlopige resultaten opgenomen van nog lopende onderzoeksitems, die in het reguliere BPO programma waren opgenomen.

Iedereen die op enigerlei wijze een bijdrage heeft geleverd aan het ketenonderzoek boomkwekerijgewassen wordt hiervoor hartelijk bedankt. Zonder de bereidwilligheid van de bedrijven uit de sector zou het onmogelijk geweest zijn dit onderzoek naar de afzetketen van boomkwekerijgewassen uit te voeren.

Ik ben ervan overtuigd dat het invoeren van de onderzoeksresultaten zal bijdragen tot een betere kwaliteit van het boomkwekerijprodukt bij de afnemer.

Ir. A. van der Schaaf.
Boskoop, 1994.

SAMENVATTING

Naaktwortelige gewassen

De optimale omstandigheden voor de bewaring, verpakking en transport van boomkwekerijgewassen zijn in sterke mate afhankelijk van het groeistadium van het gewas. Tijdens de winterrust worden de inwendige processen in de plant het minst verstoord door handelingen en ongunstige omstandigheden. De droogteresistentie en de winterhardheid zijn tijdens de rustperiode het grootst.

De mate van uitdroging die door gewassen wordt verdragen en de snelheid waarmee gewassen uitdrogen, verschillen per soort.

Door de ademhaling van planten vermindert de voorraad reservestoffen tijdens de rust. De warmte die bij de ademhaling vrijkomt kan leiden tot broei.

De optimale ruimtetemperatuur voor het bewaren van naaktwortelige gewassen in winterrust ligt tussen -2 en $+2^{\circ}\text{C}$. Een lage temperatuur is nodig om de respiratie van de planten laag te houden, het uitlopen van de knoppen te voorkomen en schimmelgroei te remmen. De temperatuur moet konstant worden gehouden om condensvorming op het gewas te voorkomen en om vochtonttrekking tegen te gaan. Voor langdurige bewaring bestaat voorkeur voor invriezen. Gewassen die niet volledig in rust zijn en dus minder winterhard, kunnen beter bij temperaturen boven nul bewaard worden.

Licht is tijdens de afzet van wortelgoed dat in rust verkeerd niet noodzakelijk.

Om uitdroging van de planten te voorkomen moet het dampdrukdeficiet tussen de planten en de omringende lucht zo laag mogelijk zijn. Om uitdroging te voorkomen dienen de planten ook beschermd worden tegen de invloed van wind en straling.

Over optimale concentraties zuurstof en kooldioxide in de lucht voor boomkwekerijgewassen zijn geen gegevens beschikbaar. Over de invloed van ethyleen op gewassen in rust is evenmin veel bekend. Schimmelgroei wordt door vrij water bevorderd. De planten dus droog opslaan en condensvorming tijdens de opslag voorkomen. Het nut van fungiciden is omstreden.

Geconditioneerde bewaring biedt voordelen boven kuilen of opslag in niet geconditioneerde ruimten. Deze voordelen bestaan vooral uit een betere arbeidsspreiding en de mogelijke verlenging van het afzetseizoen.

Gebruik van anti-verdampingsmiddelen of toepassen van dompelbehandelingen zijn omstreden.

Polyethyleen (PE) of PE-gecoate papieren zakken zijn het meest geschikt als verpakkingsmateriaal tijdens geconditioneerde bewaring. Planten volledig verpakken is effectiever dan het verpakken van uitsluitend het wortelgestel. Buffermaterialen in de verpakking (bijvoorbeeld turfmoel, mos, houtmoel), zijn overbodig of nadelig gebleken.

Bij onderzoek naar transportomstandigheden zijn met name de benodigde arbeid en beschadiging van planten bij het laden en lossen en het optimaal benutten van de laadruimte bestudeerd en niet de klimaatsomstandigheden.

Knelpunten in de huidige afzet van naaktwortelige gewassen zijn uitdroging en het actief worden van planten bij een te hoge temperatuur. In de toekomst is conditionering van de keten gewenst en een verdergaande bescherming van planten op alle kwetsbare momenten in de keten.

Groen verhandelde gewassen

Ethyleen is een belangrijke oorzaak voor bladvergelting, bloem- en bladval in de afzetketen van kamerplanten. Het effect van ethyleen op de plant hangt af van de temperatuur, de concentratie, de blootstellingsduur en de gevoeligheid van de plant. Wanneer de ethyleenconcentraties in de afzetketen niet boven 0.03 - 0.05 ppm uitkomen, vormt ethyleen geen grote bedreiging voor de kwaliteit. Ethyleenschade kan worden voorkomen door uitlaatgassen, gemengd transport of opslag van planten met fruit, watertekort, hoge temperaturen, mechanische stress en een lange afzetfase te vermijden. Ventilatie is een eenvoudige wijze om ethyleen uit ruimten te verwijderen. Ethyleenscrubbers en ethyleenabsorberende folie behoren ook tot mogelijkheden om ethyleen te verwijderen, maar aan deze methoden kleven wat nadelen (beperkte werking, hogere kosten etc.). Hoge CO_2 -concentraties en antitranspiranten kunnen de schadelijke effecten van ethyleen onderdrukken. Te hoge CO_2 -concentraties hebben een negatief effect op de plantkwaliteit en ook antitranspiranten kunnen schade oorzaken.

Zilverthiosulfaat (STS) en amino-oxyazijnzuur (AOA) remmen resp. de ethyleenactiviteit en -productie, maar toepassing van STS is slechts beperkt toegelaten en AOA is duur. Natuurlijk kan er rekening worden gehouden met de ethyleengevoeligheid van de soort en cultivar, zelfs al bij het kweken en selecteren van nieuwe soorten en cultivars.

Bij een korte afzetduur en gematigde temperatuur hoeft een gebrek aan licht geen bedreiging te zijn voor de plantkwaliteit. Planten hebben over het algemeen voldoende reserves om een donkerperiode goed door te komen.

Te hoge temperaturen en te lage temperaturen kunnen schade veroorzaken. De veilige temperatuur in de afzetfase ligt voor tijdens de groei verhandelde boomkwekerijgewassen rond de 12 à 15°C. Deze temperaturen zijn in grote delen van het jaar alleen mogelijk door gebruikte maken van geconditioneerde ruimten en gekoeld transport.

In het voor- en najaar zal de optimale temperatuur lager zijn, in verband met seizoensgebonden variaties in kouderesistentie. Over het algemeen is het beter om temperaturen boven 18 à 20°C te vermijden of blootstelling hieraan zo kort mogelijk te houden. Op deze manier wordt de ademhaling beperkt, het waterverlies (uitdroging) en de ethyleenproductie van de planten geremd en zijn planten bovendien minder gevoelig voor ethyleen.

Temperatuurschommelingen moeten, in verband met condensvorming en de daarmee samenhangende grotere kans op Botrytis-aantasting, zoveel mogelijk worden vermeden.

Watertekort in de afzetfase kan worden voorkomen door een lage temperatuur, de planten in voldoende grote potten "nat" de keten in te laten gaan, een zo kort mogelijke afzetfase en zonodig een tussentijdse watergift. Verder blijkt een zeer vochtige omgeving de transpiratie van de plant te verlagen, bijvoorbeeld in een wagen vol met planten of in een luchtdichte verpakking. De kans op Botrytis-aantasting is groot bij een hoge RV en bovendien kan de ethyleenconcentratie in een dichte verpakking tot een ongewenst niveau oplopen.

Antitranspiranten kunnen bescherming bieden door het vochtverlies te beperken, maar deze middelen kunnen ook een zeer nadelige effect op de plantkwaliteit hebben. Waterabsorberende polymeren (worteldip) kunnen naaktwortelige planten tegen uitdroging beschermen.

In de bloemisterij wordt geëxperimenteerd met het naaktwortelig vervoeren van potplanten. Zolang het wortelgestel niet beschadigd is en de planten goed zijn beschermd tegen uitdrogen, blijkt transport gedurende twee tot drie weken mogelijk.

Mechanische beschadiging wordt veroorzaakt door trillingen en onzorgvuldige behandeling van planten. Schade kan worden verminderd door het aantal handelingen te beperken en planten te verpakken. Het nadeel van verpakken is de mogelijkheid dat de RV en de ethyleenconcentratie te hoog oplopen. Bovendien kan er bijvoorbeeld bij het aanbrengen en verwijderen van de verpakking schade worden aangebracht en kunnen plantedelen schade oplopen doordat ze tijdens het transport steeds langs de verpakking schuren. De stimulatie van de ethyleenproductie als gevolg van mechanische stress is nog onduidelijk.

Chlorofylfluorescentie lijkt ook voor groenverhandelde boomkwekerijgewassen de mogelijkheid te bieden om de (inwendige) kwaliteit van de planten te beoordelen.

SUMMARY

Bare-root crops

The optimal conditions for the storage, packaging and transport of a nursery crop largely depend on the crop's stage of growth. When the plant is dormant its internal processes are least disturbed by handling and unfavourable conditions and its drought resistance and hardiness are greatest. The degree of desiccation tolerated by crops and the speed at which they dry out vary with species.

During dormancy the plant's reserves of nutrients are depleted by respiration. The heat released by respiration may accumulate, adversely affecting the plants.

The optimal ambient temperature for the storage of dormant bare-root plants is between -2 and +2 °C. A low temperature is necessary to minimize the plants' respiration, prevent buds from bursting and discourage fungal growth. The temperature must be kept constant to prevent condensation on the crop and to discourage moisture loss. Temperatures below freezing are preferable for storing crops long term. Crops that are not fully dormant and are therefore less hardy should preferably be stored at temperatures above freezing.

Dormant bare-root plants do not need light when they are displayed for sale.

To prevent the plants from desiccating, the vapour pressure deficit between the plants and surrounding air must be as low as possible. The plants must also be protected from wind and radiation, to prevent desiccation.

No data are available on the concentrations of oxygen and carbon dioxide in the air that are optimal for nursery crops. Neither is anything known about the influence of ethylene on dormant plants. Free moisture promotes the growth of fungi. Therefore, plants should be stored dry, and condensation during storage should be avoided. There is disagreement about the efficacy of fungicides.

Conditioned storage has advantages over storage in clamps or in unconditioned rooms. These advantages are largely created by a better distribution of labour and the possibility of prolonging the time the plants are offered for sale. There is disagreement about using anti-evaporation products or dips.

Polyethylene (PE) or PE-coated paper bags are the most suitable packaging materials during conditioned storage. Packaging plants completely is more effective than merely packing the roots. Buffer materials in the packaging (e.g. peat mould, moss, wood shavings) seem to be unnecessary or unfavourable.

Research on conditions during transport has focused on the labour required, the damaging of plants during loading and unloading and the optimal use of the freight compartment, rather than on climate conditions. Desiccation and the activation of plant growth by too high temperatures are currently the problems when bare-root crops are put on sale. In the future it is desirable to ensure conditioning throughout the production chain and the far-reaching protection of plants at all vulnerable moments in that chain.

Crops marketed in leaf

Ethylene is an important cause of yellowing and of flower and leaf drop in the sales chain of house plants. Ethylene's effect on the plant depends on temperature, the concentration, the duration of exposure and the plant's sensitivity. If the ethylene concentrations in the sales chain do not exceed 0.03-0.05 ppm, ethylene is not a serious threat to plant quality. Ethylene damage can be prevented by avoiding exhaust gases, water stress, high temperatures, mechanical stress and displaying plants for sale for a long period, and by not transporting or

storing plants that are in fruit. Ventilation is a simple way of removing ethylene from rooms. Ethylene can also be removed by ethylene scrubbers and ethylene-absorbing foil, but these methods have disadvantages (e.g. limited efficacy, high costs).

High CO₂ concentrations and antitranspirants can suppress the damaging effects of ethylene. However, too high CO₂ concentrations adversely affect plant quality, and antitranspirants can also cause damage.

Silver thiosulphate (STS) retards ethylene activity and amino-oxyacetic acid (AOA) retards ethylene production, but the application of STS is restricted and AOA is expensive. Naturally, the ethylene-sensitivity of the species and cultivar can be taken into account, even when breeding and selecting new species and cultivars.

The quality of plants displayed for a short period and under moderate temperature need not suffer if they are denied light. In general, plants have sufficient reserves to be able to survive periods in the dark without setbacks.

Temperatures that are too high or too low can cause damage. The safe temperature when plants are displayed for sale is round 12 to 15 °C for nursery plants in growth. For large parts of the year these temperatures are only attainable by using conditioned rooms and cooled transport. The optimal temperature will be lower in the spring and autumn, because of season-related variations in resistance to cold. In general it is better to avoid temperatures above 18 to 20 °C, or to minimize exposure to such temperatures. This will limit the plants' respiration and inhibit moisture loss (desiccation) and ethylene production. Furthermore, avoiding such temperatures reduces plants' sensitivity to ethylene.

Fluctuations in temperature must be avoided as much as possible, because of the likelihood of condensation and the associated increased risk of *Botrytis* damage.

A shortage of water when plants are displayed for sale can be prevented by ensuring a low ambient temperature, dispatching plants to retailers in sufficiently large pots after a thorough soaking, minimizing the time the plants are displayed and watering when needed in the meantime. Furthermore, a very humid environment (e.g. in a trolley full of plants or in air-tight packaging) seems to reduce the plant's transpiration. However, there is a high risk of *Botrytis* damage if the relative humidity is high and, furthermore, the ethylene concentration in airtight packaging can attain undesirable levels.

Antitranspirants can offer protection by limiting moisture loss, but they can also have a deleterious effect on plant quality. Water-absorbing polymers (root dips) can protect bare-root plants against desiccation.

In floriculture, experiments are being done on the transporting of bare-root pot plants. It has been found that transport for two to three weeks is possible, providing the roots are undamaged and the plants are well protected against desiccation.

Mechanical damage is caused by vibration and careless handling of plants. Damage can be reduced by limiting the number of times the plant is handled and by packaging the plants. The disadvantage of packaging is the risk of the relative humidity and ethylene concentration becoming too high. Furthermore, damage can occur during packaging or unwrapping, and plant parts can become damaged by rubbing against the packaging during transport. It is still unclear whether ethylene production is stimulated by mechanical stress.

Chlorophyll fluorescence seems to have potential as a way to assess the quality (including internal quality) of nursery products that are in leaf.

1 INLEIDING

1.1 ONDERWERP EN UITVOERING VAN DE LITERATUURSTUDIE

Gedurende de afzetfase ondergaat de plant vele handelingen en wisselende klimaat-omstandigheden. Ook wordt de plant meermaals over kortere of langere afstand verplaatst. De handelingen en condities in de afzetketen hebben invloed op de latere aanslag en hergroei van de planten. De planten kunnen namelijk fysiologische en mechanische beschadigingen oplopen.

In het "Vooronderzoek Ketenonderzoek" (Maas, 1991) is naar voren gekomen dat bewaren, verpakken en transport van boomkwekerijgewassen knelpunten zijn, die nader moeten worden onderzocht. Dit rapport is het resultaat van een literatuuronderzoek dat over dit onderwerp is uitgevoerd. De invloed van de omstandigheden tijdens en na het uitplanten wordt niet behandeld. Deze kunnen uiteraard wel grote invloed hebben op de aanslag en hergroei.

Naaktwortelige gewassen

Dit literatuuronderzoek heeft zich in eerste instantie toegespitst tot naaktwortelig verhandelde gewassen, omdat bij deze wijze van verhandelen de planten het kwetsbaarst zijn. De literatuur over naaktwortelig verhandelde gewassen betreft vooral onderzoek naar bewaren en verpakken van bosplantsoen en dan nog voornamelijk van naaldhoutgewassen. Na de inleiding volgt in hoofdstuk 2 een beschrijving van de invloed van fysiologische factoren op de tolerantie van planten voor handelingen en condities in de afzetfase. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de klimaatsfactoren die invloed hebben op de plant. Hoofdstuk 4 handelt over de maatregelen die genomen kunnen worden om de plant te beschermen tegen schadelijke effecten.

Groen verhandelde gewassen

In tweede instantie is ook een literatuurstudie verricht naar de verhandeling van boomkwekerijgewassen tijdens de groei, voornamelijk pot- en containerplanten. Dit onderzoek is uitgevoerd door mw. M.J.C. Groenen. De resultaten zijn opgenomen in hoofdstuk 5 t/m 10. Over de omstandigheden tijdens de afzetfase van in pot geteelde boomkwekerijgewassen blijkt in de literatuur nauwelijks informatie beschikbaar te zijn. Er zijn wel veel gegevens te vinden over de omstandigheden tijdens de afzetfase van kamerplanten. In het tweede deel van het rapport worden dan ook voornamelijk gegevens uit de bloemisterij weergegeven. Deze gegevens bieden enig inzicht in de optimale omstandigheden tijdens de verhandeling van groen verhandelde boomkwekerijgewassen.

In de hoofdstukken 5 t/m 9 wordt ingegaan op de ongunstige omstandigheden waaraan kamerplanten tijdens de afzetfase kunnen worden blootgesteld en die dus bijdragen aan het kwaliteitsverlies tijdens deze fase. Per hoofdstuk wordt steeds één van de omstandigheden besproken, waarbij overigens niet alleen op de gevolgen wordt ingegaan maar ook op de schadebeperkende maatregelen die kunnen worden getroffen. Achtereenvolgens worden ethyleen, gebrek aan licht, extreme temperaturen, watertekort, mechanische stress en botrytis besproken. In de hoofdstuk 10 worden tenslotte de mogelijkheden van chlorofylfluorescentie toegelicht.

De conclusies en aanbevelingen op grond van de literatuurstudie zijn vermeld in hoofdstuk 11.

1.2 KWALITEIT EN VITALITEIT

Het onderwerp van dit literatuuronderzoek is "de optimale condities voor het bewaren, verpakken en transport van boomkwekerijgewassen". Het gebruik van de term optimaal roept de vraag op welke criteria zijn gebruikt om te beoordelen wat optimaal is. Het ligt voor de hand om plantkwaliteit of vitaliteit als maat te nemen. Kwaliteit is een algemene term, die geschiktheid voor een doel aangeeft. Kwaliteit is dan ook alleen achteraf en in relatie tot dit doel vast te stellen. Kwaliteit is moeilijk te meten. Zowel uiterlijke kenmerken, zoals kleur, vorm, lengte, dikte, vertakking, spruit-wortel verhoudingen en lengte-dikte verhoudingen van de stam, als inwendige kenmerken, groeisnelheid, bloei, ziekteresistentie en andere resistentie vormen tezamen de kwaliteit.

Vitaliteit, ook wel inwendige kwaliteit genoemd, is het vermogen van planten om te overleven. Vitaliteit is eveneens een grootheid die niet direkt gemeten kan worden. In de literatuur zijn zeer veel parameters aangetroffen die een indicatie geven van de vitaliteit. Grotendeels zijn dit visuele beoordelingen van de groei: overlevingspercentages, lengte- en diktegroei van de stam, aantal wortels en lengte van de wortels, vertakking van het wortelgestel, "root growth potential" als maat voor de wortelgroei, beoordelingscijfers, uitloopsnelheid (aantal dagen tot uitlopen), bloeiduur. Ook vele metingen van inwendige grootheden worden toegepast: elektrische weerstand van het cambium, deelactiviteit van de cellen (mitotic index), elektrolieten lekkage van wortels, waterpotentiaal van het xyleem, warmteproductie, chlorofyl fluorescentie, en dergelijke. Daarnaast worden bepalingen van gehalten of verhoudingen van in de plant aanwezige stoffen, zoals plantehormonen, zetmeel en andere koolhydraten en eiwitten gebruikt als maat voor vitaliteit. Al de genoemde parameters kunnen slechts relatieve verschillen in vitaliteit weergeven. Tot nu toe is er nog geen parameter die op zichzelf geschikt is om vitaliteit uit te drukken.

Vitaliteit kan niet zonder meer vertaald worden naar kwaliteit. Een hoge vitaliteit van planten heeft geen betekenis wanneer de planten voor hun doel ongeschikt zijn geworden (bijvoorbeeld kromme laanbomen).

Het uiteenlopend gebruik in de literatuur van parameters om de kwaliteit van planten te meten maakt het moeilijk om uit de onderzoeken de optimale omstandigheden vast te stellen.

Gebruik van de termen kwaliteit en vitaliteit zal in dit rapport vermeden worden. Zoveel mogelijk zullen bij de onderzoeksresultaten de gemeten grootheden worden vermeld, in navolging van Langerud (1991). Vaak betreft dit de aanslag oftewel het overlevingspercentage en de lengtegroei na één of meer groeiseizoenen.

I NAAKTWORTELIGE GEWASSEN

2 PLANTENFYSIOLOGISCHE FACTOREN

Of een plant nadeel ondervindt van de handelingen en omstandigheden tijdens de afzetfase hangt mede af van de fysiologische eigenschappen van de plant. In dit hoofdstuk komt aan de orde wat de invloed van de inwendige gesteldheid is op de gevoeligheid van de plant voor ongunstige omstandigheden. Aspecten die aan de orde komen zijn winterrust, gevoeligheid voor uitdroging en respiratie.

2.1 WINTERRUST

2.1.1 Oorzaken van winterrust

Rust is een fysiologische toestand van de plant. Door het korter worden van de daglengte gecombineerd met afnemende temperaturen rijpt de plant af en gaat vervolgens in winterrust (Sandvik, 1980). Tijdens de afrijping wordt een eindknop aangelegd en treedt bij veel loofgewassen bladval op. Teelthandelingen kunnen het afrijpen versnellen of vertragen (Davidson en Mecklenburg, 1984). Late stikstofbemesting (Sandvik, 1980) en late snoei vertragen het afrijpen. Ondersnijden (Kainer [et al.] 1991), verspenen (Gerritsen [et al.] 1969) en droogte (Ritchie & Dunlap, 1980; Garber & Mexal, 1980) versnellen het in rust gaan.

De winterrust bestaat uit twee fasen: de periode van echte rust en de periode van opgelegde rust (Ritchie & Dunlap, 1980; Fuchigami, 1987). Zolang een plant in echte rust is zal deze niet uitlopen; ook niet of zeer traag wanneer deze onder voor groei gunstige omstandigheden wordt gezet. Wanneer de plant een zekere mate van koude heeft gehad, de zogenaamde koudebehoefte, wordt de echte rust opgeheven en komt de plant in opgelegde rust. Het uitlopen van de knoppen wordt dan alleen geremd, doordat de temperatuur te laag is. Naar mate meer aan de koudebehoefte is voldaan nemen de uitloopsnelheid en de potentiële wortelgroei (Root Growth Potential, RGP) toe.

Rust gaat gepaard met veranderingen in winterhardheid en droogtetolerantie. Hoe deze eigenschappen onderling samenhangen is niet precies bekend. Inwendig gaat het in en uit rust gaan samen met hormonale veranderingen in de plant en allerlei chemische omzettingen, waaronder veranderingen in remstoffen, rustdoorbrekende stoffen en suikerconcentraties. Hormonaal gezien is rustdoorbreking een resultaat van een veranderende verhouding tussen auxinen en giberellinen en cytokininen.

Suikers spelen een rol bij winterhardheid, onder andere via hun invloed op het vriespunt van het celsap en door het voorkomen van de vorming van ijskristallen. Ook bij de droogtetolerantie spelen suikers een rol, doordat ze de turgor in de cel verhogen en de cel moeilijker vocht afstaat (Englert [et. al.] 1993).

Overigens heeft de term rust alleen betrekking op het uitlopen van knoppen. Wortels hebben geen echte winterrust (Webb, 1977). Wel bestaat een seizoensgebonden patroon in de omvang en snelheid van de potentiële wortelgroei (RGP), dat samenhangt met doorbreking van de knoprust (Ritchie & Dunlap, 1980; Webb, 1976).

Niet alle plantesoorten vertonen in dezelfde mate winterrust of koudebehoefte. Voor de meeste gewassen ligt het temperatuurtraject voor rustdoorbreking tussen 0 en +10°C. Binnen dit traject is elke temperatuur even effectief.

Acer heeft een koudebehoefte van 2500 - 3000 uur temperatuur tussen -3,5 en +10°C, *Betula* 2000 - 2500 (Englert [et.al.] 1993). Bij 5°C is 2500 uur voldoende om de rust van driejarige *Fraxinus americana* zaailingen te doorbreken (Webb, 1976). De koudebehoefte van *Juglans nigra* bij 3°C is 3100 uur (Rietveld & Williams, 1981).

Crataegus phaenopyrum komt later in rust dan *Quercus rubra* of *Acer* (Englert et.al. 1993). Winterharde *Eucalyptus* soorten hebben geen koudebehoefte (Hunt, 1980).

2.1.2 Rust in relatie tot stress

Rust wordt verbroken door veranderingen in concentraties of verhoudingen van remmende en rustdoorbrekende stoffen. Stress zet de plant aan tot de vorming van stoffen die de rust doorbreken (Fuchigami & Nee, 1987). Bij planten die nog niet of niet meer in rust verkeren is een lagere concentratie rustdoorbrekende stoffen nodig om de rust te doorbreken. Daardoor zijn planten aan het begin en einde van de rustperiode kwetsbaarder voor ongunstige omstandigheden, zoals droogte, koude, ontbladering en verplanten.

Ook verschillen tussen plantesoorten in tolerantie voor verplantingsstress worden toegeschreven aan verschillen in mate van rust. Winterharde *Eucalyptus*-soorten hebben geen echte rust en zijn dan ook gevoelig voor verplanten in de winter (Hunt, 1980).

Quercus rubra in oktober gerooid overleeft slechts de helft van de planten 12 uur uitdroging bij 23°C en 45% RV (Englert, 1993). Een maand later verdraagt 50% van de planten 48 uur uitdroging. In januari en februari overleeft 80% van de planten 48 uur droogte. Maximale droogtetolerantie van *Acer platanoides* en *Crataegus phaenopyrum* vallen eveneens in januari - februari. De overlevingspercentages, vooral van *Crataegus*, liggen steeds lager dan bij *Quercus rubra*. Vergelijkbare resultaten werden gevonden door Ritchie & Dunlap (1980), Englert et.al. (1993) en Insley (1982).

Vele onderzoeken hebben aangetoond, dat zowel te vroeg in het najaar rooien, als te laat in het voorjaar rooien, de kans vergroot op verminderde overleving en slechtere hergroei na het herplanten. Nadeel van te vroeg of te laat rooien is onder andere aangetoond voor *Pseudotsuga menziesii* (Hermann [et.al.] 1972), *Pinus resinosa* en *Pinus strobus* (Mullin, 1980), *Pinus banksiana*, *Picea glauca*, *Picea mariana* (Mullin & Reffle, 1980), *Picea pungens* (Tripepi & Carter, 1989), 13 soorten loof- en naaldbomen (Oldenkamp & Blok, 1969); *Pinus*- en *Picea*-soorten (Sutton, 1984), *Pinus clausa* (Hebb, 1976), *Pinus strobus* (Racey & Hutchison 1983), *Pinus banksiana* en *Picea glauca* (Mullin & Forcier (1976), *Pinus strobus* (Mullin, 1976); *Iberis sempervirens* (Walters, 1983), *Pseudotsuga menziesii* (Sloan, 1989), *Juglans nigra* (Rietveld & Williams, 1981).

De betere aanslag en hergroei van planten die in de winter worden verplant, wordt in verband gebracht met een grotere winterhardheid en een grotere tolerantie voor droogte bij planten in rust (Fuchigami, 1987; Murakami, 1990; Ritchie [et al.] 1985).

2.1.3. Bepalen van de mate van rust

De overgangen van de groeifase naar het ruststadium en omgekeerd verlopen geleidelijk. Praktische aanwijzingen voor het al of niet in winterrust zijn van planten, zijn onder andere de aanwezigheid van een eindknop, het gaan "schuiven" van knoppen in het voorjaar, de tijd vanaf bladval, het ontbreken van kiemwortels en de kalenderdatum.

In de literatuur is het meest gebruikelijke criterium om de mate van rust vast te stellen het aantal dagen dat knoppen nodig hebben om uit te lopen, wanneer de plant onder gunstige omstandigheden wordt gezet.

Soms worden koudesommen gebruikt om vast te stellen of een plant al of niet meer in winterrust is: *Juglans nigra* (Rietveld & Williams, 1981), *Pinus strobus* (Mullin & Hutchison 1978), *Larix* sp. (Mullin & Lucas, 1982), *Pinus resinosa* (Mullin, 1981), *Pinus strobus* (Racey & Hutchison 1983), *Pinus strobus* (Racey [et.al.] 1985). Een koudesom is het aantal dagen dat de temperatuur onder een zekere waarde is ge-

weest. Temperaturen onder het vriespunt worden hierbij meestal niet meegeteld. Deze blijken de fysiologische processen die met rustdoorbreking samenhangen te vertragen. Warme dagen kunnen het effect van koude nachten teniet doen (Ritchie & Dunlap, 1980). De mogelijkheden voor het gebruik van koudesommen worden beperkt doordat de geografische ligging invloed heeft op de hoogte van de benodigde waarde (Racey [et.al.] 1985). Bovendien is de uitkomst van de temperatuurmeting afhankelijk van de plaats waarop deze wordt verricht.

Het bepalen van concentraties of concentratieverhoudingen van hormonen (Ritchie & Dunlap, 1980) en andere chemische verbindingen, zoals zetmeel in oplosbare suikers (Menoud [et.al.] 1991 en (Ritchie, 1982) en veranderingen in de concentratie glutathion (Fuchigami & Nee, 1987) worden onderzocht.

Volgens Englert (1993) kan bij *Acer platanoides* en *Quercus rubra* de waterpotentiaal van scheuten een criterium zijn om de mate van rust vast te stellen, omdat deze bij planten in rust op een natuurlijk minimum is.

Tot nu toe is er geen eenduidige methode om vast te stellen of een plant in rust verkeert.

2.2 UITDROGING

2.2.1 Droogtetolerantie

De tolerantie van planten voor uitdroging is afhankelijk van het groeistadium (Hermann et.al., 1972). In rust is de tolerantie groter dan aan het begin of einde van de groeiperiode (zie ook paragraaf 2.1.). Mullin (1978) constateerde dat de gevoeligheid van *Pinus strobus* zaailingen voor uitdrogen toenam naarmate de planten later in het voorjaar werden verplant.

Quercus rubra zaailingen, die in februari waren gerooid, hadden na 48 uur uitdroging bij 20°C en 47% RV een gewichtsverlies van 20% ten opzichte van het versgewicht (Murakami [et al.] 1990). Het overlevingspercentage van deze zaailingen was 90%. In december gerooide zaailingen hadden bij dezelfde behandeling een overlevingspercentage van 50%. In oktober gerooide zaailingen hadden na een uitdrogingsduur van 12 uur al een uitvalspercentage van 50%. In hetzelfde onderzoek bleek *Acer platanoides* in februari na 48 uur uitdrogen een uitvalspercentage van 60% te hebben. Bij *Crataegus phaenopyrum* werd deze mate van uitval al na 24 uur blootstelling geconstateerd. Deze verschillen in gevoeligheid komen overeen met verschillen in diepte van de rust op de verschillende rooidata en de rustverschillen tussen de soorten. Englert (1993) en Murakami et.al. (1990) bevestigen de resultaten van dit onderzoek bij deze gewassen.

2.2.2 De relatie tussen de mate van uitdroging en de hergroei

Insley (1982) stelt dat vochtverlies gedeeltelijk omkeerbaar is. Schade door droogte treedt pas op wanneer het vochtverlies een zekere drempel heeft overschreden. De schadedrempel voor uitdroging verschilt per soort.

Evenals bij rust geldt ook bij uitdrogen, dat er in de literatuur zeer veel methoden gehanteerd worden om de mate van uitdroging en de gevolgen ervan voor de plant te meten. Gewichtsverlies (ten opzichte van het versgewicht) en het vochtgehalte (ten opzichte van het versgewicht of ten opzichte van het drogestofgehalte) zijn het meest gebruikelijk.

Brown (1979) meldt in zijn literatuurstudie, dat in het algemeen de schadedrempel voor uitdroging bij loofgewassen rond 10% van het versgewicht ligt. Bij naalddgewassen zou het vochtgehalte minimaal 110% ten opzichte van het drogestofgehalte moeten zijn.

Heiden & Cameron (1980) noemen als schadedrempel waarboven groeivermindering optreedt voor *Phlox subulata* 10% gewichtsverlies ten opzichte van het versge-

wicht. Tabbush (1987) noemt als minimale vochtgehalten in de wortel voor *Picea sitchensis* 250 % t.o.v. drooggewicht en 300% voor *Pseudotsuga menziesii*. *Pinus sylvestris* met een vochtgehalte van minder dan 47% t.o.v. het versgewicht overleven niet volgens Jakabffy (1975). Hij adviseert een minimum vochtgehalte van 55%. Lohbeck (1975) stelt dat bij *Pinus sylvestris* uitval plaatsvindt, wanneer planten 15% van hun versgewicht verloren hebben.

Harper (1992) vond een relatie tussen de door uitdroging toegenomen waterpotentiaal en de lengtegroei van onder andere *Betula*. *Betula* die 5 uur bij 20°C en 70% RV te drogen waren gelegd hadden een xyleem-waterpotentiaal van 16 in plaats van 7 bar. De lengtegroei van deze planten was de helft van de lengtegroei van planten die niet waren uitgedroogd. Webb (1980) en Murakami et al. (1990) constateerden eveneens een correlatie tussen de door uitdrogen afgenomen waterpotentiaal en de overleving van alle zeven onderzochte soorten loofbomen.

Insley (1982) vond bij *Quercus petraea* en *Acer platanoïdes* een sigmoïd verband tussen uitdroging en overlevingspercentage. Bij *Betula pubescens* en *Crataegus monogyna* vond hij eveneens een verband tussen de overleving en mate van uitdroging, bij *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastana* en *Robinia pseudoacacia* niet. Insley gebruikte ook het begrip LD50: de letale dosis, uitgedrukt in gewichtsverlies ten opzichte van het drooggewicht, waarbij 50% van de planten dood ging. De LD50 was voor *Nothofagus obliqua* 75% en voor *Tilia cordata* 31%. Hetzelfde begrip wordt gehanteerd door Chen [et al.] (1991). Zij spreken van "kritisch vochtgehalte". Voor alle door hen geteste ent-onderstam combinaties bij appel was het kritisch vochtgehalte 50% ten opzichte van het drooggewicht.

Heiden & Cameron (1980) vonden een lineair verband tussen groei uitgedrukt in een standcijfer en de mate van gewichtsverlies bij *Dicentra*, *Gaillardia*, *Phlox* en *Coreopsis*. Zij constateerden dat 50-70% gewichtsverlies dodelijk was. Bij *Phlox* was de invloed van uitdroging op de kwaliteit (= het standcijfer) pas merkbaar boven 10% gewichtsverlies.

Lefevre (1992) concludeerde dat *Picea pungens glauca* zaailingen pas boven 25% gewichtsverlies ten opzichte van het versgewicht verminderde overleving vertoonden. Boven 60% gewichtsverlies overleefde geen enkele plant.

Volgens Hermann [et al.] (1972) is het aantal dagen tot het uitlopen van de knoppen het enige criterium, dat goed samenhangt met het overlevingspercentage van planten na aan droogte te zijn blootgesteld.

De bovengenoemde schadedrempels zijn onderling niet vergelijkbaar. Dit komt doordat de criteria aan de hand waarvan de schade is vastgesteld en de bepaling van de mate van uitdroging verschillen.

2.2.3 Uitdrogingssnelheid

Naaktwortelig verhandelde planten staan voortdurend bloot aan uitdroging. Ze kunnen het ontstane vochttekort alleen aanvullen wanneer de wortels met water in contact komen.

In de literatuur wordt uitdroging in het algemeen als het grootste gevaar voor naakt wortelige gewassen in de afzetketen gezien (o.a. Englert, 1993; Cameron & Maqbool, 1986; Mullin, 1978; Blok, 1974; Lohbeck, 1975; Kozłowski and Davies, 1975).

De factoren die de snelheid bepalen waarmee de plant vocht verliest, zijn de weerstand van de plant, het dampdrukdeficiet en de windsnelheid. Het dampdrukdeficiet is afhankelijk van de temperatuur en relatieve vochtigheid in de ruimte en in de plant. Op de achtergronden van het dampdrukdeficiet en de invloed van wind zal hier niet verder worden ingegaan. Volstaan wordt met het geven van een aantal voorbeelden van de snelheid van uitdrogen bij diverse omstandigheden. In paragraaf 2.2.4. en 2.2.5. zal vervolgens de weerstand van de plant tegen uitdrogen nader worden besproken.

Cameron (1980) constateerde dat vaste planten bij "kamertemperatuur en RV" 2 à 3% van het versgewicht per uur verloren. De schadedrempel waarboven de hergroei vermindert (10% van het versgewicht) is dan na 3,5 à 5 uur bereikt.

Lefevre (1991) constateerde dat *Picea pungens glauca* verpakt in kartonnen dozen zonder coating, bij 20°C en 35% RV, 11% van het versgewicht per dag verliezen.

De door hem genoemde schadedrempel voor overleving van de planten (25% gewichtsverlies) is dan in iets meer dan 2 dagen bereikt.

Mullin (1978) constateerde dat van *Pinus strobus* zaailingen die voor het herplanten 1 uur boven de grond hadden gelegen twee maal zoveel uitval hadden als planten die direkt werden gepoot. Na 3 uur overleefde slechts 7 - 25% van de planten. Hij constateerde dat boven 80% RV de planten 3 uur bovengronds liggen redelijk verdroegen (uitval minder dan 25%).

Uit bovengenoemde voorbeelden blijkt, dat uitval door uitdroging al na een zeer korte blootstellingsduur op kan treden.

2.2.4 Verloop van het vochtverlies

Murakami [et al.] (1991) constateerde bij *Malus* entlingen de eerste 6 uur na het rooien een snelle en na 12 uur een langzamere uitdrogingssnelheid. Dit zou volgens hem samenhangen met de mate waarin water gebonden is in de plant.

Metingen aan het vochtverlies van diverse boomkwekerijgewassen indiceren eveneens dat de vochtafgifte in fasen verloopt (van Beek & Maas, 1987). In de eerste fase verdwijnt het vrije water en hangwater uit het oppervlak van de plant. In de tweede fase heeft de plant nog een hoog vochtgehalte en de dampspanning in de plant ligt rond het verzadigingsniveau. De huid vormt de grootste weerstand tegen uitdroging. In deze fase is de waterafgifte constant. In de derde fase vindt afname plaats van de hoeveelheid vocht tot het dampspanningsniveau in de lucht is bereikt. Er stelt zich een evenwichtssituatie in. Voor de praktijk is het dus van belang dat de planten al direkt na het rooien tegen uitdrogen worden beschermd.

Bij het onderzoek van van Beek & Maas (1987) worden ook cijfers gegeven voor de specifieke vochtafgifte van gewassen per kilo en per oppervlak. Het onderende van appeltakken verliest per kilo minder snel vocht dan de top. Per oppervlakteëenheid verliezen de onderenden juist sneller vocht dan toppen.

Wortels van *Rosa* verliezen 3 maal zo snel vocht als takken (van Beek en Maas, 1987). Wortels van *Crataegus phaenopyrum* en *Acer platanoides* verliezen eveneens sneller vocht dan scheuten, namelijk respectievelijk ± 7 en $\pm 30\%$ van het versgewicht in 18 uur bij 22°C en 43% RV (Murakami [et al.] 1990).

Meerjarige wortels hebben evenals scheuten een verkurkte schorslaag. Bij jonge wortels, die juist zijn ingericht op het gemakkelijk doorlaten van water, ontbreekt de kurklaag aanvankelijk. Verkurking treedt pas op bij het in rust gaan (Carlson, 1985). Mede hierdoor drogen planten die nog niet of niet meer in rust zijn sneller uit. Met name wortels moeten dus tegen uitdrogen worden beschermd.

Er zijn geen gegevens aangetroffen over transport van water tussen scheuten en wortels. Het lijkt waarschijnlijk dat dit transport wel plaatsvindt.

2.2.5 Morfologie

Insley (1982) toonde aan dat dunne wortels sneller uitdrogen dan dikke wortels en als eerste afsterven. Het afsterven van wortels gaat gepaard met verlies aan reservestoffen die in deze wortels zijn opgeslagen. Door afsterven van de zijwortels ten gevolge van uitdrogen gaat bij *Betula pubescens* 40% van de koolhydraatreserves verloren, bij *Fraxinus angustifolia* 30%.

Hij toonde aan dat de groei van *Fraxinus angustifolia* zaailingen waarvan de zijwortels waren uitgedroogd overeen kwam met de groei van planten waarvan de zijwortels waren verwijderd.

Insley (1982) toonde verder aan, dat de mate waarin planten vocht verliezen meer van de vorm en vertakking van het wortelgestel afhangt dan van de plantesoort. Uitdroging begint aan de (dunne) uiteinden van de wortels en verplaatst zich steeds verder naar binnen. De penwortel wordt het laatst beïnvloed. Het vochtgehalte van het uitgangsmateriaal verschilt per soort.

Ook Englert (1993) constateerde dat eenjarige zaailingen van *Acer platanoides*, *Quercus rubra* en *Crataegus phaenopyrum* op vergelijkbare wijze vocht verliezen, gemeten als procentuele afname van het versgewicht. De gevolgen voor de groei zijn voor de soorten verschillend.

Planten met een fijn vertakt wortelstelsel drogen sneller uit dan planten met een penwortel. Dit betekent voor de praktijk, dat ondersneden en verspeende planten gevoeliger voor uitdrogen zijn en meer zorg in de afzetketen vragen. Ondersneden of verspeende planten, die niet zijn blootgesteld aan uitdroging, slaan na het verplanten gewoonlijk beter aan dan planten die vast hebben gestaan (Gerritsen et al., 1969; Kainer et al., 1990; Brown, 1979; Arends, 1991; Gilman & Kane, 1990; Walters, 1983). Dit komt doordat een vertakt wortelgestel op meer plaatsen nieuwe wortels kan maken dan wortelstelsels met een penwortel. Een vertakt wortelgestel kan dus voor- en nadelen hebben.

2.3 RESPIRATIE

2.3.1 Reservestoffen

Tijdens de groei en bij het in rust gaan slaan planten reservestoffen op. De reservestoffen bestaan vooral uit koolhydraten, zoals zetmeel, suikers en hemicellulose. De meeste coniferen en sommige bladverliezende soorten slaan ook reservestoffen in de vorm van lipiden op. Andere vormen van reserves zijn eiwitten en aminozuren. Zetmeel is de belangrijkste reservestof.

Lipiden worden vooral in de stam opgeslagen. Koolhydraten komen in alle planteorganen voor. Wortels bevatten een hogere concentratie koolhydraten dan andere plantedelen. De totale hoeveelheid reservestoffen die in de wortels is opgeslagen hangt af van de verhouding tussen boven- en ondergrondse delen en bij coniferen ook van de relatieve hoeveelheid naalden.

De hoeveelheid reservestoffen die planten opslaan, hangt af van de weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen, de gezondheid van de plant en van teeltmaatregelen, zoals ontbladeren en ondersnijden.

2.3.2 Uitputting

Zolang de plant in rust is verbruikt de plant reservestoffen voor de zogenaamde onderhoudsademhaling of respiratie. Als gevolg van deze ademhaling neemt de hoeveelheid reservestoffen af.

Menoud (1991) constateert een afname van het drooggewicht van *Rosa 'Mme A. Meilland'* na 16 weken opslag bij 1°C ten gevolge van respiratie.

Ritchie (1982) heeft gedurende een jaar de respiratie van *Pseudotsuga menziesii* tweejarige zaailingen gemeten tijdens opslag bij -1 en +2°C. Hij toont een afname van de totale hoeveelheid niet-gebonden koolhydraten aan met 0,02-0,07 mg CO₂/g/uur of ±10% drogestof in 12 maanden. Van den Driessche vond voor *Pinus resinosa* en *Picea glauca* bij 4,5°C respiratiesnelheden van 0,025-0,046 mg CO₂ per gram droge stof per uur. Het drogestofverlies komt daarmee op 4-4,5% per 100 dagen. Onder geconditioneerde omstandigheden was de eerste twee maanden de respiratie het hoogst, daarna was de afname van de hoeveelheid koolhydraten vrijwel constant. Dit verschijnsel is ook door McCracken (1979) waargenomen bij *Pinus radiata* en *Pinus mugo*. Als verklaring voor de hogere respiratie bij het begin

van de bewaarperiode worden een reactie genoemd op verwondingen bij het rooien en op hoge temperaturen tijdens sorteren en verpakken. Ook de hogere planttemperatuur aan het begin van de bewaarperiode kan een oorzaak zijn van het aanvankelijk hogere koolhydratenverlies.

Het verbruik van reservestoffen tijdens opslag mag niet te groot zijn, want het gaat ten koste van de energie die de plant over heeft voor het uitlopen van scheuten. Uit ringproeven, waarbij van de stam rondom een stuk bast wordt verwijderd, blijkt dat wortels voor de hergroei niet alleen putten uit voorraden, maar ook nieuw gevormde koolhydraten nodig hebben (Ritchie & Dunlap, 1980; Glerum, 1980).

Brown (1979) meldt dat bij een verlaging van de bewaartemperatuur van +1 tot -2°C een duidelijke afname van de CO₂ produktie plaatsvindt. De CO₂ produktie is een maat voor de respiratie. Deze afname is bij een temperatuursverlaging van -2 tot -6°C zeer gering.

De afname van suikers en zetmeel door respiratie in wortels en stam is bij *Pinus radiata* veel sterker dan bij *Pinus mugo* (McCracken, 1979). Dit uit zich in een verminderde bovengrondse groei bij *Pinus radiata* na 12 weken opslag. *Pinus radiata* behoort tot de soorten die moeilijk te bewaren zijn. McCracken veronderstelt dat het zetmeelgehalte in de stam te laag is geworden. Het zetmeelgehalte in de stam is na 12 weken opslag bij 1°C nog slechts 40% van de oorspronkelijke hoeveelheid. Dit zou te gering zijn om uitlopen van de knoppen mogelijk te maken.

Puttonen (1980) vergeleek gedurende twee weken de respiratie van *Pinus sylvestris* zaailingen in mei bij verschillende bewaartemperaturen in het donker. Als maat voor de respiratie gebruikte hij de hoeveelheid zuurstof die door de plant werd verbruikt. Hij constateerde dat boven een totaal verbruik van 8000 ul O₂ het overlevingspercentage afnam met ongeveer 10% per 1000 ul O₂. Dit komt overeen met een sterftecijfer van 50% na 13 dagen opslag bij 21°C. Ook de lengtegroei en de spruit/wortel-verhouding namen af met toenemend verbruik van reservestoffen.

McCracken (1979) vergeleek in zijn onderzoek ook ondersneden met niet-ondersneden planten. Niveau en afname van de koolhydraten verschilden niet significant en bleken geen verklaring voor de herhaaldelijk gevonden betere aanslag en hergroei van ondersneden planten.

Uitputting van reservestoffen kan een oorzaak zijn voor slechtere aanslag en hergroei van planten die enige maanden zijn opgeslagen of bij hoge temperaturen zijn bewaard.

2.3.3 Warmteproduktie

Bij de ademhaling van planten komt warmte vrij. Hoe hoger de temperatuur is, des te hoger is de ademhalingssnelheid en des te meer warmte er vrijkomt. De meest actieve delen van de plant hebben de hoogste warmteproduktie.

Bij groene *Azalea* neemt de warmteproduktie tussen 10 en 15°C zeer sterk toe namelijk 100 W/ton, bij bloeiende *Azalea* is dit zelfs 150 W/ton. Tussen 5 en 10°C stijgt de warmte produktie bij beide van ± 40 naar ± 45 W/ton (Kornet & Verbeek, 1983).

Rozenonderstammen hebben bij -2°C een warmteproduktie van 77 W/ton, bij +4 °C 95 W/ton. Handveredelingen van *Populus canescens*, *Prunus serrulata* en *Gleditsia triacanthos* hebben bij +0,8°C een warmteproduktie van ± 30 W/ton (Kornet en Verbeek, 1983).

Door eigen warmteproduktie kan de planttemperatuur gaan afwijken van de ruimte temperatuur. Wanneer de warmte van de planten niet kan worden afgevoerd, loopt de planttemperatuur steeds verder op. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen in grote stapels. Een hogere temperatuur versnelt de ademhaling en de plant gaat dan nog meer warmte produceren. Dit proces waarbij de temperatuur in een stapel planten voortdurend oploopt wordt broei genoemd. Broei wordt nog versterkt wanneer bladresten op het gewas aanwezig zijn. Deze verhinderen de luchtdoorvoer en

daarmee de warmteafvoer. Daarnaast ontwikkelen zich op de bladresten schimmels en bacteriën, die ook warmte produceren en het proces van broei versterken.

Over het optreden van broei bij boomkwekerijgewassen zijn geen onderzoeksgegevens aangetroffen. Dat het voorkomt leidt geen twijfel. Tijdens de inventarisatie behorende bij dit Ketenonderzoek werd in januari broei geconstateerd in een stapel ongesoorteerde rozenonderstammen in een loods (zie Deelrapport 1).

Broei kan worden voorkomen door niet te dichte en grote stapels te maken en de ruimtetemperatuur laag te houden. Zo wordt bij de winteropslag van vaste planten op een stapel buiten, afgedekt met grond (een zogenaamde "pet"), wegens de kans op broei geadviseerd niet te vroeg in het najaar te beginnen en tot eind december de "pet" niet hoger dan 25 cm te maken. Ook wordt geadviseerd om vaste planten die in het najaar zijn geroid, na het rooien te koelen (Walters, 1983; van Leeuwen, 1992).

Brown (1971) adviseert in verband met broei coniferenzaailingen van 30-45 cm in palletboxen in de koelcel slechts in één laag rechtop te zetten.

Bij het transport van snijbloemen wordt de ideale afmeting van transportdozen berekend op grond van de warmteproductie van de bloemen en de maximaal aanvaardbare temperatuurstijging (Verbeek & Poppezijn, 1982).

3 KLIMAATSOMSTANDIGHEDEN

Afhankelijk van de klimaatsomstandigheden in de afzetfase hebben de planten meer of minder te lijden. In dit hoofdstuk wordt besproken welke invloed de verschillende klimaatsfactoren kunnen hebben. Aan de orde komen temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, licht, zuurstof en CO₂ gehalte en ethyleen. In dit hoofdstuk is ook een paragraaf opgenomen over schimmeligroei. Het voorkomen van schimmeligroei hangt namelijk in sterke mate af van de klimaatsomstandigheden.

3.1 TEMPERATUUR

3.1.1 Optimale temperatuur

Zeer veel onderzoek is verricht naar de optimale temperatuur voor de winteropslag van allerlei boomkwekerijgewassen.

Vrijwel alle onderzoeken naar de beste bewaar temperatuur voor winteropslag van boomkwekerijgewassen wijzen in dezelfde richting: de optimale temperatuur ligt tussen -2 tot +2°C Racey, 1983: *Pinus sylvestris*, *Pinus strobus*; Mullin, 1982: *Larix sp.*; Mullin, 1982: *Picea glauca*, *P. mariana*; ka121, Heiden & Cameron, 1980: vaste planten; Englert et al., 1993: *Quercus rubra*, *Acer platanoïdes*, *Sorbus aucuparia*, *Crataegus phaenopyrum*, *Betula papyrifera*; Cameron, 1989: beworteld stek van diverse heesters; Webb en von Althen, 1980, *Acer saccharum*, *A. saccharinum*, *Fraxinus americana*, *Quercus rubra*, *Tilia americana*, *Betula papyrifera*, *Juglans nigra*; Davidson & Mecklenburg, 1984, vruchtbomen, vaste planten, coniferen, beworteld stek; Schnelle, 1992: *Malus 'Radiant'*).

Bij temperaturen tussen -2 en +2°C is de respiratie van de planten laag en komt weinig schimmeligroei voor. De optimale temperatuur voor winteropslag is niet nog precieser aan te geven. In de praktijk hangt deze behalve van de plantesoort ook af van het stadium waarin de plant is gerooid en de gewenste bewaarduur. Hoe winterharder het gewas en hoe langer de gewenste bewaarduur is, des te lager kan de bewaar temperatuur zijn.

Nadelen van temperaturen onder het vriespunt zijn de gevoeligheid voor breuk en het aan elkaar vastvriezen van bevroren planten (Brown, 1971). De planten moeten voor gebruik tijdig worden ontdooid.

Voor Nederlandse omstandigheden kan aangenomen worden dat planten, die tussen eind november en eind januari zijn gerooid, enige maanden ingevroren kunnen worden bewaard. Eerder of later gerooiden planten lopen meer risico op schade door invriezen en zijn minder geschikt om langdurig op te slaan.

Lavender & Wareing (1972) onderzochten de invloed van een hogere worteltemperatuur (15°C) tijdens bewaring in een koelcel bij 4°C. Een hogere worteltemperatuur bleek gunstig voor *Pseudotsuga menziesii* zaailingen die in oktober waren gerooid. Voor in januari en februari gerooiden planten was een hoge worteltemperatuur nadelig. Het tijdens bewaring geleidelijk verlagen van de temperatuur van 14 tot 2°C was nadelig voor de aanslag en hergroei.

Bij de beoordeling van de resultaten van de onderzoeken moet er rekening mee worden gehouden dat de planten niet altijd zijn verpakt. Verschillen in aanslag en hergroei kunnen dan ook door verschillen in uitdroging zijn veroorzaakt. Zoals in een onderzoek van Englert [et al.] (1993). Bij *Quercus rubra*, *Acer platanoïdes*, *Sorbus aucuparia* en *Betula papyrifera* was meer uitval bij +4°C en 0°C dan bij -4 of -2°C. Dit zou mede door verschillen in uitdroging veroorzaakt kunnen zijn.

Een tweede punt van aandacht bij de vergelijking van temperatuuronderzoeken is de plaats waar de temperatuur gemeten is. Meestal is de ruimtetemperatuur gemeten. Afhankelijk van de wijze van stapelen en verpakken van de planten kan de planttemperatuur hiervan afwijken.

Ritchie (1982) stelt dat de bewaring invloed kan hebben op de droogtetolerantie en winterhardheid van planten via het effect van temperatuur op de suikerconcentratie. Hij heeft aangetoond dat suiker- en zetmeelconcentraties van wortels, stam en naalden van *Pseudotsuga menziesii* tijdens langdurige bewaring bij -2 en +1°C verschillend verlopen. Juist deze stoffen spelen een rol bij de winterhardheid en droogtetolerantie.

Voor gewassen die tijdens de groei worden verhandeld, (pot- en containerteelt) gelden andere bewaartemperaturen, omdat deze veel minder kouderesistent zijn. Bij kamerplanten ligt de ondergrens bij 10-15°C. De bovengrens ligt rond de 36°C, al zal vanaf 20°C de ademhaling zo hoog zijn dat de conditie van de planten snel achteruit gaat. Zeker wanneer de planten in het donker worden opgeslagen en de fotosynthese te gering is om de verbruikte voorraden aan te vullen.

3.1.2 Te lage temperatuur

Lagere temperaturen dan -2°C kunnen bij wortelgoed vorstschade veroorzaken. Het overlevingspercentage van zaailingen van *Quercus*, *Fagus* en *Betula* die bij -5°C gedurende 2 tot 12 maanden waren bewaard, was lager dan van planten die bij +2°C werden opgeslagen (Aldhous, 1964). Hetzelfde geldt voor de zeven soorten loofbomen die Webb en von Althen (1980) hebben bewaard bij -5 en -10°C. *Crataegus* had meer uitval bij een bewaartemperatuur van -4°C, dan bij 0, -2 of +4°C (Englert et al. 1993). Dit gewas heeft een minder diepe rust en mindere winterhardheid dan bijvoorbeeld *Quercus rubra* en *Acer platanoïdes*. Ook *Juglans nigra* zaailingen zijn vorstgevoelig. Na bewaring bij -5°C trad in ernstige mate wortelrot op, bij -2 en 3°C niet (Tisserat, 1984). Een bewaartemperatuur van -12°C is fataal voor zaailingen van *Pinus strobus* en *Pinus resinosa* (Mullin, 1980).

Volgens Odlum (1991) is een belangrijke oorzaak voor vorstschade bij kluitplanten na ingevroren bewaring, dat scheuten sneller ontdooien dan kluiten. Wortels kunnen dan het door de scheuten verdampte vocht niet aanvullen en de plant droogt uit. Of dit bij naaktwortelige gewassen ook het geval is, is onduidelijk.

Gewassen die aan het begin of einde van de echte rust zijn gerooid en zijn minder winterhard en dus gevoeliger voor lage temperaturen. Deze planten en ook niet-winterharde soorten kunnen beter niet worden ingevroren (Sutton, 1984). Dit is aangetoond onder andere voor *Pinus banksiana* (Mullin, 1979; Racey, 1983), *Pinus contorta* en *Pinus glauca engelmannii* (Ritchie, 1985), *Abies fraseri* (1982), *Pinus strobus* (Mullin & Laupert, 1981; Racey, 1985; Mullin, 1976), bosplantsoen (Oldenkamp, 1969), *Pseudotsuga menziesii* (Sloan, 1989), *Pinus banksiana*, *Picea glauca*, *Picea mariana* (Mullin, 1976).

Een praktisch bezwaar tegen het aanhouden van een lagere temperatuur in de klimaatcel dan voor de planten nodig is, is het overbodig hoge energieverbruik van de koelinstallatie. Temperaturen lager dan -2°C zijn in de praktijk niet nodig.

3.1.3 Te hoge temperatuur

Gevolgen van een te hoge bewaartemperatuur zijn minder gedocumenteerd. Vermoedelijk komt dit doordat uit de praktijk al duidelijk was dat hoge temperaturen niet geschikt zijn: planten gaan uitlopen, partijen verrotten enzovoort. Ook in speciale (niet-geconditioneerde) bewaarplaatsen, bijvoorbeeld ondergrondse kelders, gebeurt dit (Brown, 1971).

Hogere temperaturen dan 2°C kunnen nadelig zijn door het optreden van schimmels (Hinesley, 1982; Hanchek [et al.] 1990; Brown, 1971), het ongewenst vroeg uitlopen van ogen (Webb en von Althen, 1980) en de hogere respiratie. De bewaar-duur neemt in het algemeen af met een toenemende bewaartemperatuur (o.a. Englert [et al.] 1993). Planten waarvan al aan de koudebehoefte is voldaan, lopen sneller uit naarmate de temperatuur hoger is.

3.1.4 Temperatuurschommelingen

Diverse auteurs wijzen op het belang van een zo constant mogelijke temperatuur in koelcellen. Davidson (1984) stelt dat temperatuurschommelingen niet groter mogen zijn dan 1,6°C (3°F). Temperatuurdaling in bijna verzadigde lucht kan condensatie op de planten tot gevolg hebben. Een temperatuursstijging veroorzaakt vochtonttrekking aan het gewas. Warme lucht kan namelijk meer vocht bevatten en dit zal aan het gewas onttrokken worden. Verder kan door temperatuursfluctuaties de temperatuur voor kortere of langere tijd beneden de grens komen die vorstschade aan planten veroorzaakt.

Of temperatuursschommelingen rond het vriespunt ook directe schade veroorzaken door het herhaaldelijk vriezen en dooien, bijvoorbeeld het lekragen van cellen ten gevolge van de vorming van ijskristallen is niet bekend. Evenmin is het effect van temperatuursschommelingen in niet-geconditioneerde ruimten op planten bekend. In principe leidt iedere verandering in het klimaat tot een reactie van de plant, bijvoorbeeld aanpassen van de ademhalingssnelheid.

Bij het afkoelen van planten ontstaat vochtverlies. De planten koelen namelijk gedeeltelijk af door water te verdampen. De warmte en het vocht die hiervoor nodig zijn worden aan de planten onttrokken. De eerste dagen van de opslagperiode wordt dan ook gewoonlijk een relatief sterke gewichtsdeling geconstateerd (brochure bewaring). Bij langzame afkoeling treedt naar verhouding meer afkoeling op door straling en convectie.

3.2 LICHT

In de praktijk betekent geconditioneerde bewaring ook donkere bewaring. Het belichten van planten in ruimten volgepakt met planten, die vaak ook nog verpakt zijn, is moeilijk te realiseren.

Over de invloed van licht tijdens de bewaarperiode is in de literatuur na 1970 slechts één artikel aangetroffen.

Lavender (1972) toonde aan bij *Pseudotsuga menziesii* zaailingen dat belichting tijdens bewaring van half oktober gerooide planten (9 uur daglengte, 600 lux) het overlevingspercentage en de hergroei van wortels en scheuten ten opzichte van donkere bewaring verbeterde. Verondersteld werd, dat dit te maken had met de nog niet volledig ingetreden rusttoestand van de plant. Het warmer houden van de wortels had dezelfde invloed, maar in iets mindere mate. Nog beter bleek het om de planten tijdens de teelt enige weken voor het rooien onder kortedag omstandigheden te plaatsen en lage nachttemperaturen aan te houden, waardoor de planten eerder in rust gingen.

Het is onduidelijk of het effect van de belichting tijdens de bewaarperiode in deze proef een temperatuurverhogende werking kan hebben gehad, waardoor het positieve effect ook te verklaren zou zijn. Gewoonlijk wordt aangenomen dat planten in rust geen licht nodig hebben.

3.3 RELATIEVE LUCHTVOCHTIGHEID

In verband met het gevaar voor uitdrogen is algemeen het advies om de relatieve luchtvochtigheid in de opslagruimte zo hoog mogelijk te houden (>90-95%). Toch kunnen ook dan de planten nog uitdrogen. Sharp en Mason (1992) toonden aan dat zelfs in een bevochtigde koeling *Picea sitchensis* en *Pseudotsuga menziesii* zaailingen nog uitdrogen. Luchtcirculatie, nodig om een gelijkmatige temperatuursverdeling te krijgen, verhoogt de uitdrogingsnelheid.

Het is moeilijk om in koelcellen een hoge relatieve luchtvochtigheid te realiseren. Bij

temperaturen onder het vriespunt is dit door bevrozing van de waterdamp nog moeilijker.

Koelunits die zich in de te koelen ruimte bevinden (direkte koelingen) onttrekken door condensatie op de verdamper vocht aan de lucht en aan de opgeslagen planten. Dit is niet het geval bij zogenoemde mantelkoelingen, waarbij de koelinstallatie zich buiten de koelruimte bevindt. In beide type koelingen wordt vocht uit de koelingen onttrokken door het openen van deuren. Op het moment dat de deuren open zijn vindt vochtuitwisseling plaats met de naastgelegen ruimte met afwijkende dampdruk.

Beter dan het hoog houden van de luchtvochtigheid is het om de planten te verpakken. In de verpakking is het dampdrukdeficiet veel lager en meer constant te houden dan in de klimaatcel. Bovendien gaat uit een dampdichte verpakking geen vocht verloren.

3.4 CO₂- EN O₂-GEHALTE IN DE LUCHT

Bij respiratie wordt zuurstof (O₂) verbruikt komt koolzuurgas (CO₂) vrij. In een gesloten ruimte en in verpakkingen kan hierdoor de luchtsamenstelling veranderen: de zuurstofconcentratie daalt en het koolzuurgehalte stijgt. Vervolgens kan een laag O₂ en een hoog CO₂-gehalte de respiratie van de planten doen verminderen. Hiervan wordt bijvoorbeeld bij de opslag van appels gebruik gemaakt om de houdbaarheid te verlengen. Men spreekt dan van controled atmosphere (CA)-bewaring.

Over de luchtsamenstelling en de invloed hiervan op de houdbaarheid van boomkweekgewassen in rust is weinig bekend.

Van den Driessche (1979) heeft in met PE gecoate papieren zakken na 12 weken opslag bij 4,5°C CO₂-concentraties aangetoefd van respectievelijk 1,1 en 0,75% voor *Pinus resinosa* en *Picea glauca*. Na 18 weken bij -4°C waren deze gehalten 2,1 en 1,25%.

Metingen van de respiratie toonden aan dat deze CO₂-concentraties de respiratie niet remmen.

Het CO₂-gehalte in zakken met rozenonderstammen die op praktijkwijze zijn dichtgeplakt bedroeg 2-4% na 2 tot 6 weken bij 5°C te zijn bewaard. In volledig dichtgeplakte zakken was dit 8-10% (Jaarverslag Proeftuin Noord-Nederland, 1974). De zuurstofgehalten in dezelfde proef waren respectievelijk 6-8 % en 12-16 %. Gevolgen voor de groei konden niet worden aangetoond.

Molenaar (1985) constateerde een CO₂-concentratie van 5% bij *Rosa* en *Ribes sanguineum* die twee en drie maanden in een gasdichte folie (niet gespecificeerd) werden bewaard bij +1°C. Bij *Forsythia intermedia* was dit gehalte 2%. Aan deze metingen werden geen conclusies voor de groei van de planten verbonden.

Bij bewaring van leliebollen in zogenoemde Modified Air- verpakkingen, die weinig CO₂ en O₂ doorlaten, zijn O₂- en CO₂-concentraties van respectievelijk 4% en 7% aangetroffen (Boerrigter en Evenlo, 1993). De bollen liepen tijdens de bewaarperiode minder uit dan bollen in geperforeerde PE-zakken. De hergroei na opplanten wordt bij lelies niet beïnvloed door lage O₂ en hoge CO₂ gehalten (Peppelenbos en van 't Leven, 1993).

3.5 ETHYLEEN

Ethyleen wordt door de plant zelf gevormd als bijproduct van afbraak processen. Ethyleen is evenals CO₂ een stof die tijdens bewaring in geconditioneerde ruimten en/of in gesloten verpakkingen kan oplopen. Bij *Rosa* werd geconstateerd dat de gemeten ethyleenconcentratie in zakken met planten toenam met de bewaarduur (Molenaar, 1985). Bij *Ribes* en *Forsythia* kon dit niet worden aangetoond. Blake(1989) constateerde bij *Pseudotsuga menziesii* en *Tsuga heterophylla* eveneens

met de bewaarduur oplopende ethyleenconcentraties in PE zakken.

Gevoelige gewassen vertoonden in de groeifase na blootstelling aan 0,05 $\mu\text{mol/liter}$ gedurende 12 uur in het donker bij 20°C bladval, bloem- en knopval of bladvergeling (Woltering, 1987).

Tijdens opslag van boomkwekerijgewassen in rust worden in de literatuur gehalten vermeld uiteenlopend van 0 tot 2,5 $\mu\text{mol/liter}$ lucht. Waarden boven de schadedrempel komen dus voor.

Over de invloed van ethyleen op gewassen in de rusttoestand is weinig bekend. De werking is behalve van het groeistadium afhankelijk van de concentratie, de temperatuur en de blootstellingsduur. Ethyleen zou volgens Fuchigami [et al.] (1987) een rol spelen bij de rustdoorbreking. Blake (1992) constateerde een hoger overlevingspercentage van *Pseudotsuga menziesii* en *Tsuga heterophylla* zaailingen die tijdens bewaring waren blootgesteld aan 5 ppm ethyleen, ten opzichte van planten, die met 0 (KMnO_4) of 0,5 ppm ethyleen werden behandeld. Bij zaailingen van *Pseudotsuga* van een andere herkomst en *Abies procera* werd geen enkele invloed van ethyleen geconstateerd. Blake verklaarde de invloed van ethyleen door een mogelijk hogere ziekteresistentie. Dat een hoge concentratie nodig was verklaarde hij door de lage ruimtetemperatuur en ongevoeligheid van het weefsel.

Bij *Pseudotsuga menziesii* bestond een positief verband tussen de ethyleenconcentratie in de zakken en de mate van naaldverkleuring. In dit en in later onderzoek (Blake, 1992) constateerde hij ethyleenconcentraties variërend van 0,1 tot 2,25 ppm in gesloten verpakkingen. Bij in december gerooide planten werden in beide onderzoeken lagere ethyleengehalten gemeten dan bij eind september of oktober gerooide planten.

Rosa blootgesteld aan 10 ppm tijdens de bewaarperiode liepen traag uit. Groenblijvende gewassen vertonen bladval na blootstelling aan ethyleen. Bij appelbomen worden knopval en lesies (dode plekken) op de stam veroorzaakt door bewaring bij 1 ppm ethyleen (Curtis & Rodney, 1952).

In het algemeen worden hoge ethyleengehalten nadelig geacht. Het langdurig opslaan in volledig gesloten ruimten en verpakkingen, waardoor ethyleen zich kan ophopen, houdt mogelijk een risico in.

3.6 SCHIMMELS

In een onderzoek naar het voorkomen van schimmels op een groot aantal soorten vaste planten in koelcellen bleken veruit de meeste "bewaarschimmels" saprofytisch, dus niet pathogeen te zijn (Hanchek, 1990). Schade aan de planten door dit type schimmels treedt pas op wanneer de schimmelgroei zo explosief is dat er verstikking optreedt. Wel wordt het uiterlijk van de planten er negatief door beïnvloed.

Schimmels waarvan wel schade gemeld is zijn *Fusarium* sp., *Botrytis* en *Cylindrocarpum* (Brown, 1971)

Schimmelgroei hangt samen met de aanwezigheid van vrij water op de planten, de temperatuur en de aanwezigheid van wondvlakken of dode plantresten.

Vaste planten niet snoeien bleek effectiever voor het tegengaan van schimmels dan het behandelen met een coating waaraan een fungicide was toegevoegd (Hoogerwerf et al., 1985).

Schimmelgroei kan worden tegengegaan door uitsluitend droge planten op te slaan en condensvorming op de planten te voorkomen en de bewaartemperatuur onder of vlak boven het vriespunt te houden (o.a. Racey, 1985). Morby & Ryker (1980) constateerden bij -2,2°C geen schimmelgroei op wortelgoed van naaldhout, bij +0,6°C wel.

Preventieve behandelingen met fungiciden (bijvoorbeeld Benlate) bleken bij *Abies fraseri* zaailingen nadelig voor de hergroei (Hinesley, 1982). Hetzelfde werd door Hanchek (1990) geconstateerd bij vele soorten vaste planten.

4 BESCHERMENDE MAATREGELEN

Rekening houdend met de fysiologie van de planten en de gewenste klimaatsomstandigheden bestaan er diverse mogelijkheden om de planten in de afzetfase tegen negatieve invloeden te beschermen. Deze mogelijkheden bevinden zich op het terrein van bewaren, verpakken en het transport.

4.1 BEWAARMETHODEN

In dit hoofdstuk wordt de term bewaren gezien in de ruimste zin van het woord. Ook het tijdelijk op het veld laten liggen van planten na het rooien valt onder "bewaren" evenals tussentijdse opslag op het erf na het lossen.

4.1.1 Kuilen

Er zijn weinig recente onderzoeken aangetroffen naar de invloed van kuilen op de plant ten opzichte van direkt herplanten of opslag in koelcellen.

In slecht ontwaterde kuilhoeken kan uitval door ziekten voorkomen. Dit is bijvoorbeeld aangetoond voor *Pythium* aantastingen bij *Acer platanoides* (van Zetten, 1990). Ook zijn gekuilde planten gevoeliger voor vorstschade dan planten die vast zijn blijven staan.

Quercus-laanbomen die twee maanden waren opgekuild hadden een overlevingspercentage van 35%. Planten die enige dagen voor het planten werden gerooid en tot die tijd gekuild hadden een overlevingspercentage van 65%. De bomen die tussen rooien en herplanten werden verpakt in zakken overleefden voor 81% (Blok & Oldenkamp, 1979).

Kuilen heeft als doel gerooide planten tegen uitdroging te beschermen. Bovendien is door het inkuilen van planten enige arbeidsspreiding mogelijk wat betreft rooien en sorteren en de teeltbedden zijn tijdig weer beschikbaar voor nieuwe gewassen.

Voor de groei en ontwikkeling van de ingekuilde planten blijft de kweker afhankelijk van de weersomstandigheden. In het voorjaar moeten de planten dan ook tijdig verwerkt zijn, voordat de wortels gaan groeien en knoppen uitlopen.

4.1.2 Bewaren in niet-geconditioneerde ruimten

Bij *Pinus resinosa* hadden planten die meteen werden gekoeld en in gedeelten vanuit de koeling werden gesorteerd geen hoger aanslagpercentage dan planten die eerst in de loods werden gesorteerd en pas daarna gekoeld (Cooley, 1974). Wegens de hogere temperatuur en lagere luchtvochtigheid in de loods werd wel een lagere aanslag verwacht. In hetzelfde onderzoek was wel een betere groei van planten die tot de dag van herplanten in het voorjaar in de koeling waren bewaard ten opzichte van planten die 2 tot 7 dagen voor het planten in een loods waren opgeslagen.

Pinus echinata zaailingen die, voordat ze in een koelcel werden opgeslagen eerst 4 uur onbeschermd in een loods hadden gelegen, hadden een lager overlevingspercentage (gemiddeld 65% in plaats van 80%) dan planten die direkt in de koeling werden geplaatst (Venator, 1985).

Puttonen (1980) vergeleek de groei van *Pinus sylvestris* zaailingen in het voorjaar bij verschillende bewaaromstandigheden, zoals een kelder, een loods en een afdak. De planten werden in het donker bewaard en tegen uitdrogen beschermd met vochtig turfmoel en zonodig werd watergegeven. Hij kon afleiden dat bij een bewaar temperatuur van 21°C de uitval na 7 dagen steeds met 10% per dag toeneemt. Tot vier jaar na het uitplanten bleven de planten met de minste reservestoffen op het moment van planten een groeiachterstand houden.

Picea pungens glauca zaailingen die, voordat ze 5 maanden werden opgeslagen in

een koelcel, eerst 5 dagen in geopende plastic zakken in een loods bij 20°C hadden gestaan, vertoonden geen groeiremming ten opzichte van planten die direkt in de koeling (0°C) werden gelegd (Lefevre [et al.] 1991).

Pseudotsuga zaailingen, die na te zijn gerooid op 30 maart nog 2 dagen onverpakt in een schuur zijn blijven liggen, hadden een overlevingspercentage van 76%. Zaailingen die op dezelfde dag werden gerooid en herplant overleefden allemaal (Blok, 1974). In hetzelfde onderzoek overleefde *Quercus* die 3 dagen in de schuur werd bewaard voor 35%, direkt herplante bomen hadden een overlevingspercentage van 82%.

Opslag van *Picea glauca*, *Pinus resinosa* en *Pinus strobus* zaailingen in PE-gecoate papieren zakken in een niet-geconditioneerde loods gaf in het vroege voorjaar geen nadelige invloed op aanslag en hergroei. Later in het voorjaar nam het overlevingspercentage en de hergroei bij toenemende bewaarduur af (Mullin, 1979).

In de boomkwekerijsector wordt vaak een onverwarmde loods gebruikt voor de tijdelijke opslag van planten tijdens de afzetfase. Of verblijf in deze ruimten gevolgen heeft voor de kwaliteit van de planten hangt af van de klimaatsomstandigheden, de verblijfsduur en de conditie van de planten.

4.1.3 Geconditioneerde opslag

Wanneer de planten bewaard worden in ruimten waar de temperatuur beheerst wordt, wordt gesproken van geconditioneerde opslag. Soms is ook de RV instelbaar. Diverse onderzoekers zijn er in geslaagd loofgewassen onder geconditioneerde omstandigheden in het donker langer dan een jaar te bewaren (o.a. Oldenkamp et al., 1969; Aldhous, 1964). In het algemeen neemt het aanslagpercentage en de hergroei wel af bij toenemende bewaarduur.

Een lange bewaarduur kan als doel hebben om pas laat in het voorjaar of in de zomer te planten. Door het dientengevolge kortere groeiseizoen is de groei van deze planten minder dan van kort of niet bewaarde planten. De uiterste planttijd voor loofbomen is volgens Oldenkamp (1969) begin juni. Dit in verband met de tijd die het jonge schot nodig heeft om af te harden voor de winter. Ook uitplanten na het groeiseizoen behoort tot de mogelijkheden, maar biedt nauwelijks praktisch of economisch voordeel. Voor naaldegewassen zou de uiterste planttijd april of mei zijn. In tegenstelling tot inkuielen en opslag in loodsen biedt geconditioneerde bewaring de mogelijkheid om planten in (opgelegde) rust te houden. Dit maakt verlenging van het plantseizoen in het voorjaar mogelijk. Daarbij zijn de gerooide planten doorlopend beschikbaar, onafhankelijk van de weersomstandigheden. De arbeid kan dus veel beter gespreid en gepland worden. Voorwaarde voor het met succes langdurig opslaan in een geconditioneerde ruimte is dat de plant in rust is.

Bij opdrachtgevers bestaat de tendens om het plantseizoen steeds verder naar het voorjaar te schuiven (van Haperen, 1992). Geconditioneerde bewaring biedt de mogelijkheid om aan de late vraag van te voldoen.

4.2 MAATREGELEN OM SCHADE TEN GEVOLGE VAN UITDROGING TE VOORKOMEN

Tijdens de afzetfase zijn er veel knelpunten waar uitdroging op kan treden: op het veld, tijdens het transport en het sorteren, gedurende de bewaring en vlak voor het planten. Maatregelen om schade ten gevolge van uitdroging tegen te gaan zijn:

1. het door goede planning en organisatie kort houden van doorlooptijden;
2. in ruimten waar planten verblijven een klimaat handhaven dat geschikt is voor de planten;
3. het eventueel opgedane vochtverlies aanvullen, voordat wordt herplant;
4. het aanbrengen van een bescherming rond de planten, die de uitdroging vermindert.

Punt 1 is een kwestie van goede bedrijfsvoering. Hoewel dit essentieel is zal hier niet nader op worden ingegaan, omdat dit buiten het bestek van literatuuronderzoek valt. Punt 2 komt aan de orde in hoofdstuk 3, waar de optimale klimaatsomstandigheden zijn besproken.

De twee laatste punten zullen in het vervolg van dit hoofdstuk worden besproken. De mogelijkheden om een reeds bestaand vochttekort aan te vullen, punt 3, zijn beperkt tot dompelbehandelingen. Bij punt 4 kan worden gedacht aan gebruik van dekzeil, verpakken en het gebruik van anti-verdampingsmiddelen.

4.2.1 Dompelbehandelingen

Mullin (1980) constateerde een lager overlevingspercentage bij *Pinus resinosa* en *Pinus strobus* zaailingen, die na een dompelbehandeling werden ingevroren. Het (enige seconden) dompelen voor inslag in een vriescel bleek het overlevingspercentage van *Pinus banksiana* zaailingen nadelig te beïnvloeden (Mullin, 1979). In andere onderzoeken (Mullin 1980 en 1981) constateert hij soortgelijke nadelige effecten op aanslag en hergroei na dompelbehandelingen voorafgaande aan ingevroren bewaring bij *Pinus strobus* en *Picea sp.* Het dompelen van planten voorafgaande aan bewaring blijkt dus af te raden. Dit werd ook al opgemerkt in paragraaf 3.6., waar droog opslaan werd genoemd als methode om schimmelgroei tegen te gaan.

Insley, (1981) vond een positieve reactie op de groei van *Betula pubescens* na een 2 uur durende dompelbehandeling voor het planten. Hij constateerde geen invloed op de groei van *Fraxinus angustifolia*.

Rozenonderstammen, 'Laxa' en 'Inermis' die, na een langdurige bewaarperiode in de koelcel, 24 uur met de wortels in water werden gedompeld hadden geen hoger aanslagpercentage dan onbehandelde planten (Arends, 1991). Jakabffy (1975) constateerde geen effect van een dompelbehandeling van 12 uur bij *Pinus* zaailingen voorafgaande aan het herplanten. Dompelbehandelingen gedurende enige seconden van pas gerooide *Picea* vlak voor het herplanten gaven eveneens geen betere hergroei (Mullin, 1976). Dit was wel het geval bij *Picea* zaailingen die in het late voorjaar werden gerooid en herplant bij drogend weer. Maleike en Hummel (1992) adviseren wortelgoed voor het planten 1 à 2 uur en maximaal 6 uur in water te dompelen. Ook Englert et al. (1993) adviseren wortelgoed enige uren te dompelen. Tabbush (1987) concludeerde dat een dompelbehandeling van 1 uur voor het planten bij *Pseudotsuga menziesii* en *Picea sitchensis* wel het vochtgehalte weer op peil bracht, maar de waterpotential in het xyleem niet. Er werd geen effect op de groei en overleving geconstateerd. De dompelbehandeling was dus niet effectief.

Uit het bovenstaande blijkt dat het nut van dompelbehandelingen omstreden is. Er is alleen voordeel wanneer door de behandeling de shadedrempel niet wordt bereikt. Bij te lange dompelingsduur zou verstikking van de wortels op kunnen treden door zuurstof tekort in de wortels. Het is niet bekend in hoeverre de waterkwaliteit invloed heeft op het effect van de dompelbehandeling.

Waterabsorberende polymeren

Waterabsorberende polymeren bieden mogelijkheden om verdroging te voorkomen. In de boomkwekerij worden soms de kale wortels van bijvoorbeeld heesters, bomen en rozestruikjes gedompeld in worteldip en op deze manier beschermd tegen uitdroging tijdens transport en opslag (Anoniem 1991b).

Polymeer granulaat kan tot maximaal ca. 400 maal het eigen gewicht aan water opnemen, waarbij het zwelt en verandert in een gelachtige substantie. Ongeveer 95% van het opgeslagen water is weer beschikbaar voor de plantewortels. Opgeloste voedingsstoffen worden eveneens in de korrels, met een grootte van 0,5-1,5 mm van ongelijke vorm, opgenomen en weer aan de wortels afgegeven.

4.2.2 Afdekken van plantmateriaal

Er bestaan vele methoden om planten tegen uitdroging te beschermen. Deze methoden variëren van het maken van een afdak tot het bouwen van klimaatcellen en van het als bulk bedekken met een dekzeil, tot het per stuk verpakken. Daartussen bevinden zich vele variaties en combinaties van mogelijkheden. De methoden hebben als doel de invloed van straling en wind te verminderen, zodat er door de omgeving minder vocht aan de plant onttrokken wordt.

Onderzoek naar diverse materialen toont aan dat de meest dampdichte bedekking het best is. Verpakken in PE-gecoate papieren zakken gaf een betere aanslag en hergroei te zien van *Pseudotsuga menziesii* zaailingen dan verpakken in open houten kratten (Sloan, 1989). Het verschil was bij bewaring bij -2°C nog groter dan bij $+0,5^{\circ}\text{C}$. Morby en Ryker (1980) vonden vergelijkbare resultaten met *Pinus ponderosa*, *Pinus contorta*, *Picea engelmannii*, *Larix occidentalis* en *Pseudotsuga menziesii*. Mullin (1981) vond een betere aanslag en hergroei van *Picea* zaailingen die in PE-gecoate papieren zakken werden bewaard ten opzichte van planten die waren opgeslagen in kartonnen dozen met een waslaag aan de binnenkant. Hij verklaarde dit voornamelijk doordat de dozen waren af te sluiten. In later onderzoek (Mullin, 1982) met *Picea glauca* en *Picea mariana* waren beide verpakkingswijzen even geschikt.

Ongecoate kartonnen dozen geven niet meer bescherming tegen uitdrogen dan omwikkelen van de wortels met jute (Lefevre, 1991). In de kartonnen dozen vindt een constant gewichtsverlies van de planten plaats. In PE zakken is het gewichtsverlies van de planten de eerste dag 5%, daarna is geen gewichtsafname meer waarneembaar.

Op grond van de dampdoorlatendheid van de PE-folie (6.2 g/100 inch² per dag per atmosfeer) stelt Lefevre (1991) dat vochtverlies uit PE zakken voornamelijk optreedt door open einden of beschadigingen van de zak.

Jakabffy (1975) concludeert dat bij donkere bewaring PE-gecoate papieren zakken even goed zijn als PE zakken. Voor bewaring in niet geconditioneerde ruimten geeft hij de voorkeur aan PE-gecoate papieren zakken boven witte PE zakken. Transparante PE zakken noemt hij voor deze toepassing ongeschikt. Als verklaring noemt hij de lagere lichtdoorlatendheid en betere warmte-isolatie van de gecoate papieren zakken.

Blok en Oldenkamp (1969) constateren nauwelijks temperatuursverschillen tussen een- en tweelagige zakken van diverse materialen. Zij constateerden dat in melkwhite PE-zakken van 0,2 mm de temperatuur ook in de zon op aanvaardbaar niveau bleef. De gebruikte papieren zakken bleken niet sterk genoeg.

Tabbush (1987) toonde aan dat in zakken van zwart-wit PE de temperatuur veel minder oploopt dan in transparant of melkwhite PE-folie.

Bedekken met mos, tuinturf, enzovoort ter bescherming van wortelgoed is minder effectief dan verpakken. In PE of PE-gecoate zakken is toevoeging van buffermaterialen, zoals turfmoel, mos, zaagsel, kleislurrie en dergelijke, overbodig (Mullin, 1980 en 1976, Hoogerwerf et al. 1985; Hinesley, 1982) of zelfs nadelig (Jakabffy, 1975) in verband met het optreden van schimmels of verminderde aanslag en hergroei.

Verpakken van de volledige plant is effectiever voor het tegengaan van verdamping dan het verpakken van alleen het wortelgestel (Insley, 1981).

In een onderzoek van Sharpe & Mason (1992) vertonen verpakt bewaarde zaailingen van *Picea sitchensis* een veel betere aanslag en hergroei dan onverpakt bewaarde planten. Daarbij volgen de groeicijfers dezelfde trend als het vochtgehalte van de wortels. Zaailingen van *Pseudotsuga menziesii* daarentegen, hebben steeds een slechte aanslag en hergroei, zowel verpakt als onverpakt bewaarde planten.

4.2.3 Anti-verdampingsmiddelen

Anti-verdampingsmiddelen zijn vloeistoffen die door bespuiting of onderdompeling worden aangebracht met als doel het remmen van de verdamping door verhoging van de weerstand van de plant. Vaak worden deze middelen alleen aangebracht op bovengrondse plantedelen. Wanneer de middelen worden aangebracht op de wortels wordt vaak de term worteldip gebruikt.

Er wordt onderscheid gemaakt in filmvormende coatings en preparaten die ingrijpen in het metabolisme van de plant. Tot de eerste groep behoren onder andere was- en olieachtige produkten, latex, polyacrylaten en andere kunststoffen. Tot de tweede groep behoren een grote verscheidenheid aan chemische verbindingen en ook plantehormonen, zoals abscisinezuur (ABA). Beide typen stoffen werken meestal in op de opening van de huidmondjes en hebben daarmee ook invloed op de fotosynthese.

Polyacrylaten zijn geleachtige stoffen met een groot watervasthoudend vermogen. Deze stoffen worden als worteldip toegepast. Ze verminderen niet alleen het vochtverlies door wortels, maar maken ook vochtopname mogelijk.

Veruit het meerendeel van de onderzoeken naar het gebruik van anti-verdampingsmiddelen is uitgevoerd met planten die in de groeifase verplant zijn. Deze mogelijkheden worden beschreven in de literatuurstudie over groen verhandelde gewassen. Een klein aantal onderzoeken betreft het nut van anti-verdampingsmiddelen bij naaktwortelige gewassen in winterrust. Volgens (Hoogerwerf et al., 1985) zijn de mogelijke voordelen van anti-verdampingsmiddelen ten opzichte van verpakken:

- het geringe gewicht van de middelen,
- lagere transportkosten,
- geringe arbeidsbeslag
- effect tot na het planten,
- combinatiemogelijkheden met gewasbeschermingsmiddelen,
- minder afval.

Een mogelijk gevaar is verstikking van de planten. Voordelen van verpakken zijn de betere bescherming tegen uitwendige beschadiging, verbetering van de presentatie en vereenvoudiging van de administratie (Lox, 1983).

Blok (1974) stelt dat de door hem onderzochte anti-verdampingsmiddelen (Delvocat, Carbon, Agricol, Alginure, Hydrasil en C3046) bij bosplantsoen van *Quercus* en *Pseudotsuga* geen voordelen bieden en niet als vervanging voor verpakken in polyethyleen zakken kunnen dienen.

Lohbeck (1975) constateerde een hoger overlevingspercentage bij *Pseudotsuga menziesii* zaailingen die in de afzetfase met Agricol werden behandeld ten opzichte van onbehandelde planten. Englert et al. (1993) onderzochten bij zaailingen van *Acer platanoides* en *Crataegus phaenopyrum* de effectiviteit van een groot aantal anti-verdampingsmiddelen bij blootstelling van 48 uur bij 20°C en 50% RV. De meeste onderzochte middelen hadden weinig invloed op het vochtverlies, uitgezonderd Moisturin (Latex emulsie) en BPC#1 (polyacrylaat). Met Moisturin behandelde planten hadden tevens een betere hergroei van scheuten en wortels. Alle behandelde planten, maar vooral de met Moisturin behandelde, liepen sneller uit dan de controle planten.

Onderzoek van Alm & Stanton (1990) met drie soorten *Pinus* zaailingen indiceert, dat behandeling met polyacrylaat worteldip (Terra Sorb) zelfs al bij een blootstelling van 3, 5 en 10 minuten aan 15 °C, 20% RV en een windsnelheid van 5-10 m/s in een hoger overlevingspercentage resulteert.

4.3 TRANSPORT

De titel van dit rapport impliceert dat ook de optimale omstandigheden voor het transport van boomkwekerijgewassen wordt behandeld. Over de klimaatsomstandigheden tijdens het transport van boomkwekerijgewassen zijn geen onderzoeksresultaten aangetroffen. Het zal duidelijk zijn dat de plant tijdens het transport geen andere eisen aan de omgeving stelt dan tijdens bewaring. Het handhaven van de omstandigheden in transportmiddelen is moeilijker. Bij onafgedekt (intern) transport is de invloed van de wind groot. Bij niet geïsoleerde wagens bestaat het gevaar voor het oplopen van de temperatuur. Koelwagens behalen alleen een lage temperatuur wanneer ze zijn beladen met voorgekoelde planten of bloemen (Eindrapport Ketenonderzoek Bloemisterij, 1988)

Transport brengt extra risico's voor de planten met zich mee. De planten kunnen tijdens het laden en lossen, maar ook door schokken onderweg beschadigd worden. Gepalletiseerd transport vermindert de kans op mechanische schade en versnelt het laden en lossen. Palettiseren is goed mogelijk, bijvoorbeeld bij bos- en haagplantsoen (van Adrichem & de Bresser, 1981), en bij vruchtbomen (Boetzelaar & van Montfort, 1983).

De optimale afmetingen van pallets zijn 100 x 120 cm of 200 x 120 cm. Dit in verband met de beladingsgraad van de vrachtwagens (van Boetzelaar, 1984). Het retourneren van de lege pallets vormt nog een praktisch probleem, mede door de uiteenlopende uitvoeringen van de pallets en palletboxen (Anoniem, 1992). Er wordt gewerkt aan standaardisatie.

II GROEN VERHANDELDE GEWASSEN

5 ETHYLEEN

5.1 INVLOEDEN VAN ETHYLEEN

Ethyleen is een gasvormig plantehormoon dat een belangrijke rol speelt bij veel fysiologische processen in planten, zoals groei, fruitrijping, stressreacties en veroudering (Liebermann, 1979). Net als andere plantehormonen is ethyleen al werkzaam bij zeer lage concentraties. Tijdens de normale groei en ontwikkeling produceren planten dan ook kleine hoeveelheden ethyleen (Woltering, 1983). Onder stress produceren planten 2 tot 50 keer meer ethyleen dan normaal (Tingey, 1980) en tevens kan er sprake zijn van een toegenomen ethyleengevoeligheid van de planten (Woltering, 1987). Lichtgebrek, uitdroging, hoge temperaturen en mechanische stress zijn voorbeelden van stress die de ethyleenproductie verstoren (Woltering, 1983).

Ethyleen is gewoonlijk in zeer lage, vrij constante concentraties (0,003-0,005 ppm) in de buitenlucht aanwezig (Woltering [et al.] 1984). Fruit en vruchtgroenten vormen grote hoeveelheden ethyleen en bij verbranding van fossiele brandstoffen komt eveneens veel ethyleen vrij. In ruimten met rijdend verkeer, groenten of rijpend fruit en in gebieden met ernstige luchtvervuiling kunnen hoge ethyleenconcentraties voorkomen. Dit exogene ethyleen kan de plant binnendringen en de hormoonbalans verstoren. (Woltering, 1982 en 1983). Behalve de directe hormonale werking door verhoogde ethyleenconcentraties kan de aanwezigheid van exogeen ethyleen de ethyleenbiosynthese van de plant stimuleren (inductie van de zogenaamde autokatalytische ethyleenvorming), zodat ook na het verwijderen van het exogene ethyleen deze verhoogde ethyleenproductie door het zelf geproduceerde ethyleen op gang wordt gehouden. Op deze wijze wordt het effect van exogeen ethyleen nog versterkt (Woltering [et al.] 1984).

5.2 ETHYLEENSCHADE

Uit de literatuur blijkt dat ethyleen in de afzetfase een grote bedreiging vormt voor de kwaliteit van kamerplanten. Ethyleen kan bij kamerplanten blad-, knop- en bloemabscissie, bladvergeling (chlorose), bloemverwelking, knopverdroging, bloeiforcering, epinastie (Woltering, 1982) en bloemvervorming (Rudnicki [et al.] 1991) veroorzaken. Volgens Marousky en Harbaugh (1980) en Woltering (1982 en 1987) is abscissie het belangrijkste ethyleentoxiciteitssymptoom.

Verondersteld wordt dat ethyleengeïnduceerde bladabscissie wordt geregeld door de wisselwerking tussen ethyleen en de auxinesynthese in de bladschijf. Het auxine-transport door de bladsteel neemt daardoor af, hetgeen leidt tot een grotere ethyleengevoeligheid van de cellen in de abscissiezone (Beyer, 1975). Hänisch ten Cate en Bruinsma (1973) veronderstellen een gelijksoortig mechanisme (uitputting van het auxinegehalte) voor de bloemsteelabscissie. Ethyleengeïnduceerde bladvergeling treedt volgens Woltering (1987) over het algemeen op bij planten die geen abscissie vertonen. Ethyleen wordt verondersteld een belangrijke rol te spelen bij de stimulering van de chloroplastafbraak. Uit zijn gegevens blijkt dat voor het ontstaan van bladvergeling een relatief hoge ethyleenconcentratie nodig is.

Bij epinastie strekken de bladcellen aan de bovenzijde van blad of steel sterker dan

aan de onderzijde. Bladeren kunnen dan verticaal komen te staan zonder slap te worden (van Dijk en de Gelder, 1990). Woltering (1987) nam na ethyleenbegassing (0-15 ppm, 1 of 3 dagen, 20°C, donker) van diverse plantesoorten slechts bij enkele soorten epinastie waar, bijvoorbeeld bij *Aralia*, *Schefflera*, *Fuchsia*. De planten herstelden zich binnen een paar dagen. Uit zijn experimenten met *Fuchsia*-hybriden blijkt dat jongere planten gevoeliger zijn voor ethyleengeïnduceerde epinastie dan oudere planten (Woltering, 1987). Het onderzoek van Marousky en Harbaugh (1980), waarbij diverse plantesoorten aan ethyleen werden blootgesteld (5 ppm, 3 dagen, 23°C, donker), gaf wel bij zeer veel planten een epinastische reactie te zien. Hun gegevens bevestigen overigens dat de planten zich binnen een paar dagen na de ethyleenblootstelling van epinastie kunnen herstellen.

Schimmelaantasting wordt over het algemeen niet als een karakteristiek ethyleenschadesymptoom beschouwd. Toch lijkt ethyleen schimmelaantasting te stimuleren. Zo veroorzaakt ethyleenbegassing van *Saintpaulia ionantha*-hybriden en *Chrysanthemum morifolium* (15 ppm, 3 dagen, 21°C, donker) sterke schimmelaantasting, waar *Saintpaulia* volledig aan ten onder gaat en de bloemen en bloemknoppen van de chrysant afsterven (Woltering, 1982). Aangezien schimmels een belangrijk probleem vormen tijdens opslag en transport van kamerplanten (zie hfst. 10), stelt Woltering (1987) dat een herevaluatie van de relatie tussen schimmelaantasting en ethyleen de moeite waard is.

5.3 FACTOREN VAN INVLOED OP HET EFFECT VAN ETHYLEEN

De mate van ethyleenschade hangt af van factoren zoals de ethyleengevoeligheid, de ethyleenconcentratie, de blootstellingsduur, de temperatuur, de CO₂-concentratie en licht. In de volgende paragrafen worden deze factoren en hun invloed op het effect van ethyleen nader toegelicht.

5.3.1 Ethyleengevoeligheid

De ethyleengevoeligheid is verschillend per plantesoort en er kunnen eveneens grote verschillen in ethyleengevoeligheid bestaan tussen cultivars van dezelfde soort (Woltering, 1987). Zo heeft begassing gedurende 24 uur van de *Begonia*-cultivars 'Christel' en 'Rosalie' met 1 ppm ethyleen (17°C, donker) bij 'Christel' al direct na een dag bloemabscissie tot gevolg terwijl het bij 'Rosalie' vrijwel geen effect heeft (de Gelder en van Dijk, 1990). Afgesneden takken van nauw gerelateerde cultivars *Ilex* vertonen eveneens variatie in ethyleengevoeligheid. Ethyleenbegassing (0.6, 15 en 120 ppm, 3 en 8 dagen, 22°C) van *Ilex aquifolium* en *Ilex cornuta* geeft al na 3 dagen begassen met 0.6 ppm bijna volledige bladabscissie te zien. De doornloze *Ilex cornuta* 'Bufordii' is veel minder gevoelig voor ethyleen dan *Ilex aquifolium* en *Ilex cornuta*. *Ilex cornuta* 'Bufordii' met doorns is totaal ongevoelig voor de gebruikte ethyleenconcentraties (Joyce [et al.] 1990).

Onderzoek met *Pelargonium x domesticum* geeft aan dat de ethyleengevoeligheid verschilt per cultivar én toeneemt met toenemende leeftijd van de bloemen (Deneke et al., 1990). De ethyleengevoeligheid hangt blijkbaar ook samen met de ontwikkeling van het plantedeel. Andere voorbeelden hiervan zijn *Hibiscus rosa-sinensis* (Høyer, 1986) en *Begonia-elatior* 'Sirene' (Høyer, 1985) waarvan de bloemen en de meest ontwikkelde knoppen de meest ethyleengevoelige delen blijken te zijn. Over het algemeen zijn bladplanten minder gevoelig voor ethyleen dan bloeiende planten (Woltering, 1984 en 1987; Rudnicki [et al.] 1991). Bij de bladplanten komt vooral bladabscissie en -vergeling voor, terwijl bij de bloeiende planten veelal bloem- en knopabscissie optreedt (Woltering, 1984; Anoniem, 1983). Komt, zoals bijvoorbeeld bij *Clerodendron* (Anoniem, 1983) en *Beloperone* (Woltering, 1983), naast bloem- en knopabscissie ook nog bladabscissie en -vergeling voor, dan blijkt de plant het meest

gevoelig voor bloem- en knopabscissie te zijn. Bij *Hibiscus* is dit verschijnsel zelfs nog sterker, omdat bij een 1 dag durende begassing met 3 ppm ethyleen reeds alle knoppen vallen en er pas na 3 dagen begassing bladschade optreedt. *Azalea* vormt een uitzondering; bij deze soort treedt alleen bladschade op (Anoniem, 1983).

Voorbeelden van zeer gevoelige kamerplanten zijn *Achimenes*, *Beloperone*, *Browallia*, *Clerodendron*, *Fuchsia*, *Hibiscus*, *Kohleria*, *Reichsteineria*, *Streptocarpus*, *Vinca* (Woltering, 1983, 1984 en 1987). Bij alle genoemde soorten leidt een begassing van 3 ppm ethyleen (20°C) gedurende 1 dag tot een zeer hoog percentage bloemen- en knopabscissie (Woltering, 1983). *Prunus triloba* en *Euphorbia fulgens* zijn twee voorbeelden van ethyleengevoelige trek-heesters (Woltering, 1984). *Dracaena fragrans* 'Massangeana' is een voorbeeld van een plant die niet ethyleengevoelig is. Na blootstelling van deze planten aan 100 ppm ethyleen gedurende 72 uur is de kwaliteit gelijk aan die van de controleplanten. Bij *Ficus benjamina* is al bij 1 ppm sprake van bladabscissie (Poole et al., 1987).

Factoren als lichtgebrek, te hoge temperaturen, watertekort en mechanische stress kunnen dezelfde schadeverschijnselen veroorzaken als ethyleen (zie 2.1). Woltering (1983) is daarom van mening dat de mate van ethyleengevoeligheid van een plant ook iets zegt over de gevoeligheid van die plant voor de genoemde andere schadeveroorzakers.

5.3.2 Ethyleenconcentratie en blootstellingsduur

Blootstelling aan ethyleen beneden een bepaalde concentratie geeft meestal geen schadelijke effecten. Deze zogenaamde drempelconcentratie hangt onder meer af van het ethyleenniveau dat als gevolg van de biosynthese al in de plant aanwezig is (Woltering [et al.] 1984). Volgens Ruizendaal et al. (1988) ligt de drempelconcentratie voor ethyleengevoelige planten ongeveer tussen de 0,03 en 0,05 ppm. Overschrijding van deze drempelconcentratie betekent toenemende schade met toenemende concentratie, totdat bij een bepaalde hoeveelheid het maximale effect is bereikt en verdere verhoging van de concentratie geen effect meer heeft (Woltering [et al.] 1984). Over het algemeen kan de relatie tussen reactie en ethyleendosis worden uitgedrukt in een sigmoïde functie (Woltering, 1987).

Voor het verkrijgen van een ethyleeneffect is een minimale blootstellingsduur nodig, de zogenaamde minimale latentietijd (Woltering et al., 1984). Veel planten tolereren dan ook een hoge ethyleenconcentratie zolang de blootstellingsduur niet deze drempelwaarde overschrijdt (Woltering, 1987). Wordt de minimale latentietijd overschreden dan neemt het effect toe met de tijd totdat een maximaal effect is bereikt. Daarna heeft een langere blootstellingsduur geen effect meer (Woltering [et al.] 1984). Begassing van *Impatiens x hawkeri* gedurende 2 uur met 1 ppm ethyleen en gedurende 4 uur met dezelfde concentratie is een goed voorbeeld van grotere schade als gevolg van een langere blootstellingsduur. Na 2 uur begassing is er namelijk sprake van ongeveer 30% kroonbladabscissie, terwijl een 4 uur durende begassing 4 ruim 80% abscissie veroorzaakt (Dostal [et al.] 1991).

De ethyleenschade is dus meestal ernstiger naarmate de ethyleenconcentratie hoger en/of de blootstellingsduur langer is (Marousky en Harbaugh, 1979 en 1980; Marousky, 1979; Woltering 1982). De interactie tussen concentratie en duur maakt het moeilijk om een vaste marginale grens voor ethyleenblootstelling aan te geven. Høyer (1985) concludeerde dat de blootstellingsduur een belangrijkere factor bij de afname van het aantal bloemen van *Begonia-elatior* 'Sirene' is dan de concentratie. Een 72 uur-behandeling van 0,05 ppm ethyleen veroorzaakt namelijk meer bloemabscissie dan een 24 uur-behandeling van 5,0 ppm ethyleen.

5.3.3 Temperatuur

Uit gegevens van Marousky en Harbaugh (1979 en 1980) blijkt dat blootstelling van *Philodendron scandens oxycardium* aan 5 ppm en 10 ppm ethyleen (resp. 3 en 2 dagen, donker) bij 16°C nauwelijks of geen bladabscissie veroorzaakt. Ethyleenblootstelling bij 23,5°C (5 ppm, 3 dagen) en 27°C (10 ppm, 2 dagen) veroorzaakt flinke bladabscissie en chlorose, terwijl bij deze temperaturen in lucht nauwelijks of geen schade zichtbaar is. De grotere schade na ethyleenblootstelling bij hogere temperaturen wordt hier volgens de auteurs veroorzaakt door een hogere activiteit van ethyleen bij deze temperaturen en niet direct door de verhoogde temperaturen. Wellicht is ook de ethyleengevoeligheid groter bij hogere temperaturen (zie 2.1). Marousky (1979) vond vergelijkbare resultaten voor *Fittonia verschaffeltii argyroneura* en stelt dat deze planten tijdens opslag en transport bij lage temperaturen waarschijnlijk minder schade zullen ondervinden mocht de ethyleenconcentratie oplopen. Woltering et al. (1984) verklaren dit temperatuureffect aan de hand van het feit dat biochemische reacties in planten worden gekatalyseerd door enzymen. Deze reacties, waaronder de meeste ethyleeneffecten, zijn dus sterk temperatuurafhankelijk. Bovendien komt de binding van ethyleen aan receptoren bij lage temperaturen zeer traag tot stand, waardoor de gevoeligheid van het weefsel lager is.

5.3.4 CO₂-concentratie

Woltering et al. (1984) stellen dat een verhoogde CO₂-concentratie (3-5%) in de omringende lucht in staat is de ethyleengevoeligheid sterk te verlagen en dus de kans op ongewenste ethyleeneffecten te verkleinen (zie 2.5.3.1). Blootstelling van *Philodendron scandens oxycardium* aan 5 ppm ethyleen (2 dagen, 23,5°C, donker) én 5% CO₂ veroorzaakte inderdaad minder bladabscissie dan blootstelling aan alleen ethyleen. De bladeren verloren na beide behandelingen hun groene kleur (Marousky en Harbaugh, 1979 en 1980). Ook *Fittonia verschaffeltii argyroneura* verloor een groot deel van zijn bladeren als gevolg van blootstelling aan alleen ethyleen (5 ppm, 2 dagen, 23,5°C), maar slechts weinig wanneer tevens 5% CO₂ aan de lucht werd toegevoegd (Marousky, 1979). Dit ethyleenschade beperkende effect van een verhoogde CO₂-concentratie hangt waarschijnlijk samen met het sluiten van de stomata bij hoge CO₂ concentraties, waardoor er door de plant minder ethyleen wordt geabsorbeerd (Marousky en Harbaugh, 1979).

5.3.5 Licht en ethyleen

Blootstelling van *Philodendron scandens oxycardium* aan 5 ppm ethyleen (3 dagen, 23,5°C) in het licht heeft veel meer bladabscissie tot gevolg dan blootstelling aan ethyleen in het donker. In het donker zijn de huidmondjes gesloten terwijl ze in het licht geopend zijn, waardoor de planten meer ethyleen kunnen absorberen (Marousky en Harbaugh, 1979 en 1980). De reactie van *Fittonia*-planten op ethyleen (3 dagen, 23,5°C) is in het licht gelijk aan die in het donker. Plantesoorten kunnen blijkbaar verschillend reageren op ethyleen in licht en donker (Marousky, 1979).

5.5 MAATREGELEN TEGEN ETHYLEENSCHADE

Sherman (1985) stelt dat de maatregelen om planten tegen nadelige ethyleeneffecten te beschermen grofweg in de volgende categorieën zijn in te delen: vermindering, verwijdering en remming. De beste methoden om planten tegen ethyleen te beschermen vallen in de categorie vermijden. Boerrigter en Molenaar (1984) zijn

van mening dat het verwijderen van ethyleen als nadeel heeft dat het ethyleenprobleem slechts plaatselijk en tijdelijk wordt opgelost. Van Doorn en Woltering (1991) zien in de genetische variabiliteit mogelijkheden om tot een vermindering van de ethyleenbedreiging te komen.

5.5.1 Vermijding

Ethyleenschade in de afzetketen kan worden voorkomen door blootstelling van de planten aan schadelijke ethyleenconcentraties zoveel mogelijk te vermijden. Zo vormt het ethyleen uit de uitlaatgassen na scheiding van verkeer- en produktstroom geen bedreiging meer voor de planten. Contact met ethyleen wordt eveneens vermeden door de planten niet tegelijk met fruit of groenten (Boerrigter en Molenaar, 1984) of met takken van sommige groenblijvende planten (Tingley en Prince, 1990) te vervoeren of op te slaan. Verder is het verstandig om mechanische stress en watertekort te vermijden, beschadigde plantedelen te verwijderen, de afzetduur zo kort mogelijk te houden en na een lading fruit of groenten de betreffende ruimten schoon te maken (Anoniem, 1983). Het is tevens van belang om een lage temperatuur te handhaven, aangezien dit de ethyleenproduktie onderdrukt en de ethyleengevoeligheid vermindert (zie 2.3.3) (Marousky en Harbaugh, 1979 en 1980; Sherman, 1985).

5.5.2 Verwijdering

Lopen de ethyleenconcentraties te hoog op dan is ventileren met buitenlucht een eenvoudige wijze om ethyleen uit ruimten te verwijderen. Is ventilatie niet mogelijk of te duur, want bij gekoelde opslag in de zomermaanden kost ventilatie nogal wat energie, dan kunnen ethyleenscrubbers aan luchtzuivering bijdragen (Boerrigter en Molenaar, 1984; Sherman, 1985). Volgens Sherman (1985) wordt er in de praktijk alleen algemeen gebruik gemaakt van kaliumpermanganaat-scrubbers, die verkrijgbaar zijn in o.a. sachets, filters en dekens. Hij stelt dat de hoge kosten het belangrijkste nadeel van de kaliumpermanganaat-scrubbers is. Uit experimenten met een luchtfilter gevuld met paarse korrels bestaande uit aluminiumoxide en kaliumpermanganaat (Purafil, Ethysorb, Extenolife, Oxylene) bleek dat het middel bij een hoge RV sterk in werking achteruit gaat, bij stilstaande lucht niet werkt, slechts gedurende beperkte tijd te gebruiken is en ventilatie effectiever en goedkoper is dan het gebruik van een ethyleenscrubber (Boerrigter en Molenaar, 1984). Ethyleenabsorberende folie zou de door de plant zelf aangemaakte ethyleenconcentratie in de verpakking kunnen verlagen. De absorptie capaciteit van de folie is beperkt en kan ook nog worden verbruikt door ethyleenbronnen van buitenaf. De werking van de folie zou dan maar van zeer korte duur zijn (Boerrigter en Otma, 1991).

5.5.3 Remming

5.5.3.1 Verhoogde CO₂-concentratie

Bij de ademhaling van een produkt worden suikers verbrand. Hierbij is zuurstof nodig en komt CO₂ vrij. Sommige kunststofverpakkingsmaterialen laten maar een beperkt deel van de gassen door, waardoor verhoging van de CO₂- en verlaging van de O₂-concentratie plaatsvindt en na verloop van tijd een evenwicht wordt bereikt. De gewijzigde concentraties in de verpakking remmen de ademhaling en onderdrukken de schadelijke effecten van ethyleen, waardoor veel produkten langer houdbaar zijn (Boerrigter en Otma, 1991). Voor langdurige opslag van groenten en fruit wordt vaak gebruik gemaakt van de "Controlled Atmosphere" (CA)-methode. De houdbaarheid van de produkten wordt met deze methode eveneens verlengd door middel van een lage O₂-concentratie en een hoge CO₂-concentratie (Sherman, 1985).

In 2.3.4 werd gemeld dat dit ethyleenschade beperkende effect van een verhoogde CO₂-concentratie waarschijnlijk samenhangt met het sluiten van de stomata bij hoge CO₂-concentraties. Hierdoor wordt er door de plant minder ethyleen geabsorbeerd. Dit is overigens ook te bewerkstelligen door toepassing van bepaalde antitranspiranten die stomata blokkeren (zie 5.3.2) (Marousky en Harbaugh, 1979). Met name bij "actieve" produkten en een hoge temperatuur bestaat het gevaar voor overschrijding van veilige concentraties van de genoemde gassen, waardoor juist sneller bederf kan optreden (Boerrigter en Otma, 1991). Bij grote temperatuurschommelingen kan bovendien condens in de verpakking optreden hetgeen het risico van schimmelgroei vergroot (zie 7.5) (Boerrigter en Molenaar, 1984).

5.5.3.2 STS- en AOA-behandeling

Toepassing van middelen die de ethyleenactiviteit en/of de ethyleenproductie van de plant afremmen is in principe een methode om potplanten gedurende de gehele afzet te beschermen (Woltering, 1984). Zilverthiosulfaat (STS), een effectieve remmer van de werking van ethyleen (Veen, 1983), blijkt verwelking en abscissie van bloemen en bladeren te vertragen. In de praktijk wordt STS succesvol toegepast ter verbetering van de kwaliteit van diverse soorten snijbloemen (van Doorn en Woltering, 1991). Indien de juiste concentratie wordt gebruikt, blijken bespuitingen met een zilverthiosulfaat-bevattende oplossing bij een aantal potplanten bloem- en knopabscissie tegen te gaan en dus de houdbaarheid van deze soorten te verhogen (Woltering, 1984).

Bespuiting met STS is in Nederland slechts beperkt toegestaan omdat het bij toepassing op grote schaal zou leiden tot vervuiling van kasgrond en grondwater. Er wordt gezocht naar een vervangend, milieuvriendelijker middel (Woltering, 1984). Het onderzoek naar een vervangend middel is met name gericht op de organische verbindingen (Staden, 1984).

AGV (amino-ethoxyvinylglycine) en AOA (amino-oxyazijnzuur) remmen de biosynthese van ethyleen. AGV is zeer duur en daarom geen praktisch alternatief voor STS (van Doorn en Woltering (1991). AOA wordt al toegepast door kwekers van snijbloemen (van Doorn en Woltering, 1991). Volgens Staden (1984) geeft AOA vergelijkbare resultaten als het zilverpreparaat. De kosten van het voorbehandelen met AOA zijn nog veel hoger dan bij de STS-behandeling.

5.5.3.3 Genetische variabiliteit

Er is vaak sprake van een aanzienlijke variatie in genetische kenmerken die de plantkwaliteit na de teelt bepalen. Tot nu toe werden planten voornamelijk geselecteerd op hogere produktie, esthetische waarde en ziekteresistentie. Kweken met als doel een betere plantkwaliteit na de teelt zou kunnen resulteren in cultivars die geen chemische behandelingen nodig hebben (ethyleenresistentie)(van Doorn en Woltering, 1991).

6 LICHT

6.1 GEBREK AAN LICHT

In de afzetfase worden potplanten meestal gedurende een aantal dagen tot weken in het donker opgeslagen en getransporteerd. De fotosynthese vermindert en de planten slaan minder reservevoedsel op. De ademhaling, de verbranding van de opgeslagen suikers en zetmeel, gaat in het donker gewoon door (van Lieburg en Kühn, 1988). Op den duur leidt een donkerperiode dus tot uitputting van de reserves. Algemene symptomen veroorzaakt door gebrek aan licht zijn bladvergeling en blad-, knop- en bloemabscissie (Rudnicki, 1991; Høyer, 1986; Poole en Conover, 1979; Peterson en Blessington, 1981). In het donker uitgegroeide bladeren en scheuten zijn bleek en gerek (Poole et al. 1984).

De schade die planten door een donkerperiode oplopen, hangt af van factoren zoals de duur van de donkerperiode, de temperatuur, de plantesoort en cultivar en de ontwikkeling van het plantedeel. In de volgende paragrafen worden deze factoren en hun invloed op het effect van een donkerperiode nader toegelicht.

6.1.1 Duur van donkerperiode

Verlenging van de donkerperiode van 2 tot 9 dagen heeft bij *Euphorbia pulcherrima* blad-, schutblad- en cyathiumabscissie tot gevolg (Scott et al. 1983 en 1984). Een toenemende duur van donkerperiode gaat blijkbaar samen met een toenemend kwaliteitsverlies van de planten. Bij *Ficus benjamina* uit zich dit in een grotere bladabscissie en chlorofylverlies (Collins en Blessington, 1983; Poole en Conover, 1979 en 1982; Peterson en Blessington 1981). Bij *Hibiscus rosa-sinensis* betekent verlenging van de donkeropslag van 3 tot 9 dagen een afnemende bloemdiameter, bloemaantal, versgewicht en toenemende blad- en knopabscissie (Gibbs et al., 1989). Planten van *Skimmia japonica* 'Rubella' met volledig ontwikkelde bloemknoppen kunnen een donkerperiode van maar liefst 9 weken (1°C) zonder schadelijke gevolgen doorstaan (Verhoeven, 1993).

6.1.2 Temperatuur en licht

De lichtbehoefte van de plant is geringer naarmate de temperatuur lager is. Een plant heeft bij een lage temperatuur minder energie nodig voor het onderhouden van de basisprocessen en houdt dan meer over voor de actieve opbouw (van Lieburg en Kühn, 1988). Uit de gegevens van Poole en Conover (1979) blijkt dat *Philodendron scandens oxycardium* en *Aphelandra squarrosa* bij 25°C toch een donkerperiode van 6 tot 9 dagen kunnen ondergaan zonder dat dit een verlies van kwaliteit tot gevolg heeft. Sommige bladplanten zoals *Aglaonema commutatum*, *Chrysalidocarpus lutescens*, *Codiaeum variegatum*, *Dracaena marginata*, *Dracaena fragrans*, *Ficus benjamina*, *Howea forsterana*, *Schefflera arboricola*, *Schefflera actinophylla*, *Spathiphyllum* 'Clevelandii', *Yucca elephantipes* kunnen zelfs tot 3 weken donkeropslag 10-19°C tolereren en maar liefst tot 4 weken, mits per soort de juiste temperatuur wordt gehandhaafd (Poole en Conover, 1983; Poole et al., 1984). Volgens Marousky en Harbaugh (1980) is gebrek aan licht dan ook geen beperkende factor voor het transport van planten zolang de temperatuur geen extreme niveau's bereikt.

6.1.3 Plantesoort, cultivar en ontwikkelingsstadium

Het lichtcompensatiepunt (LCP), de hoeveelheid licht waarbij de fotosynthese gelijk is aan de ademhaling, varieert per plantesoort. Een schaduwplant heeft een veel lager LCP dan een zonminnende plant en is daarom beter bestand tegen een periode met weinig of geen licht (van Lieburg en Kühn, 1988). De lichtbehoefte kan eveneens per cultivar verschillen. Zo leidt bewaren van verschillende *Euphorbia pulcherrima*-cultivars in het donker (4 dagen, 18°C) bij 'Gutbier V-14 Glory' tot geringere cyathia-abscissie dan bij 'Mikkel Improved Rochford' en 'Annette Hegg Dark Red' (Scott et al., 1984) en bij laatstgenoemde weer minder dan bij 'Gutbier V-10 Amy' (Nell en Barrett, 1986). Een ander voorbeeld is donkeropslag (3 weken, 12°C) van *Ficus benjamina*-cultivars, wat bij 'Standard' en 'Golden Princess' nauwelijks bladabscissie (10%) tot gevolg heeft, maar bij 'Starlight' zeer grote bladval (90%) veroorzaakt (Steinitz, et al., 1987). Volgens Høyer (1986) wordt het effect van het gebrek aan licht ook beïnvloed door de ontwikkeling van het plantedeel, want donkeropslag van *Hibiscus rosa-sinensis* (3 dagen, 21°C) heeft knopabscissie van vooral de gekleurde knoppen tot gevolg.

6.2 MAATREGELEN TEGEN DONKERSCHADE

6.2.1 Algemene maatregelen

Het voorafgaande maakt duidelijk dat een korte donkerperiode en het vermijden van extreme temperaturen tijdens een donkerperiode kunnen bijdragen aan het behoud van de kwaliteit van planten. Voor sommige planten hoeft een lange donkerperiode geen bedreiging te betekenen mits de temperatuur optimaal is. Verder kunnen gegevens over het LCP een essentiële bijdrage leveren aan het inschatten van de relatieve lichtbehoefte van de verschillende soorten planten in de afzetketen. Mulderij en Rozendal-Ouwekerk (1990) concludeerden naar aanleiding van hun onderzoek met *Ficus benjamina* 'Starlight', dat negatieve effecten van een donkerperiode aanzienlijk worden verminderd wanneer de planten na de donkerperiode bij een hoge lichtintensiteit worden gezet. Gerekte en bleke groei kan door middel van koeling worden beperkt (Poole et al., 1984).

6.2.2 Bijbelichting met rood licht

Fytochroom (blauwgroen pigment) speelt een belangrijke rol bij het ontvangen en doorzenden van lichtimpulsen in de plant. Het neemt zelf niet of nauwelijks deel aan de processen die het stuurt en de werking is te vergelijken met die van een katalysator. Fitochroom komt in de plant in een niet-actieve en een actieve vorm voor, afhankelijk van de verhouding rood/donkerrood licht (van Lieburg en Kühn, 1988). Er zijn indicaties voor de betrokkenheid van fitochroom bij de inductie van donkerschade bij zowel snijbloemen als potplanten. Een rood/donkerrood belichtingsregime blijkt namelijk meer knopabscissie bij *Hibiscus rosa-sinensis*-planten te geven dan een rood/donker regime (Anoniem, 1988). Bij de bonesoort *Vigna radiata* treedt na 5 dagen donkerbewaring bladabscissie op, wat te voorkomen is door blootstelling aan rood licht (12 uur per etmaal, 0,9 W/m², 660 nm). Donkeropslag van *Impatiens linearifolia* 'Cosmos' gedurende 6 dagen veroorzaakt bladnecrose, die kan worden tegengegaan door bijbelichting met rood licht met een lichtintensiteit ver beneden het LCP (0.6 Wm⁻²) (van Lieburg en Kühn, 1988).

Toepassing van rood licht tegen donkerschade in de afzetketen lijkt zinvol. Bovendien is het praktisch haalbaar door toepassing van speciaal ontwikkelde lichtemitterende diodes (LED, halfgeleiders), met een gering energieverbruik, weinig warmte

ontwikkeling, een grote stootvastheid en een bijna onbeperkte levensduur. Tevens blijken de speciale LED's efficiënter in het omzetten van elektrische energie naar licht in het 635-685 nm gebied (rood licht) dan TL-buizen en gloeilampen (Anoniem, 1988). Mulderij (1989) constateerde bij de *Begonia*-cultivars 'Nelly' en 'Christel' als gevolg van belichting met rood licht extra bloem- en knopabscissie. Mulderij stelt dat verder onderzoek nodig is om na te gaan wanneer toepassing van rood licht tijdens een donkerperiode problemen voorkomt of juist versterkt.

6.2.3 Genetische variabiliteit

Onderzoeksgegevens van Ben-jacov [et al.] (1985b) maken duidelijk dat de mate van bladabscissie bij *Ficus benjamina* als gevolg van een donkerperiode (3 klonen, 2 weken, 15°C) kloonafhankelijk is. De genetische achtergrond van planten is volgens hen een belangrijke factor die de kwaliteit beïnvloedt. De genetische variabiliteit in reactie op lichtintensiteit zou dan ook serieus overwogen moeten worden bij toekomstige pogingen om het kwaliteitsbehoud te verbeteren.

De *Ficus benjamina* klonen, in het onderzoek van Ottosen en Høyer (1988), met de geringste bladabscissie na 18 dagen donker (20°C) zijn tevens de snelst groeiende klonen bij lage lichtintensiteit (Ottosen, 1988). In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat een toegenomen groeisnelheid bij lage lichtintensiteit geassocieerd lijkt te zijn met een toegenomen kwaliteit. Ottosen en Høyer (1988) zijn daarom van mening dat selectie op grotere groeisnelheid tevens een screening op kwaliteitsbehoud moet bevatten, zodat wellicht genotypes kunnen worden geselecteerd met zowel een snelle groei als een goede houdbaarheid.

6.2.4 BA-behandeling

BA (6-benzylaminopurine) is een cytokinine dat de houdbaarheid van planten verlengt door de degradatie van chlorofyl- en caroteen, essentiële componenten voor de fotosynthese, te vertragen (Poole en Conover, 1984). Een BA-bespuiting (25, 50 of 100 ppm) vóór de donkeropslag reduceert de achteruitgang van *Dieffenbachia* tijdens donkeropslag van 30 dagen (Poole en Conover, 1984; Ben-Jacov et al., 1985a) en van potrozen tijdens een donkeropslag van 5 dagen (Clark [et al.] 1991). Volgens Ben-Jacov et al. (1985a) voorkomt BA de export van stoffen van de oudere bladeren naar de jongere, nog in ontwikkeling zijn de bladeren. BA-behandeling zou, zo stellen de onderzoekers, een nuttige methode kunnen zijn om de vergeling van de onderste bladeren van *Dieffenbachia* te voorkomen, wanneer planten tot 30 dagen in donkeropslag zijn. Poole en Conover (1984) vinden dat BA inderdaad mogelijkheden biedt om de houdbaarheid tijdens donkeropslag te verlengen, maar een juiste opslag is volgens hen toch het belangrijkste.

7 TEMPERATUUR

7.1 KOUSCHADE

Om de ademhaling, groei en uitbloei van planten te vertragen worden potplanten tijdens de afzetfase gekoeld. Bovendien produceren planten bij lage temperaturen minder ethyleen en zijn er minder gevoelig voor (zie 5.3.3) (Marousky, 1979; Woltering, 1987) en kan gerekte en bleke ontwikkeling als gevolg van gebrek aan licht door koeling worden beperkt (Poole [et al.] 1984). Blootstelling aan te lage temperaturen kan leiden tot kouschade, zoals verwelking, dode plekken op bladeren en scheuten (necrose) die soms zelfs leiden tot het afsterven van de plant, glazigheid, putjes in bladeren, witte lesies en vergeling (Marousky en Harbaugh, 1980; McConnell en Sheehan, 1978; Marousky, 1980; Nell en Barrett, 1986). Fysiologische symptomen, vaak het resultaat van zware membraanbeschadigingen of het niet functioneren van membranen, omvatten veranderde fotosynthese- en transpiratiesnelheden (McMahon [et al.] 1994).

Planten worden niet alleen door vriestemperaturen beschadigd maar ook door temperaturen van 2-10°C (Marousky en Harbaugh, 1980). Voorbeelden hiervan zijn de *Euphorbia pulcherrima*-cultivars 'Gutbier V-14 Glory' en 'Gutbier V-10 Amy' die bij respectievelijk 7,2°C (3-9 dagen, donker) (Scott [et al.] 1983) en 4°C (1-7 dagen, donker) (Nell en Barrett, 1986), witte lesies op de schutbladeren vertonen. Bij sommige soorten, zoals bijvoorbeeld *Spathiphyllum* 'Clevilandi', verschijnen de symptomen onmiddellijk en bij andere soorten ontwikkelen ze zich binnen een paar dagen. Zo worden de bladranden van *Dracaena sanderana* pas 3-4 dagen na de blootstelling aan 2°C en 6°C (1-2 dagen, donker) chlorotisch en necrotisch (Marousky, 1980).

7.2 SCHADE DOOR TE HOGE TEMPERATUREN

Koeling is, naast de eerder genoemde redenen, belangrijk omdat planten ook kunnen worden beschadigd door blootstelling aan te hoge temperaturen, hetgeen verwelking (hoge transpiratiesnelheid), abscissie en verbleking veroorzaakt (Conover, 1980). De *Euphorbia pulcherrima*-cultivars 'Gutbier V-10 Amy' en 'Annette Hegg Dark Red' verliezen veel meer bladeren en cyathia tijdens donkeropslag bij 24°C (>4 dagen, donker) dan bij 4 en 16°C (Nell en Barrett, 1986). Een ander voorbeeld is *Hibiscus rosa-sinensis* 'Angie Physic', waar bij temperaturen hoger dan 21°C (3-9 dagen, donker) blad-, knop- en bloemabscissie en chlorose optreedt en sprake is van vroegtijdige bloei. Bovendien doet 32°C de bloemgrootte sterk afnemen (Gibbs [et al.] 1989).

Volgens Conover (1980) en Marousky en Harbaugh (1980, 1981) hoeven hoge temperaturen niet nadelig te zijn, maar gekoppeld aan hoge ethyleenniveaus en/of donker kunnen ze planten zwaar beschadigen. Planten zijn bij hoge temperaturen namelijk veel gevoeliger voor ethyleen en produceren dan ook meer ethyleen (zie 5.3.3) (Marousky, 1979; Woltering, 1987).

7.3 FACTOREN VAN INVLOED OP HET EFFECT VAN TEMPERATUUR

De hevigheid van de kouschadesymptomen neemt toe met een afnemende temperatuur en/of een toenemende blootstellingsduur (Marousky en Harbaugh, 1980; Marousky, 1980). Bij bijvoorbeeld *Hibiscus rosa-sinensis* 'Angie Physic' veroorzaakt een toenemende blootstellingsduur van 3 tot 9 dagen aan 4,5°C toenemende

verwelking, necrose en glazigheid (Gibbs et al., 1989). Het onderzoek van McConnell en Sheehan (1978) met *Phalaenopsis* levert een voorbeeld van toenemende kouschade met afnemende temperatuur en toenemende blootstellingsduur. Blootstelling van deze plant aan 2, 4 en 7 °C gedurende 8 uur of minder heeft bij 2°C gedurende 8 uur de ernstigste bladbeschadiging (gele vlekjes en putjes) tot gevolg. De beschadiging van planten door hoge temperaturen neemt toe met een toenemende temperatuur en/of een toenemende blootstellingsduur. Zo veroorzaken temperaturen groter dan 20°C verbleking en reductie van de groei tijdens donkeropslag bij *Dendranthema x grandiflorum*-planten, terwijl temperaturen tussen 5-15°C planten met de beste kwaliteit opleveren. Bovendien wordt de beste kwaliteit verkregen bij een zo'n kort mogelijke opslagduur (Rajapakse [et al.] 1991).

De mate van schade door extreme temperaturen kan verschillen voor de verschillende plantesoorten en cultivars. Marousky en Harbaugh (1980) testten diverse plantesoorten op koudegevoeligheid, waarvan *Schefflera*, *Chlorophytum* en *Hoya* als meest koudetolerant naar voren kwamen. Volgens Struppek (1988) kunnen goed ontwikkelde azalea's in knop gedurende 3-4 maanden zonder problemen bij 2°C in het donker staan. Zeer vroege cultivars die te ver zijn ontwikkeld, ondervinden onder deze omstandigheden schade. Over verschillen in temperatuurgevoeligheid als gevolg van verschillen in de ontwikkeling van de plant of een deel van de plant bestaat onduidelijkheid. Uit gegevens van McConnell en Sheehan (1978) blijkt dat de meest ontwikkelde bladeren van *Phalaenopsis*, in tegenstelling tot de jonge bladeren, geen kouschade vertonen na blootstelling aan 2°C gedurende 8 uur. Ook bij *Episcia* zijn het vooral de jongere bladeren die worden beschadigd, terwijl juist de niet volwassen bladeren van *Dieffenbachia* resistent blijken voor koeling bij 10°C gedurende 1 uur (McMahon [et al.] 1994).

7.4 MAATREGELEN TEGEN SCHADE DOOR EXTREME TEMPERATUREN

Conover (1980) stelt dat bijna 50% van alle schadeclaims het gevolg is van het niet binnen de optimale reeks handhaven van temperaturen tijdens de afzetfase. De beste temperaturen lijken te liggen tussen 15-18°C (Marousky, 1980; Marousky en Harbaugh, 1980 en 1981; Poole en Conover, 1983; Gibbs [et al.] 1989).

Afharden van planten door ze geleidelijk bloot te stellen aan lagere temperaturen is gebaseerd op het feit dat deze procedure de membraan subtiel verandert in een vorm die minder gevoelig is voor lage temperaturen. Toepassing van een antitranspirant voorkomt of reduceert de transpiratie en beschermt de plant tegen kou. Deze technieken zijn niet succesvol bij alle planten. Zo is *Episcia reptans* niet af te harden en reduceren antitranspiranten niet de kouschade bij *Dieffenbachia maculata* (McMahon [et al.] 1994). Door kwalificering en kwantificering van fysiologische veranderingen als gevolg van kouschade kan het volgens McMahon [et al.] (1994) mogelijk worden om plantschade op te merken voordat het visueel zichtbaar wordt. Dit concludeerden zij naar aanleiding van hun onderzoek met *Dieffenbachia maculata* 'Rudolph Roehrs', waarbij de CO₂-opname vlak na langdurige koeling bij 1,2°C (24-60 uur, donker) sterk afnam.

7.5 SCHIMMELS

De meeste bloemen en planten zijn gevoelig voor *Botrytis*. Deze schimmel veroorzaakt de zogenaamde pokken (smet), het afvallen van bloembladeren en het knikken van stengels. De schimmelsporen kunnen uitsluitend in aanwezigheid van water ontkiemen. De schimmeldraden groeien vervolgens door de plant heen (Ruizendaal [et al.] 1988).

Lage temperaturen vertragen de groei van de schimmel, maar zorgen niet voor een stilstand. Ter bestrijding van Botrytis is bedrijfshygiëne belangrijk om te voorkomen dat de schimmel zich kan ontwikkelen en nieuwe sporen vormt. Verder moet worden voorkomen dat aanwezige sporen ontkiemen. Aangezien grote temperatuurschommelingen tot condensvorming leiden moet de temperatuur zo gelijkmatig mogelijk worden gehouden. Een hoge relatieve luchtvochtigheid (RV), zoals die bijvoorbeeld in een gesloten vrachtwagen met zeer veel planten (Anoniem, 1988) of in gesloten verpakkingen (Verberkt, 1991) optreedt, moet eveneens worden vermeden. Bij een hoge RV ontstaat namelijk al door een geringe daling van de temperatuur condens. Gebruik van verpakkingen vermindert de temperatuurschommelingen rond de plant. Geperforeerde folie of papier is aan te bevelen boven ongeperforeerde kunststoffolie (Ruizendaal, 1988).

8 WATERTEKORT

8.1 GEVOLGEN VAN WATERTEKORT

Watertekort veroorzaakt een reductie van de fotosynthesesnelheid doordat stomata sluiten en metabolische processen worden ontregeld (Peterson et al., 1980ab). Bovendien leidt watertekort tot verhoging van de ethyleenproductie (Graves en Gladen, 1985; Anoniem, 1988). Uiteindelijk leidt watergebrek tot afname van de lengte en gewichtstoename (Hsiao, 1973), verwelking en bladabscissie (Peterson et al., 1980a; Graves en Gladen, 1985; Cornish [et al.] 1985). Overigens heeft te veel water ook afname van de plantkwaliteit tot gevolg en leidt het tot slechte beluchting van het wortelmedium en een grotere kans op wortelziekten (Rajapakse et al., 1988).

Graves en Gladen (1985) stellen dat bladabscissie bij *Ficus benjamina* lijkt te verschillen afhankelijk van of het geïnduceerd wordt door watertekort of door blootstelling aan verschillende lichtintensiteiten. Wanneer blad niet de juiste lichtintensiteit ondergaat wordt het geel voordat het van de plant valt. In geval van watertekort ondergaan de afvallende bladeren geen kleurverandering. Symptomen die samengaan met bladabscissie kunnen daarom volgens hen informatie geven over de oorzaak van de abscissie.

Omgevingsfactoren zoals een hoge temperatuur (Cornish [et al.] 1985) en een lage relatieve luchtvochtigheid (Peterson [et al.] 1980a) verhogen de transpiratie van planten en dus de waterbehoefte. Blootstelling aan ethyleen kan afbreuk doen aan de stomatale beweging bij sommige soorten (Rajapakse [et al.] 1989) en ook de CO₂-concentratie heeft invloed op het sluiten van stomata (Marousky en Harbaugh, 1979). De mate van uitdroging is bovendien afhankelijk van de duur van de afzetting (Verberkt, 1991).

8.2 MAATREGELEN TEGEN UITDROGING

8.2.1 Algemene maatregelen

Watertekort kan worden voorkomen door een lage temperatuur (transpiratie neemt af), de planten in voldoende grote potten "nat" de afzetting in te laten gaan, een zo kort mogelijke afzetting en zonodig een tussentijdse watergift. (Cornish et al., 1985). Een voorbehandeling met STS of AOA kan bij sommige soorten het waterverlies tijdens de afzetting verminderen, omdat een dergelijke behandeling de door ethyleen veroorzaakte verstoring van de stomatale beweging beperkt (Rajapakse [et al.] 1989). Ook een hogere CO₂-concentratie vertraagt de aanvang van watertekort door inwerking op de stomata (Marousky en Harbaugh, 1979). Verder blijkt een zeer vochtige omgeving de transpiratie van de plant te verlagen (Peterson [et al.] 1980a). Onderzoek van Verberkt (1991), waarbij *Begonia*-planten onverpakt of verpakt in verschillende materialen een transportsimulatie (0,7 of 12 dagen, 17°C, donker) ondergingen, bevestigt dit. In verpakkingen met weinig luchtuitswisseling, waarin de relatieve luchtvochtigheid (RV) dus op kan lopen, treedt namelijk de minste uitdroging op. Daarentegen nam de mate van Botrytis-aantasting aan het blad toe, met toenemende RV en kan de ethyleenconcentratie tot ongewenste hoogtes oplopen.

8.2.2 Antitranspiranten

Antitranspiranten kunnen enige bescherming tegen watertekort bieden door het vochtverlies van de planten te vertragen (Hummel, 1990). Hieronder volgt een indeling van de antitranspiranten.

Stomataregulerende middelen

Stomata van veel planten sluiten in het donker of bij lage lichtintensiteit, maar de mate van sluiten kan variëren voor de soorten (Rajapakse [et al.] 1988). Als gevolg van het niet geheel sluiten van stomata in het donker kan waterverlies doorgaan. Chemicaliën die sluiting van stomata bevorderen, kunnen dan ook worden gebruikt voor het reduceren van waterverlies tijdens transport en opslag (Rajapakse [et al.] 1989). Volgens Verhoeven (1989) is over de stomataregulerende middelen weinig bekend. Het is in ieder geval ideaal wanneer het middel weinig mobiel is in de plant, zodat schadelijke neveneffecten in andere delen van de plant beperkt blijven. Beperkt het middel zich tot de bladepidermis dan heeft het alleen invloed op de stomata en niet op andere levensprocessen in de plant. ABA (abscisinezuur) is een voorbeeld van een mobiel middel.

Van ABA is bekend dat het in veel plantsoorten sluiting van stomata induceert (Cornish [et al.] 1985; Rajapakse [et al.] 1988 en 1989). Cornish [et al.] (1985) en Rajapakse [et al.] (1989) zijn van mening dat, indien de kosten van ABA niet zo hoog zouden zijn, toepassing van lage concentraties ABA van commercieel belang zouden zijn. Uit hun onderzoek met *Chrysanthemum morifolium*-potplanten blijkt namelijk dat bladbehandeling van deze planten met een lage concentratie ABA (100 µM) een reductie van de snelheid van waterverlies van de planten tot gevolg heeft, dat ABA de stomatale geleiding reduceert en dat als gevolg van watertekort de ABA-concentratie in bladeren sterk toeneemt. Peterson [et al.] (1980b) namen ook in bladeren van *Ficus benjamina* na waterstress een toename van de ABA-concentratie waar na waterstress en aangezien zij geen verband zagen tussen ABA-concentraties en bladabscissie, nemen zij aan dat ABA niet onafhankelijk de bladabscissie reguleert maar samen werkt met andere hormonen zoals ethyleen, IAA (indolazijnzuur) en cytokininen.

Filmvormende middelen

De ervaringen met toepassing van de dunne filmvormende middelen, hoog-polaire alcoholen en siliconen, zijn zeer wisselend. De werking hangt sterk af van omgevingsfactoren. Siliconen kunnen toxisch werken aangezien ze de huidmondjes volledig kunnen afsluiten. De resultaten van onderzoek met relatief dikke filmvormende middelen is eveneens sterk wisselend. De werking hangt af van het gewas, toepassingswijze, soort middel, weer en allerlei andere omstandigheden die de groei beïnvloeden. Bekende middelen zijn: Wilt-Pruf (polyvinylchloride), VaporGuard (polyterpeen), Folicote (emulsieve was; kan gaatjes van 50 µm afdichten dit is ongeveer de grootte van huidmondjes), PlantGuard en Clear Spray (Schuring [et al.] 1992; Verhoeven, 1989).

Reflecterende middelen

Middelen die de reflectie van het blad verhogen hebben een meer indirect karakter aangezien ze niet in eerste instantie de verdamping, maar de opwarming van het blad remmen. Het zijn middelen die de input van energie in het blad moeten verlagen, hetgeen misschien wordt bewerkstelligd door de reflectie van het blad te laten toenemen. Tevens zouden ze een bepaalde selectiviteit voor straling moeten hebben zodat niet alle delen van het spectrum (zoals de voor fotosynthese noodzakelijke straling) worden teruggekaatst (Schuring [et al.] 1992; Verhoeven, 1989).

Stomatasluitende en reflectieverhogende middelen zullen hoofdzakelijk de stomataire verdamping remmen (Schuring [et al.] 1992). Volgens Rajapakse [et al.] (1988)

hebben deze middelen in het donker of bij lage lichtintensiteit beperkt nut, omdat onder deze omstandigheden cuticulaire transpiratie verantwoordelijk is voor een groot deel van het waterverlies. Filmvormende middelen kunnen naast de stomataire verdamping ook nog de cuticulaire verdamping beperken (Schuring [et al.] 1992). Volgens Verhoeven (1989) blijken de resultaten van onderzoeken met verschillende antitranspiranten sterk te verschillen. De middelen kunnen naast een aantal positieve effecten, zoals remming van de verdamping en bevorderen van de aanslag, ook negatieve effecten hebben zoals de vermindering van de fotosynthese, verandering van de levensprocessen, bladbeschadiging, bladchlorose, bladverbranding, bladval en zelfs afsterven van planten veroorzaken. Toxiciteit lijkt af te hangen van het gewas (soort), van het type middel, de concentratie van het middel, de omstandigheden waaronder het middel wordt toegepast, de toestand van het gewas (rust/groei), en van allerlei uitwendige omstandigheden zoals bodemgesteldheid, ontwateringstoestand, temperatuur en luchtvochtigheid (Verhoeven, 1989).

8.3 NAAKTWORTELIG TRANSPORT

Een redelijk nieuwe methode in de bloemisterij is het transporteren van naaktwortelige kamerplanten. Deze wijze van transport brengt een kostenbesparing met zich mee omdat vervoer van grond en potten niet nodig is. Naast de kostenbesparing is deze wijze van transport een uitkomst in verband met quarantaine regels die in sommige landen zijn ingesteld wegens het gevaar van overdracht van grondgebonden ziekten (Rudnicki [et al.] 1991; Nowak, 1991). Naaktwortelige planten zijn niet gevoeliger voor nadelige omstandigheden dan potplanten, tenzij het wortelgestel beschadigd is. Zo kunnen de op hydrocultuur gekweekte, naaktwortelige *Ficus benjamina* cultivars 'Standard' en 'Golden Princess' 2 weken donkeropslag ($12 \pm 1^\circ\text{C}$, $85 \pm 10\%\text{RV}$) goed weerstaan, evenals de in pot gekweekte en opslagen exemplaren. In pot gekweekte en vervolgens naaktwortelig opgeslagen planten van deze cultivars vertonen aanzienlijk meer bladval na 2 weken donker opslag, waarschijnlijk als gevolg van beschadiging bij het verwijderen van de grond. De cultivar 'Starlight' verloor bij naaktwortelige donkeropslag nog meer bladeren dan bij opslag in potten. De mogelijkheid van naaktwortelig transport hangt dus, evenals dat van transport in potten, af van de plantsoort en cultivar. (Steinitz [et al.] 1987).

9 MECHANISCHE STRESS

9.1 MECHANISCHE BESCHADIGING

Potplanten kunnen in alle fasen van de afzet mechanische beschadiging oplopen. Planten kunnen bijvoorbeeld bij stapeling gebroken en geschaafde takken en bladeren oplopen door overgewicht van de lading (Risse [et al.] 1986), wat met name bij de onderste laag schade veroorzaakt (Ruizendaal [et al.] 1988). Ook onzorgvuldige hantering tijdens laden en lossen, bijvoorbeeld doordat men op planten gaat staan of er over heen loopt, kan breken en schaven van plantedelen veroorzaken (Risse [et al.] 1986).

Bij het onderzoek van van Spronsen (1982) kwam mechanische beschadiging onder andere naar voren bij bloemen van bloeiende potplanten die elkaar tijdens de afzet kunnen raken. De bloemknoppen zijn over het algemeen aanzienlijk minder gevoelig voor mechanische beschadiging dan bloemen. Vooral bloemen van rassen met donkere bloemkleuren (rood, blauw, paars) tonen de schade duidelijk. Voorbeelden hiervan zijn *Achimenes*, *Begonia* en *Saintpaulia*. Bij rassen met lichte bloemkleuren worden de bloemen wel beschadigd maar dit is niet of nauwelijks waarneembaar.

9.2 STIMULATIE ENDOGENE ETHYLEENPRODUKTIE

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de endogene ethyleenconcentratie in plantendelen als gevolg van mechanische stimulatie van deze delen, toeneemt. Zo resulteert stress in takken van *Pinus strobus*, *Pyrus malus* en *Prunus persica*, opgelegd door ze in bogen te binden, in een toename van de ethyleenconcentratie (Leopold [et al.] 1972).

Ook bij de bij *Euphorbia pulcherrima* 'Annette Hegg Supreme' in hoezen optredende epinastie is volgens Sacalis (1978) endogeen ethyleen betrokken. In bladstelen van planten in hoezen komt namelijk veel meer ethyleen (20x zo veel) voor dan in bladstelen van onverpakte planten. Gegevens over *Euphorbia pulcherrima* 'Annette Hegg Diva' van Saltveit [et al.] (1979) en Saltveit en Larson (1981) bevestigen dat hoezen ethyleenproductie cq. bladepinastie stimuleren. Bij het in hoezen doen en het er weer uithalen van de planten worden de bladstelen namelijk gebogen en vindt heroriëntatie in het zwaartekrachtsveld plaats.

Verder namen Saltveit en Larson (1981) waar dat horizontaal schudden van *Euphorbia pulcherrima*-planten 'Annette Hegg Diva' gedurende 15 seconden, binnen 2 uur een epinastische reactie tot gevolg heeft en de ethyleenproductie in 3 uur 15x zo groot wordt. Trillingen tijdens gesimuleerde transport veroorzaakten bij *Begonia* 'Medora' en *Schefflera arboricola*, naast gebroken stengeltoppen, bladabscissie en -necrose (Auer en McConnell, 1984). Bladtoepassing van STS (0,28-1,12 mM) vóór het gesimuleerde transport reduceerde de bladabscissie bij *Begonia*.

9.3 MAATREGELEN TEGEN MECHANISCHE STRESS

Volgens Conover (1980) blijkt uit gegevens dat bij ongeveer 30% van de schadegevallen in de afzetfase mechanische stress verantwoordelijk is voor de geleden schade. De kwaliteitsvermindering als gevolg van mechanische stress kan worden beperkt door het aantal handelingen zoveel mogelijk te beperken, de lengte van de afzetfase zo kort mogelijk te houden en de bloeiende planten niet te rijp aan te voeren (van Spronsen, 1982).

Het verpakken speelt, naast bescherming tegen ongunstige omgevingsinvloeden,

een zeer belangrijke rol bij het beschermen van planten tegen mechanische beschadigingen (Ruizendaal [et al.] 1988). Dozen moeten de juiste afmeting hebben om het schuiven van planten te minimaliseren, de juiste constructie hebben om platdrukken bij stapelen te voorkomen en weerstand bieden tegen vocht. Afhankelijk van het type plant kunnen afschermingen tussen elke pot of het verpakken van planten in hoezen buiging, breken en kneuzen van bladeren tijdens transport voorkomen. Hoezen zijn ook geschikt om bladbeschadiging tijdens laden en lossen te voorkomen (Conover, 1980).

Zoals al werd gemeld kunnen hoezen bij bepaalde cultivars van *Euphorbia pulcherrima* epinastische reacties opwekken. Volgens Nell (1991) herstellen de meeste planten zich binnen 24-48 uur na verwijdering van de hoezen (lichte plaats, 18-23°C) en heeft het materiaal van de hoes (bijv. folie of papier) geen effect op het optreden van epinastie. Het herstel laat langer op zich wachten naarmate de planten langer in de hoezen zijn gehouden.

De verschillen in beschadiging van *Begonia* verpakt in foliehoezen zonder perforatie, met gaten en met miniperforatie is gering (Verberkt, 1991). De foliehoezen met miniperforatie kunnen tot beschadiging leiden wanneer ze van de plant wordt afgetrokken. De perforatie is hier namelijk van buiten naar binnen aangebracht, waardoor vrij scherpe uitsteeksels aan de binnenkant van de hoes ontstaan.

10 BEPALING INWENDIGE KWALITEIT

Een plant kan er direct na de afzetfase goed uitzien, maar later bij de afnemer niet meer (van Kooten [et al.] 1991a). Het ontbreken van uitwendige symptomen, zoals bladvergelting en verwelking zegt onvoldoende over de fysiologische toestand van de plant. Het Instituut voor Agrotechnologisch Onderzoek (ATO-DLO) heeft naar een mogelijkheid gezocht om de inwendige staat van levend plantmateriaal vast te stellen zodat de reactie van planten op ongunstige omstandigheden tijdens de afzetfase direct kan worden gemeten, nog voordat deze zichtbaar wordt (van Kooten, 1991a). Het blijkt mogelijk om met behulp van gemoduleerde chlorofylfluorescentie, met een relatief korte en eenvoudige meting de efficiëntie van het electronentransport in de fotosynthetische membranen vast te stellen (van Kooten et al., 1991b). Eenvoudiger gezegd gaat het hier om de efficiëntie waarmee de plant opvallend licht gebruikt om koolzuur uit de lucht om te zetten in suikers en andere noodzakelijke grondstoffen: de fotosynthese-efficiëntie. De meting heeft als voordeel dat de plant intact blijft. De plant, of een deel daarvan, wordt van een lage naar een hoge lichtintensiteit gebracht. Vóór blootstelling aan de hoge lichtintensiteit is de fotosynthese-efficiëntie hoog. Direct na verhoging van de lichtintensiteit absorbeert de plant wel veel licht, maar kan de verhoogde instroom van lichtenergie nog niet efficiënt benutten. Daardoor zal de efficiëntie dalen tot bijna nul. Een zwakke plant heeft een langere tijd nodig om de efficiëntie weer op peil te brengen. Door dus kort na een verhoging van de lichtintensiteit te meten hoe efficiënt de plant met het licht omgaat, kan de inwendige kwaliteit van de plant worden vastgesteld (van Kooten, 1991a). De methode kan ook gebruikt worden om de gevoeligheid voor ongunstige omstandigheden te voorspellen: planten met een korte herstelperiode ondervinden minder snel schade in de afzetfase.

De mate waarin afname in de fotosynthese-efficiëntie samenhangt met het verschijnen van zichtbare afname in kwaliteit is waarschijnlijk verschillend voor de verschillende soorten en cultivars. De relatie tussen de meting en de inwendige kwaliteit moet dan ook voor iedere plantesoort afzonderlijk worden onderzocht.

11 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

11.1 NAAKTWORTELIGE GEWASSEN

In de onderzochte literatuurbronnen is met name veel onderzoek aangetroffen over bosplantsoen. Veelal betrof het onderzoek naar zaailingen van naaldhoutgewassen zoals *Picea sp.*, *Pinus sp.* en *Pseudotsuga menziesii*. Naar andere takken van de boomkwekerij, bijvoorbeeld laanbomen, rozen, heesters en vaste planten is veel minder onderzoek verricht. Er is veel onderzoek verricht naar het geconditioneerd bewaren en verpakken van wortelgoed. Over de invloed van niet-geconditioneerde omstandigheden en de omstandigheden tijdens transport zijn in de literatuur weinig gegevens beschikbaar.

De algemene conclusies uit deze literatuurstudie zijn, dat uitdroging en het actief worden van planten bij een te hoge overwinteringstemperatuur de grootste knelpunten zijn bij de verhandeling van naaktwortelige gewassen. Bovendien is er geen methode om met zekerheid vast te stellen of een plant in winterrust is. Dit betekent voor de kweker dat aan het verlengen en vervroegen van het afzetseizoen risico's verbonden zijn. Om de gewenste arbeidsspreiding en verlenging van het afleverseizoen te realiseren met een minimum aan risico voor de plantkwaliteit is conditionering noodzakelijk.

Op punten in de keten waar conditionering niet mogelijk is, zoals op het veld, tijdens verwerking, bij overslag en op de plantplaats, zijn maatregelen nodig om uitdroging tegen te gaan.

De optimale omstandigheden voor het bewaren, verpakken en het transport van boomkwekerijgewassen hangen af van het groeistadium van de plant. In rusttoestand zijn planten het meest bestand tegen koude, droogte en andere ongunstige factoren.

De overgang van de groei- naar de rustfase en omgekeerd verloopt geleidelijk. Helaas is het niet mogelijk om eenduidig vast te stellen of een plant volledig in rust is. Een methode om dit vast te stellen wordt voorlopig ook niet verwacht.

Planten die aan het begin of einde van de rustperiode worden gerooid, zijn ongeschikt voor langdurige bewaring en kunnen het best zo snel mogelijk weer worden herplant. De bewaartemperatuur kan dan beter niet onder het vriespunt komen in verband met de geringere winterhardheid. Temperaturen van 0 tot $\pm 2^{\circ}\text{C}$ zijn in dit geval het meest geschikt. De kans op schimmelgroei is bij deze temperatuur wel groter dan bij temperaturen onder nul graden.

Planten die in rust zijn wanneer ze worden gerooid, kunnen wel maandenlang worden bewaard. Voor langdurige opslag is -2°C het meest geschikt. Vroeg in het najaar en laat in de winter gerooide planten zijn dus in principe ongeschikt voor langdurige bewaring.

Bij het instellen van een bewaartemperatuur moet rekening worden gehouden met de verwachte bewaarduur en de gevoeligheid van het gewas voor lage temperaturen.

Wegens het gevaar voor condensvorming en de schimmelgroei als gevolg daarvan, moet de bewaartemperatuur tijdens gekoelde bewaring constant zijn. Of temperatuurschommelingen ook directe gevolgen hebben voor de plant is niet bekend. Van afwisselend vriezen, dooien, vriezen wordt vermoed dat het nadelig voor planten zou kunnen zijn.

Tussen rooien en herplanten moeten de planten altijd tegen uitdroging worden beschermd. Hoewel uitdroging algemeen als het grootste gevaar voor planten wordt

beschouwd, bestaat weinig onderzoek naar de mate van uitdroging die planten kunnen verdragen. Dit soort onderzoek wordt bemoeilijkt, doordat de rusttoestand invloed heeft op de droogtetolerantie. Daarbij zijn de omstandigheden waaronder de plant hergroeit van invloed op de omvang van de gevolgen. Wanneer planten onder gunstige omstandigheden groeien, zijn zij in staat opgelopen schade te herstellen of te compenseren, terwijl dit onder slechte omstandigheden tot uitval zou leiden. Onderzoek naar de kritische uitdrogingsgrens, waarboven herstel van de opgelopen schade niet mogelijk is, is gewenst.

Uitdroging verloopt snel en schadadrempels kunnen in korte tijd zijn bereikt. In een kortdurende afzetfase (enige dagen tot enkele weken) is uitdroging een groter gevaar voor de planten dan uitputting van reservestoffen als gevolg van de ademhaling. Wel dient er altijd voor gezorgd te worden dat de door planten geproduceerde warmte afgevoerd kan worden.

Bij bewaring in niet-gekoelde ruimten is het de vraag wat het meest van invloed is: schade door te hoge temperatuur (broei, uitputting, schimmels) of uitdroging. Verpakken of afdekken zou in deze situatie weliswaar de uitdroging kunnen verminderen, maar tevens kunnen leiden tot een verhoging van de produkttemperatuur en een verhoogde ademhaling. Doordat bij hoge temperatuur de planten actief worden of uitgeput raken en ook schimmelgroei ontstaat, kan verpakken een nadelig effect hebben. Onderzoek naar verbetering van de opslagmethoden in niet-geconditioneerde ruimten kan hierin meer inzicht geven.

Dompelbehandelingen voor het herplanten kunnen theoretisch het ontstane vochttekort aanvullen. Het nut van dompelbehandelingen voorafgaande aan het planten om vochttekort op te heffen is omstreden. Nader onderzoek naar het effect van dompelbehandelingen in relatie tot de mate van uitdroging zou hier meer duidelijkheid kunnen verschaffen. Voorkomen van uitdroging is in principe beter dan genezen.

Bij gekoelde, donkere bewaring is het verpakkingsmateriaal dat het minste water doorlaat het meest geschikt om planten tegen uitdroging te beschermen. Voor gebruik op het veld, tijdens transport en overslag of op de plantplaats, wanneer door instraling de temperatuur snel kan oplopen, is het van belang dat het materiaal weinig straling naar binnen laat of isolerend werkt, zodat de temperatuur niet oploopt. Over geschiktheid van diverse materialen bestaat weinig literatuur en nader onderzoek naar de eigenschappen van materialen is gewenst. Bij de keuze van de te onderzoeken materialen moet rekening worden gehouden met de huidige milieu-inzichten, over bijvoorbeeld hergebruik van materialen.

Het gebruik van polyacrylaat-worteldip verdient nader onderzoek, vooral onder niet-geconditioneerde omstandigheden en tijdens transport. Het water uit de worteldip is voor de plant opneembaar. Zodoende wordt niet alleen uitdroging voorkomen, maar beschikt de plant over een watervoorraad. Worteldip kan gezien worden als alternatief voor verpakken en gebruik van antiverdampingsmiddelen. Gebruik van bestaande anti-verdampingsmiddelen op naaktwortelige gewassen biedt weinig perspectief.

Hoewel aan kuilmethoden ongetwijfeld nog verbeteringen aan te brengen zijn, bijvoorbeeld met betrekking tot het kuilmedium, zijn de mogelijkheden voor kuilen beperkt tot kortdurende opslag.

Of controlled atmosphere (CA-) bewaring voordelen biedt bij de bewaring van boomkwekerijgewassen is onbekend. Bij CA-bewaring wordt niet alleen de temperatuur, maar ook de luchtsamenstelling (O_2 , CO_2 , ethyleen, waterdamp) gestuurd. Dit heeft alleen zin bij langdurige bewaring van gewassen.

11.2 GROENVERHANDELDE GEWASSEN

Bladvergeling, bloem- en bladval bij kamerplanten zijn voornamelijk veroorzaakt door ethyleen en te hoge temperaturen in combinatie met lichtgebrek. Andere oorzaken voor schade zijn *Botrytis*, vochttekort en mechanische beschadigingen. Schade in de afzetfase van groenverhandelde boomkwekerijgewassen wordt vermoedelijk door dezelfde factoren veroorzaakt. De optimale omstandigheden voor de afzet van boomkwekerijgewassen dienen nog per soort en in relatie tot het groeistadium en het jaargetijde te worden vastgesteld.

Onderstaande conclusies zijn afgeleid op basis van de gegevens over de afzet van kamerplanten.

Een zo kort mogelijke afzetfase, zodat de ongunstige omstandigheden slechts gedurende korte tijd kunnen inwerken, levert een grote bijdrage het kwaliteitsbehoud van groen verhandelde planten.

Het ligt in de verwachting dat, wanneer de ethyleenconcentraties in de afzetketen niet boven 0,03-0,05 ppm uitkomen, ethyleen geen grote bedreiging voor de kwaliteit van pot- en containerplanten vormt.

Ethyleenschade kan worden voorkomen door uitlaatgassen, gemengd transport en opslag, watertekort, hoge temperaturen, mechanische stress en een lange afzetfase te vermijden. Ventilatie is een eenvoudige wijze om ethyleen uit ruimten te verwijderen.

Zolang er geen inzicht is in het optreden van de schade door te hoge ethyleenconcentraties bij de afzet van groen verhandelde boomkwekerijgewassen ligt onderzoek naar de toepassing van ethyleen scrubbers, absorberende folie, zilverthio-sulfaat en amino-oyazijnzuur niet voor de hand.

Bij een afzetduur van enige dagen en gematigde temperatuur is een gebrek aan licht geen bedreiging voor de kwaliteit van kamerplanten. Planten hebben over het algemeen voldoende reserves om een donkerperiode goed door te komen. Dit geldt vermoedelijk ook voor boomkwekerijgewassen. Gegevens over het lichtcompensatiepunt (LCP) kunnen een essentiële bijdrage leveren aan het inschatten van de relatieve lichtbehoefte van de verschillende soorten planten in de afzetketen. Om het eventuele nut van bijbelichting met rood licht (LED) tijdens en cytokinine (BA)-behandeling vóór de afzetfase vast te stellen is nog veel onderzoek nodig.

De veilige temperatuur in de afzetfase ligt voor tijdens de groei verhandelde boomkwekerijgewassen waarschijnlijk rond de 12 à 15°C. Over het algemeen is het beter om temperaturen boven 18 à 20°C te vermijden of blootstelling hieraan zo kort mogelijk te houden. Het realiseren van deze lage temperaturen is in grote delen van het jaar alleen mogelijk door gebruik te maken van geconditioneerde ruimten en gekoeld transport. In de bloemisterij is dit gangbaar.

In het voor- en najaar zal de optimale temperatuur voor boomkwekerijgewassen lager zijn, in verband met seizoensgebonden variaties in kouderesistentie.

Temperatuurschommelingen moeten, in verband met condensvorming en de daarmee samenhangende grotere kans op *Botrytis*-aantasting, zoveel mogelijk worden vermeden. Bij een hoge relatieve luchtvochtigheid (RV) heeft een kleine daling van de temperatuur al condensvorming tot gevolg.

Watertekort kan worden voorkomen door een lage temperatuur, de planten in voldoende grote potten "nat" de afzetfase in te laten gaan, een zo kort mogelijke afzetfase en zonodig een tussentijdse watergift. Verder blijkt een zeer vochtige omgeving de transpiratie van de plant te verlagen, bijvoorbeeld in een wagon vol

met planten of in een luchtdichte verpakking. De kans op Botrytis-aantasting is groot bij een hoge RV en bovendien kan de ethyleenconcentratie in een dichte verpakking tot een ongewenst niveau oplopen.

Minder voor de hand liggend om vochttekort te voorkomen zijn voorbehandelingen met STS, AOA of antitranspiranten en een verhoging van de CO₂-concentratie. Waterabsorberende polymeren kunnen naaktwortelige planten tegen uitdroging beschermen.

In de bloemisterij wordt geëxperimenteerd met het naaktwortelig vervoeren van kamerplanten, om de transportkosten te verlagen en te voldoen aan fytosanitaire eisen. Voor de boomkwekerij biedt naaktwortelig transport van groen verhandelde planten geen nieuwe perspectieven. Bij verhandeling van planten tijdens de winter-rust bestaat wegens het gevaar uitdroging en wortelbeschadiging de omgekeerde tendens; steeds meer gewassen worden met kluit of in pot afgeleverd.

Mechanische beschadiging kan worden beperkt door het aantal handelingen te beperken en planten te verpakken. Het nadeel van verpakken is de mogelijkheid dat de RV en de ethyleenconcentratie te hoog oplopen. Bovendien kan er bijvoorbeeld bij het aanbrengen en verwijderen van de verpakking schade worden aangebracht of kunnen plantedelen schade oplopen doordat ze tijdens het transport steeds langs de verpakking schuren. De stimulatie van de ethyleenproductie als gevolg van mechanische stress is erg onduidelijk.

Chlorofylfluorescentie lijkt ook voor groenverhandelde boomkwekerijgewassen een mogelijkheid te bieden om de (inwendige) kwaliteit van de planten te beoordelen. Op deze manier kunnen misschien de punten in de afzetfase waar planten beschadiging oplopen worden vastgesteld, zodat beschadiging in het vervolg kan worden voorkomen. Door meting na de afzetfase kan worden voorkomen dat planten met een slechte kwaliteit de afnemer bereiken.

12 LITERATUUR

I NAAKTWORTELIGE GEWASSEN

Anoniem, 1969

Koelproef vaste planten,
Proefstation voor de Boomkwekerij, Jaarverslag 1969.

Anoniem, 1974

Schimmelbestrijding en gassamenstelling tijdens bewaring van rozenonderstammen,
St. Boomteeltproeftuin Noord-Nederland, verslag van het onderzoek 1974.

Anoniem, 1988

De koelcel voor de boomteelt,
brochure CAD-boomteelt 1988 nr. 11, 46 pag.

Arends, H.Y., 1991

Onderzoek naar de invloed van ondersnijden van rozenonderstammen en de bewaring in plastic op de gewichtsvermindering tijdens de bewaring en de aanslag en groei na verplanten (1989/1990),
Boomteeltproeftuin Noordbroek 1991, IV nr. 58/91.

Beek, G. van en W. Maas, 1987

Ontwikkeling van eenvoudige methodieken om de eisen vast te stellen voor coatings van boomkwekerijgewassen,
Sprenger Instituut, Rapport 2333, 1987.

Binder, W.D.; P. Fielder; R. Scagel and G.J. Krumlik, 1990

Temperature and time-related variation of root growth in some conifer tree species,
Canadian-Journal-of-Forest-Research 1990., 20: 8, 1192-1199; 61 ref.

Blake, J.I. and R.G. Lindermann, 1992

A note on root development, bud activity and survival of Douglas-fir, and survival of western hemlock and noble-fir seedlings, following exposure to ethylene during cold storage,
Canadian J. For. Res., 1988, Vol 22 1195-1200.

Blake, J.I.; R. Linderman and D. Lavender, 1988

Seedling vigor of Douglas fir and western hemlock in relation to ethylene exposure levels and ethane production during cold storage,
Proceedings 10th North American Forest Biology Workshop, 'Physiology and genetics of reforestation', Vancouver, British Columbia, July 10-22, 1988 [compiled and edited by Worrall, J.; Loo-Dinkins, J.; Lester, D.P.]. 1988., 235-242; 18 ref.
Vancouver, Canada; University of British Columbia.

Blok, H; H.J. Gerritsen en L. Oldenkamp, 1970

Verpakking van wortelstelsels van eikelaanbomen,
Tijdschrift der Koninklijke Nederlandse Heidemaatschappij 81 (1970)4; 113-120.

Blok, H. en L. Oldenkamp, 1968

Verpakking wortelstelsel eikenlaanbomen,
Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", 1968.

Blok, H., 1974

Behandeling van Bosplantsoen ter voorkoming van vochtverlies,
Stichting Bosbouwproeftuin "De Dorschkamp", 1974 Intern Rapport nr. 64.

Boerrigter, H.A.M. en R.H. Evelo, 1993

Nieuwe folie voorkomt indrogen (lelie),
Bloembollencultuur, 1993 nr. 22, 28 okt 1993: 36-37.

Boetzelaar, G.J. van, 1982

Transport bij bos- en haagplantsoen,
Bedrijfsontwikkeling jaargang 13 (1982) 2 p 175-177.

Boetzelaar, G.J. en T. van Montfort, 1983

Verwerking en transport bij vruchtbomen, 1983.

Boetzelaar, G.J. van, 1984

Transport at nurseries,
Acta-Horticulturae. 1984., No. 155, 443-446; 2 tab.

Boumans, M., 197

Handleiding: koelen en bewaren boomkwekerij produkten,
CAD-Tuinbouw.

Boyer, J.N. and D.B. South, 1987

Excessive seedling height, high shoot-to-root ratio, and benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedlings,
Tree-Planters'-Notes. 1987., 38: 4, 19-22; 8 ref.

Brown, R.M., 1971

Cold storage of forest plants,
Quart. J. For. 1971, 65 (4), (305-315). [17 ref.].

Burdett, A.N., 1990

Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock,
Can. J. For. Res. 20 (1990): 415-427.

Cameron, A.C. and M. Maqbool, 1986

Postharvest storage of bare-root hardy perennials: the relation of water loss to storage survival,
Acta-Horticulturae. 1986, No. 181, 323-329.

Carlson, .W.C., 1985

Effects of natural chilling and cold storage on budbreak and root growth potential of loblolly pine (*Pinus taeda* L.),
Canadian-Journal-of-Forest-Research. 1985., 15: 4, 651-656; 27 ref.

Chen, T.H.H.; P. Murakami; P. Lombard and L.H. Fuchigami, 1991

Desiccation Tolerance in Bare-rooted Apple Trees Prior to Transplanting,
J. Environ. Hort 9(1): 13-17.

Clark, J.; R. Kjelgran; J. Hushagen and J. Fiore, 1992

Cambial electronical resistance does not assess vitality of individual sweet gum trees (*Liquidambar styraciflua*),
J. of Arboriculture 18 (1) 1992: 1-5.

Cooley, J.H., 1974

Planting technique and care of stock affect survival of planted Red Pine Research Note NC-159,
North Central Forest Exp St; For Serv US Dept of Agric.

Cunningham, J.L. and G.L. Staby, 1975

Ethylene and defoliation of Ornamental Lime plants in transit,
HortSci Vol 10 (2) 1975, p 174.

Curtis, O.F. and D.R. Rodney, D.R., 1952

Ethylene injury to nursery Trees in Cold Storage,
Proc. American Society for Hort Sci; 1952: 104-108.

Davidson, H and R. Mecklenburg, 1984

Storage and shipping of nursery products,
Boek Nursery Management hst 13 en 14; T5 Dav.

Don Kennedy, 1991

Rapid Index of Plant Vitality,
Forestry & British Timber dec 1991: 44.

Driessche, R.van den, 1979

Respiration rates of cold-stored nursery stock,
Canadian-Journal-of-Forest-Research. 1979., 9: 1, 15-18; 8 ref.

Echol, J.; C.E. Meier and A.W. Ezell, 1990

Dry site survival of Bareroot and Container Seedlings of Southern Pines from Different Genetic Sources Given Root Dip and Ectomycorrhizal Treatments Tree Planters' Notes Spring 1990:13-21.

Egnell, G and G. Orlander, 1993

Using infrared thermography to assess viability of pinus sylvestris and Picea abies seedlings before planting,
Can. J. For Research 1993 (9)sept Vol 23: 1737-1743.

Englert, J.M; L.H. Fuchigami and T.H.H. Chen, 1993

Bare-root basics; how to handle bare-root trees and shrubs after harvesting,
American Nurseryman; febr 15, 1993, p 56-59.

Englert, J.M; K. Warren; L.H. Fuchigami and T. Chen, 1993

Antidesiccant compounds Improve the survival of bare-root deciduous nursery trees,
J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 (2): 228-235.

Englert, J.M.; L.H. Fuchigami and T.H.H. Chen, 1993

Effects of storage temperatures and duration on the performance of bare root deciduous hardwood trees,
J. Arbor. 19(2)1993:106-112.

Fretz, T.A. and E.M. Smith, 1978

Woody ornamental winter storage,
HortScience. 1978., 13: 2, 139-140; 1 pl. EMB.

Fuchigami, L.H. and C. Nee, 1987

Degree growth stage model and rest-breaking mechanisms in temperate woody perennials,
HortScience 22(5): 836-843.

Garber, M.P. and J.G. Mexal, 1981

Lift and storage practices: their impact on successful establishment of southern pine plantations,
New-Zealand-Journal-of-Forestry-Science. 1981., 10: 1, 72-82; 22 ref.

Gerritsen, H.J.; H. Hol en L. Oldenkamp, 1969

Planttijd voor loofhout,
Tijdschrift der Koninklijke Nederlandsche Heidemaatschappij, sept 1969.

Guyer, D.E., 1991

Design Basics for Bare-Root Storage,
Am. Nurseryman aug 15, 1991:115-121.

Hanchek, A.M. [et al.], 1990

Storage moulds of herbaceous perennials,
J. Envir. Hort 8(1):29-32;.

Harris, J.R. and N.L. Bassuk, 1993

Tree planting fundamentals,
J. Arbor 19(2) 1993: 64-69.

Harris, J.R.; N.L.Bassuk and T.H.H. Whitlow, 1993

Effect of cold storage on bud break, root regeneration and shoot extension of Douglas Fir, Paper Birch and Green Ash,
J. Environ.Hort. 11(3): 119-123.

Havis, J.R., 1976

Root hardiness of woody ornamentals,
HortScience 1976., 11: 4, 385-386; 5 ref. EMB.

Hebb, E.A., 1982

Cold storage of Choctawhatchee sand pine seedlings: effect of lifting date and length of storage,
Southern-Journal-of-Applied-Forestry. 1982., 6: 4, 229-231; 6 ref.

Heiden, R. and A.C. Cameron, 1986

Bare-root perennials require cautious handling,
Am-Nurseryman. Chicago, Ill. : American Nurseryman Publishing Co. Apr 1, 1986.
v. 163 (7) p. 75-77, 80, 82-88. Includes references.

Hermann, R.K.; Deis P. Lavender and J.B. Zaerr, 1972

Lifting and storing western conifer seedlings,
Research paper no 17; For. Res. Lab; School of For; Oregon State Univ.

Hermann, R.K., 1967

Seasonal variation in sensitivity of Douglas-fir seedlings to exposure of roots
Forest Science 13 (1967): 140-149.

Hicks, R.R., 1993

Root dipping of seedlings with water absorbent gel improves survival on surface mine sites in West Virginia Tree, Planters' Notes 44 (2) 1993: p 159-163.

Hinesley, L.E., 1982

Cold storage of Fraser fir seedlings, Forest-Science. 1982., 28: 4, 772-776; 11 ref., 1 pl.

Hoogerwerf, A; W.H. Molenaar en W. Maas, 1985

De invloed van verschillende vulstoffen op de bewaarbaarheid in de koelcel van op verschillende manieren verpakte boomkwekerijgewassen, Sprenger Instituut, Rapport 2307, 1985.

Hoogerwerf, A; W.H. Molenaar en W. Maas, 1985

De invloed van verschillende coatings op de bewaarbaarheid in de koelcel van enkele boomkwekerijgewassen, Sprenger Instituut, Rapport 2308, 1985.

Hunt, R., 1980

Bareroot planting of eucalyptus, Tree-Planters'-Notes. 1980., 31: 4, 20-22; 3 ref.

Insley, H., 1982

The Effects of Stock Type, handling and sward control on amenity tree establishment, Dept. of Hort, Wye College, Univ. of London.

Insley, H., 1980

Wasting trees The effects of handling and post planting maintenance on the survival and growth of amenity trees, Arboricultural-Journal. 1980., 4: 1, 65-73; 30 ref.

Jakabffy, E., 1975

Storage effects of bare-rooted plants on the reforestation results, engelse samenvatting Institutionen for skogsforyngring; Reporter/Research Notes.

Kainer, K.A. [et.al.], 1990

Slash pine bud dormancy as affected by lifting date and root wrenching in the nursery, Tree Physiology 9 (1990): 479-489.

Kornet, M.M. and W. Verbeek, 1983

Onderzoek naar de optimale bewaar temperatuur van azaleaplanten op grond van de warmteproductie, Interim Rapport No. 25.

Kornet, M.M. and W. Verbeek, 1983

De warmteproductie van enkele boomkwekerijprodukten (entingen), Intern verslag no. 577.

Kozlowski, T.T and W.J. Davies 1975

Control of water balance in transplanted trees, J. Arboriculture, 1975 1(1): 1-10.

Landmann, L.; S. Tesch; S. Kopp; H. Stuber and B. Spatzier, 1988

Mechanized harvesting and packing of plants - an urgent problem in the mechanization of the production of forest plants. Die maschinelle Ernte und Verpackung von Pflanzen - ein vordringliche Problem bei der Mechanisierung der Forstpflanzenproduktion, Beitrage-fur-die-Forstwirtschaft. 1988., 22: 1, 25-27.

Langerud, B.R., 1991

Planting Stock Quality: A proposal fot Better Terminology, Scand. J. For. Res. 6: 49-51.

Lavender, D.P. and P.F. Wareing, 1972

Effects of daylength and chilling on the responses of douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings to root damage and storage, New Phytol. 71, 1055-1067.

Lefevre, R.E.; A.C. Cameron and N.C. Peterson, 1991

Influence of Moisture Loss During Storage on New Growth of Conifer Seedlings, J. Environ Hort 9(2): 92-96.

Leeuwen, C. van, 1992

Vaste planten geen kou laten vatten, Boomkwekerij 46 (1992):18-21.

Lohbeck, H., 1975

Reaktionen junger Douglasien auf die Behandlung mit Anti-transparentien und einem Wurzel-Frischhaltemittel.

Lox, F., 1983

Funkties van de verpakking Verantwoorde verpakking, Monologieen Nu.

Maas, W., 1987

Coaten van vaste planten als middel tot kwaliteitsbehoud tijdens de afzet, Intern Verslag No. 728.

Maleike, R. and R.L. Hummel, 1992

Planting Landscape Plants, Arbicultural Journal 1992 Vol. 16 pp217-226.

Mason, W.L. and H. McKay, 1989

Evaluating the quality of Sitka spruce planting stock before and after cold storage, Combined-Proceedings---International-Plant-Propagators'-Society 1989, publ. 1990., 39, 234-242; 14 ref.

Mattsson, A., 1991

Root growth capacity and field performance of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings, Scand. J. For. Res. 6: 105-112.

McCracken, I.J., 1979

Changes in the carbohydrate concentration of pine seedlings after cool storage, New Zealand Journal of Forestry research.

McKay, H.M., 1991

Electrolyte leakage: a rapid index of plant vitality,
Research Information Note 210; For. Comm Research Division.

McKay, K.M., 1993

Tolerance of fine conifer roots to cold storage,
Can. J. For. Res. Vol 23, 1993: 337-342.

McKay, H.M. and W.L. Mason, 1991

Physiological indicators of tolerance to cold storage in Sitka Spruce and Douglas-fir seedlings,
Can. J. For. Res. Vol 21, 1991: 891-901.

Menoud [et al.], 1991

Effect of cold storage duration on budbreak, root regeneration and on carbohydrate content of 'madame A Meilland' rose plants,
Acta Hort 298, 1991, 237-245.

Molenaar, W.H.; W. Maas en A. Hoogerwerf, 1985

De invloed van verschillende verpakkingen op de bewaarbaarheid in de koelcel van enkele boomkwekerijgewassen,
Sprenger Instituut, Rapport No. 2306, 1985.

Morby, F.E. and R.A. Ryker, 1979

Fall-lifted conifers successfully spring planted in southwest Idaho,
Tree-Planters'-Notes. 1979., 30: 3, 27-29; 4 ref.

Mullin R.E. and J.S. Lucas, 1982

Overwinter storage tests of Larch and Tamarack,
Nursery Notes Np 76.

Mullin, R.E., 1981

Effects of size of frozen stored 3 + 0 pine on field performance,
Nursery notes no 71; Min of Nat. Res. Ontario.

Mullin, R.E., 1979

Container and tying variations in frozen overwinter storage,
Nursery Notes No 63.

Mullin, R.E. and R.E. Hutchison, 1978

Lifting guides for frozen overwinter storage of black spruce at Swastika Nursery,
Nursery Notes No 55.

Mullin, R.E., 1981

A container and water dipping test for overwinter storage of black spruce,
Nursery Notes; Min of Nat. Resources Ontario; No 75.

Mullin, R.E. and T.R. Myland, 1982

Tests of time of lifting, dipping and containers for overwinter storage at Dryden nursery,
Nursery-Notes,-Ministry-of-Natural-Resources,-Ontario. 1982., No.77, 6 pp.; 9 ref.

Mullin, R.E., 1980

Water dipping and frozen overwinter storage of red and white pine,
Tree-Planters'-Notes. 1980., 31: 3, 25-28; 15 ref.

Mullin, R.E., 1980

Is moss necessary in all nursery stock packaging?
Forestry-Chronicle. 1980., 56: 3, 109-111; 17 ref.

Mullin, R.E and W.R. Bunting, 1979

Another look at clay dipping of bare-root nursery stock,
Forestry-Chronicle. 1979., 55: 5, 183-188; 24 ref.

Mullin, R.E. and R.J. Reffle, 1980

Effects of dates of lifting and planting on success of frozen spring storage at Swastika Nursery,
Nursery Notes, Ministry of Natural Resources, Ontario. 1980., No. 66, i + 5 pp.; 6 ref.

Mullin, R.E. and L.J. Forcier, 1979

Spring lifting and storage of jack pine at Swastika nursery,
Nursery Notes, Ministry of Natural Resources, Ontario. 1979., No. 59, i + 7 pp.; 9 ref.

Mullin, R.E. and R.E. Laupert, 1981

Cold and frozen overwinter storage of white pine [*Pinus strobus*] at St. Williams nursery,
Nursery Notes, Ministry of Natural Resources, Ontario. 1981., No. 70, iii + 7 pp.; 9 ref.

Mullin, R.E., 1978

Root exposure, root dipping, and extended spring planting of white pine seedlings,
Forestry-Chronicle. 1978., 54: 2, 84-87; 8 ref.

Mullin, R.E. and R.E. Hutchison, 1978

Fall lifting dates, overwinter storage, and white pine seedling performance,
Forestry-Chronicle, 1978., 54: 5, 261-264; 14 ref.

Mullin, R.E., 1976

Tests of water and clay dipping for frozen spring storage of white pine,
Tree-Planters'-Notes. 1976., 27: 4, 14-17; 10 ref.

Mullin, R.E. and L. Forcier, 1976

Effect of lifting and planting dates on survival and growth of spring stored nursery stock,
Forest Research Note, Ministry of Natural Resources, Ontario, 1976., No. 3, 4 pp.

Mullin, R.E. and K. Blum, 1975

A test of containers and method of storage for spring lifting of nursery stock,
Forest Research Note, Ministry of Natural Resources, Ontario,
1975., No. 1, 3 pp.

Murakami, P.; H.H. Chen and H.L. Fuchigami, 1990

Desiccation Tolerance of Deciduous Plants During Postharvest Handling,
J. Environ. Hort. 8(1):22-25.

Murakami, P; T.H.H. Chen and L.H. Fuchigami, 1990

Desiccation Tolerance of deciduous Plants During Postharvest handling,
J. Environ. Hort. 8(1): 22-25. March 1990.

Muse, H.D., 1992

A preliminary Identification of Morphological Indicators of Field Performance in Bare-Root Nursery stock,
Southeastern For. Exp. Station North Carolina.

Nell, T.A., 1990

Post-produktion handling of bedding and potted plants,
Acta Hort 272, 1990, p311-317.

Oldenkamp, L.; H. Blok en B.C.M. van Elk, 1969

Opslagperiode en bewaarmethode van zaailingen van bosplantsoen,
Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp"; Meded nr 99.

Peppelenbos, ir H.W. en J. van 't Leven, 1993

Luchtsamenstelling in verpakking beïnvloedt bolkwaliteit (van lelie),
Bloembollencultuur nr 7. april 1993: 34-35.

Puttonen, P., 1980

Effects of temporary storage temperature on carbohydrate levels in scotch pine seedlings and planting succes Characterization of plant material,
proceedings of the IUFRO meeting; Working group S1.05-04; Freiburg, juni 1980: 169-179.

Racey, G.D. and R.E. Hutchison, 1983

Overwinter storage of white pine at St. Williams nursery,
Nursery Notes, Ministry of Natural Resources, Ontario. 1983., No. 86, 5 pp.; 4 ref.

Racey, G.D. and R.E. Hutchison, 1983

Overwinter storage of Scotch pine at St. William's nursery,
Nursery Notes, Ministry of Natural Resources, Ontario. 1983, No. 87, 3 pp.; 3 ref.

Racey, G.D.; C. Glerum and R.E. Hutchison, 1983

Effects of packaging on field performance of fall and spring lifted jack pine at Swastika nursery,
Nursery Notes, Ministry of Natural Resources, Ontario, 1983., No. 88, 5 pp.; 6 ref.

Racey, G.D.; C. Glerum and R.E. Hutchison, 1985

Lifting and overwinter storage of white pine in southern Ontario,
Forestry-Chronicle 1985., 61: 6, 480-483; 24 ref.

Ranney, T.G.; N.L. Bassuk and T.H. Whitlow, 1989

Effect of Transplanting Practices on Growth and Water Relations of 'Colt' Cherry trees during Establishment,
J. Environ. Hort 7(1):41-45.

Rietveld, W.J. and R.D. Williams, 1981

Lifting date affects black walnut planting stock quality,
Research Paper, North Central Forest Experiment Station, USDA Forest Service. 1981., No. NC-205, ii + 8 pp.; 7 ref.

Ritchie, G.A.; J.R. Roden and N. Kleyn, 1985

Physiological quality of lodgepole pine and interior spruce seedlings: effects of lift date and duration of freezer storage,
Canadian Journal of Forest Research, 1985., 15: 4, 636-645; 46 ref.

Ritchie, G.A., 1982

Carbohydrate reserves and root growth potential in Douglas-fir seedlings before and after cold storage,

Canadian Journal of Forest Research, 1982., 12: 4, 905-912; 40 ref.

Ritchie, G.A. and J.R. Dunlap, 1980

Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings,

New Zealand Journal of Forestry Science, 1980, 10: 1, 218-248; 170 ref.

Sandvik, M., 1980

Environmental control of winter stress tolerance and growth potential in seedlings of *Picea abies*,

N.Z.J. For. Sci 10(1): 97-104.

Schnelle, M.A. and J.E. Klett, 1992

The effects of cold storage and dormant pruning on growth of radiant crabapple,

J. of Arboriculture 18 (3) 1992: 136-143.

Scholander, P.F. [et al.], 1965

Sap pressure in vascular plants,

Science Vol 148 (1965):339-346.

Schuring, W.; A. Braaksma en E. Verhoeven, 1989

Toepassing van antiverdampingsmiddelen op bomen in het stedelijk groen,

Inst. voor Bos en Natuuronderzoek; IBN Wageningen.

Schuring, W., 1990

Wat is het beste plantseizoen van bomen?

Groen nr.6, 1990.

Sharpe A.L. and L.W. Mason, 1992

Some methods of Cold Storage can Seriously Affect Root Growth Potential and Root Moisture Content and Subsequent Forest Performance of Sitka Spruce and Douglas Fir,

Transplants Forstry, Vol.65, No 4, 1992: 463-472.

Sloan, J.P., 1989

Fall-lifted Douglas-fir outperforming spring-lifted stock 13 years after planting,

Tree-Planters'-Notes. 1989., 40: 3, 20-24; 17 ref.

Soest van J., 1957

Verdrogingswerende maatregelen en middelen bij uitplanten van Douglas (*Pseudotsuga taxifolia*),

Uitvoerige verslagen van het Bosbouwproefstation T.N.O.

Sterling, E.P en W.H. Molenaar, 1985

De invloed van temperatuur en tijd tijdens gesimuleerd transport op de kwaliteit van potplanten,

Sprenger Instituut, Rapport No. 2286.

Sutton, R.F., 1984

Bare-root planting season options,

For-Chron. Vancouver, B.C. : Canadian Institute of Forestry. Dec 1984. v. 60 (6) p. 328-334. Includes references.

Tabbush, P.M., 1987

The use of co-extruded polythene bags for handling bare-rooted planting stock,
Research Information Note 110, 1987; For Comm Research Div.

Tabbush, P.M., 1987

Effect of desiccation on water status and forest performance of bare-rooted Sitka
Spruce and Douglas Fir Transplants,
Forestry, Vol.60, No 1, 1987: 31-43.

Timmis, R., 1980

Stress resistance and Quality Criteria for tree seedling: analysis, measurement and
use,
N.Z.J. For. Sci. 10(1): 21-53.

Tisserat, N. and Kuntz, J.E., 1984

Root deterioration of black walnut seedlings during overwinter storage in Wisconsin,
Tree-Planters'-Notes. 1984., 35: 2, 31-35; 8 ref.

Venator, C.R., 1985

Survival of shortleaf pine (*Pinus echinata* Mill.) seedlings as influenced by nursery
handling and storage,
Tree-Planters'-Notes. 1985., 36: 4, 17-19; 2 ref.

Verbeek, W. en L. van Wijngaarden, 1982

Onderzoek naar de relatieve warmte produktie en winterhardheid van Rhododendron
bladeren,
Sprenger Instituut, Rapport nummer 2171;.

Verbeek, W. en W. Poppezijs, 1982

De bepaling van de veilige afmeting van transportverpakkingen bij snijbloemen,
Rapport No. 2223.

Verhoeven, P.A.W., 1990

Literatuurstudie anti-verdampingsmiddelen (coatings),
Proefstation Boomkwekerij, IV nr. 9/90.

Versteegen, F. 1989,

Onderzoek invloed bewaarmethode rozenonderstammen op de aanslag en groei -
1988/1989,
IV nr. 42/90 (3030-3).

Volkmer, L.A., 1988

The trials and tribulations of plant transportation,
Am. Nurseryman. Chicago, Ill. : American Nurseryman Publishing Co. Mar 15, 1988.
v. 167 (6) p. 36-44, 46, 48. ill.

Walters, J., 1983

Overwintering in the field and in storage,
Proc. Herbaceous Perennial Symposium 1983.

Wargo P.M., 1976

Judging vigor of deciduous hardwoods,
Agricultural Information Bull No 418.

Webb, D.P. and F.W. von Althen, 1980

Storage of hardwood planting stock,
N.Z.J. For. Sci 10(1): 83-95.

Webb, D.P., 1976

Effects of cold storage duration on bud dormancy and root regeneration of White Ash (*Fraxinus americana*) seedlings,
HortScience Vol 11 (2) 1976: 155-157.

Webb, D.P., 1977

Root regeneration and bud dormancy of sugar maple, silver maple and white ash seedlings; effects of chilling,
Forest-Science. 1977., 23: 4, 474-483; 23 ref.

Wijchman, G., 1992

Beter laden en lossen laat laanboomkwekers niet los,
De Boomkwekerij 12 (1992) 8-11.

Wijchman, G., 1992

Laanboomkwekerij spintgaren bij kraanbaan met loopkat,
De Boomkwekerij 12 (1992) 12-15.

Woltering, E.J. 1987

Effects of ethylene on ornamental pot plants: a classification,
SciHort 31 (1987): 283-294.

Wood, J.E. and R.F. Sutton [et al.], 1988

Jack Pine Establishment: effect of stock type, Bracke scarification, mounding and chemical site preparation; tree year results,
Information Report O-X-393; Graet Lakes Forestry Centre; Canadian Forestry Service.

Wood, T. and A.C. Cameron, 1989

Cold storage,
American-Nurseryman. 1989, 170: 7, 49, 51-54; 28 ref.

Zetten, C. van, [et al], 1990

Invloed bewaarmethode en planttijdstip op *Pythium*-aantasting bij *Acer platanoides* onderstammen,
IV nr 69/90 (4024-2).

GROEN-VERHANDELDE GEWASSEN

Adams, D.O. and S.F. Yang, 1979

Ethylene biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 76: 170-174.

Agnew, N.H.; M.L. Albrecht and R.K. Kimmins, 1985

Reducing corolla abscission of *Streptocarpus x hybridus* under simulated shipping conditions with silver thiosulfate, HortScience, 20: 118-119.

Anoniem, 1983

Jaarverslag Sprenger Instituut 1983, Wageningen.

Anoniem, 1988

Jaarverslag Sprenger Instituut 1988, Wageningen.

Anoniem, 1991a

Experimenteel gebruik maakt hoveniers enthousiast. Broadleaf P4 houdt vocht langer vast. Tuin en Landschap, 13: 7, 44.

Anoniem, 1991b.

Tuinbouw in de Sahara? Gel-korrel regelt water/lucht-huishouding, Vakblad voor de Bloemisterij, 46: 9, 18-19.

Auer, C.A. en D.B. McConnell, 1984

Simulated transit vibration and silver thiosulfate applications affect ethylene production and leaf abscission of *Begonia* and *Schefflera*, HortScience, 19: 4, 517-519.

Barrett, J.E. en T.A. Nell, 1982

Evapotranspiration and transpiration for four plants, HortScience, 17: 918-919.

Ben-Jaacov, J.; R.T. Poole and C.A. Conover, 1985a

Long-term dark storage of *Dieffenbachia* sprayed with cytokinin, Gartenwissenschaft, 50: 1, 19-20.

Ben-Jaacov, J.; D. Ziv and B. Steinitz, 1985b

Clonal variability in response to light intensity during growth and to subsequent dark storage of *Ficus benjamina* and *Ficus retusa*, HortScience, 20: 5, 934-936.

Beyer, E.M., 1975

Abscission: the initial effect of ethylene is in the leaf blade, Plant Physiol, 55: 322-327.

Boerrigter, H.A.M. en W.H. Molenaar, 1984

Voorbehandelen meest effectief. Ethyleenmetingen in de praktijk, Vakblad voor de Bloemisterij, 39: 4, 114-117.

Boerrigter, H.A.M. en E.C. Otma, 1991
Speciaal folie moet kwaliteit verbeteren,
Groenten + Fruit, 1: 25, 24-25.

Cameron, A.C. and M.S. Reid, 1981
The use of silver thiosulfate complex as a foliar spray to prevent flower abscission in zygocactus,
HortScience, 16: 761-762.

Cameron, A.C. and M.S. Reid, 1983
Use of silver thiosulfate to prevent flower abscission from potted plant
Scientia Horticulturae, 19: 373-378.

Clark, D.G.; J.W. Kelly and H. Brent Pemberton, 1991
Postharvest quality characteristics of cultivars of potted rose in response to holding conditions and cytokinins,
HortScience, 26: 9, 1195-1197.

Collins, P.C. and T.M. Blessington, 1983
Postharvest effects of shipping temperatures and subsequent interior keeping quality of *Ficus benjamina*,
HortScience, 18: 5, 757-758.

Conover, C.A., 1980
The shipping environment
Foliage Digest, 3: 2, 4-5.

Cornish, K.; A.I. King, M.S. Reid and J.L. Paul, 1985
Role of ABA in stress-induced reduction of water loss from potted chrysanthemum plants,
Acta Horticulturae, 167: 381-385.

Deneke, C.F.; K.B. Evensen and R. Craig, 1990
Regulation of petal abscission in *Pelargonium x domesticum*,
HortScience, 25: 8, 937-940.

Dijk, A. van en A. de Gelder, 1990
Verschillen in transportgevoeligheid bij poinsettia. Vergelijking van cultivars hard nodig.
Vakblad voor de Bloemisterij, 45: 24, 54-55.

Doorn, W.G.van and E.J. Woltering, 1991
Developments in the use of growth regulators for the maintenance of post-harvest quality in cut flowers and potted plants,
Acta Horticulturae, 298: 195-209.

Dostal, D.L.; N.H. Agnew; R.J. Gladon and J.L. Weigle, 1991
Ethylene, simulated shipping, STS and AOA affect corolla abscission of New Guinea impatiens,
HortScience, 26: 1, 47-49.

Fitzpatrick, G., 1983
Relative water demand in container grown ornamental plants
HortScience, 18: 761-762.

Fjeld, T., 1991

Effects of silver thiosulphate, ethephon, temperature and irradiance level on keeping quality of christmas Begonia (*Begonia x cheimanthus* Everett),
Gartenbauwissenschaft, 56: 2, 66-70.

Gelder, A. de en A. van Dijk, 1990

Uitbloei aantal cultivars vergeleken. Houdbaarheid *Begonia* snel te toetsen,
Vakblad voor de Bloemisterij, 45: 24, 56-57.

Gibbs, M.M.; T.M. Blessington; J.A. Price and Y.T. Wang, 1989

Dark-storage temperature influences flowering and quality retention of *Hibiscus*,
HortScience, 24: 4, 646-647.

Graves, W.R. and R.J. Gladon, 1985

Water stress, endogenous ethylene and *Ficus benjamina* leaf abscission,
HortScience, 20: 2, 273-275.

Hammer, A.; R. Larson; M. Reid; J. Sacalis; M. Saltveit and G. Staby, 1981

How to reduce poinsettia petiole bending,
So. Flor. & Nurserym., 94: 37, 24-26.

Hänisch ten Cate, Ch.H. and J. Bruinsma, 1973

Abscission of flower bud pedicels in *Begonia* (Part I and Part II),
Acta Bot. Neerl., 22: 66-680.

Høyer, L., 1985

Bud en flower drop in *Begonia-elatior* 'Sirene' caused by ethylene and darkness,
Acta Horticulturae, 167: 387-391.

Høyer, L., 1986

Silver thiosulfate can to some extent prevent leaf, bud and flower drop in *Hibiscus rosa-sinensis* caused by ethylene and darkness,
Acta Horticulturae, 181: 147-153.

Høyer, L., 1989

Ethylene concentrations during transport of pot plants,
Acta Horticulturae, 261:359-365.

Hsiao, T.C., 1973

Plant responses to water stress,
Annu. Rev. Plant Physiol., 24: 519-570.

Hummel, R.L., 1990

Water relations of container-grown woody and herbaceous plants following anti-transpirant sprays
HortScience, 25: 7, 772-775.

Joyce, D.C.; M.S. Reid and R.Y. Evans, 1990

Silver thiosulfate prevents ethylene-induced abscission in holly and mistletoe,
HortScience, 25: 1, 90-92.

Kooten, O. van, 1991a

Methode wellicht ook bruikbaar bij bollen. Stress bij planten meten met licht,
Bloembollencultuur, 102: 26, 39.

Kooten, O. van, 1991b

Fluorescentie voorspelt houdbaarheid

Groenten + Fruit, 1: 25, 25 (vakdeel glasgroenten).

Kooten, O. van; M. Mensink; E. Otma and W. van Doorn, 1991a

Determination of the physiological state of potted plants and cut flowers by modulated chlorophyll fluorescence,

Acta Horticulturae, 298: 83-91.

Kooten, O. van; M. Mensink and E. Otma, 1991b

Stress, Chlorophyll-Fluoreszenz, Ermittlungsmethoden. Bei Schnittblumen und Topfpflanzen geht's schnell,

Gartnerbörse und Gartenwelt, 32: 1548-1549.

Leopold, A.C.; K.M. Brown and F.H. Emerson, 1972

Ethylene in the wood of stressed trees,

HortScience, 7: 2, 175.

Liebermann, M., 1979

Biosynthesis and action of ethylene,

Ann. Rev. Plant Physiol., 30: 533-591.

Lieburg, M.J. van en O.A. Kühn, 1988

Potplanten kwijnen weg door te weinig licht. Halfgeleiders openen perspectieven tegen aftakelen,

Vakblad voor de Bloemisterij, 43: 10, 46-47.

Marousky, F.J., 1979

Effects of ethylene in combination with light, temperature and carbon dioxide on leaf abscission in *Fittonia verschaffeltii* (lem.) coem. var. *argyroneura* (coem.) nichols. Proceedings of the Florida State,

Horticultural Society, 92: 320-321.

Marousky, F.J., 1980,

Chilling injury in *Dracaena sanderana* and *Spathiphyllum 'Clevelandii'*,

HortScience, 15: 2, 197-180.

Marousky, F.J. and B.K. Harbaugh, 1979

Interactions of ethylene, temperature, light and CO₂ on leaf and stipule abscission and chlorosis in *Philodendron scandens* subsp. *oxycardium*,

Journal of the American Society for Horticultural Science, 104: 6, 876-880.

Marousky, F.J. and B.K. Harbaugh, 1980

Deterioration of foliage plants during transit,

Foliage Digest, 3: 7, 9-1

Marousky, F.J. and B.K. Harbaugh, 1981

Influence of temperature, light and ethylene on seedlings of geranium (*Pelargonium x hortorum* Bailey) during simulated shipping conditions,

Journal of the American Society for Horticultural Science, 106: 5, 527-530.

McConnell, D.B. and T.J. Sheehan, 1978,

Anatomical aspects of chilling injury to leaves of *Phalaenopsis* BL.,

HortScience, 13: 6, 705-706.

McMahon, M.J.; A.J. Pertuit and J.E. Arnold, 1994

Effects of chilling on *Episcia* and *Dieffenbachia*,

Journal of the American Society for Horticultural Science, 119: 1, 80-83.

Mulderij, G.E., 1989

Verhoging van knopval bij *Begonia*. Voorzichtig met toepassen rood licht bij bewaring potplanten,

Vakblad voor de Bloemisterij, 44: 5, 57.

Mulderij, G.E. en T. Rozendal-Ouwekerk, 1990

Bruin blad en bladval verminderen sierwaarde. 'Starlight' heeft ook na teelt veel licht nodig,

Vakblad voor de Bloemisterij, 45: 49, 58-59.

Nell, T.A. and J.E. Barrett, 1986

Influence of simulated shipping on the interior performance of poinsettias

HortScience, 21: 2, 310-312.

Nell, T.A., 1991

Poinsettia postproduction care and handling,

Ohio Florists' Association, 741: 4-5.

Nowak, J., 1991

Screening of potted plants for bare-root transportation in coolers,

Acta Horticulturae, 298: 275-280.

Ottosen, C.O., 1988

Selection of fast-growing clones among visually unseparable genotypes of *Ficus benjamina* L, Gartenbauwissenschaft, 53: 4, 180-182.

Ottosen, C.O. and L. Høyer, 1988

Keeping quality of various genotypes of *Ficus benjamina* after simulated dark shipping and storage indoors,

HortScience, 23: 5, 586-587.

Peterson, J.C.; J.N. Sacalis and D.J. Durkin, 1980a

Promotion of leaf abscission in intact *Ficus benjamina* by exposure to water stress,

Journal of the American Society for Horticultural Science, 105: 6, 788-793.

Peterson, J.C.; J.N. Sacalis and D.J. Durkin, 1980b

Alterations in abscisic acid content of *Ficus benjamina* leaves resulting from exposure to water stress and its relationship to leaf abscission,

Journal of the American Society for Horticultural Science, 105: 6, 793-798.

Peterson, N.C. and T.M. Blessington, 1981

Postharvest effects of dark storage and light source on keeping quality of *Ficus benjamina* L, HortScience, 16: 5, 681-682.

Poole, R.T. and C.A. Conover, 1979

Influence of shade and nutrition during produktion and dark storage simulating shipment on subsequent quality and chlorophyll content of foliage plants

HortScience, 14: 5, 617-619.

Poole, R.T. and C.A. Conover, 1982

Influence of cultural conditions on simulated shipping of *Ficus benjamina* L,
Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 95: 172-173.

Poole, R.T. and C.A. Conover, 1983

Influence of simulated shipping environments on foliage plant quality,
HortScience, 18: 2, 191-193.

Poole, R.T. and C.A. Conover, 1984

Storage of *Dieffenbachia* sprayed with BA,
Foliage Digest, 7: 12, 3.

Poole, R.T.; C.A. Conover and J. Ben-Jaacov, 1984

Long-term storage of foliage plants
Scientia Horticulturae, 24: 331-335.

Poole, R.T.; C.A. Conover and P.G. Webb, 1987

Effect of environmental factors on *Dracaena* 'Massangeana' during shipping,
Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 100: 340-341.

Rajapakse, N.C.; J.W. Kelly and D.W. Reed, 1988

Transpiration and water use of potted floricultural plants under low-light conditions,
Journal of the American Society for Horticultural Science, 113: 6, 910-914.

Rajapakse, N.C.; D.W. Reed and J.W. Kelly, 1989

Effect of pre-treatments on transpiration of *Chrysanthemum morifolium* in the dark,
HortScience, 24: 6, 998-1000.

Rajapakse, N.C.; D.W. Reed and J.W. Kelly, 1991

Storage temperature and duration affect quality and post-storage recovery of
vegetative *Dendranthema x grandiflorum*,
Journal of the American Society for Horticultural Science, 116: 1, 73-76.

Reid, M.S., 1985

Ethylene and abscission,
HortScience, 20: 1, 45-50.

Risse, L.A.; R.T. Hinsch and A. Bongers, 1986

Export of potted ornamental foliage plants to Europe in refrigerated van containers
with an under-the-load air delivery system,
Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 99: 232-234.

Rudnicki, R.M.; J. Nowak, and D.M. Goszczynska, 1991

Cold storage and transportation conditions for cut flowers, cuttings and potted
plants,
Acta Horticulturae, 298: 225-236.

**Ruizendaal, L.J.; A. Hoogerwerf; F.C. Pladdet; D.C. van der Laan; L.D. Laverman;
W. van der Meer; J.J.M. Voorn en R.M. van Witsen, 1988**

Conditionering in de Keten.
Ketenonderzoek Bloemisterijprodukten, Deelrapport 5. Leiden, 52pp.

Sacalis, J.N., 1978

Ethylene evolution by petioles of sleeved poinsettia plants,
HortScience, 13: 5, 594-596.

Saltveit, M.E., D.M. Pharr and R.A. Larson, 1979

Mechanical stress induces ethylene production and epinasty in poinsettia cultivars,
Journal of the American Society for Horticultural Science, 104: 452-455.

Saltveit, M.E. and R.A. Larson, 1981

Reducing leaf epinasty in mechanically stressed poinsettia plants,
Journal of the American Society for Horticultural Science, 106: 2, 156-159.

Schuring, W.; A. Braaksma en E. Verhoeven, 1992

Toepassing van antiverdampingsmiddelen op bomen in het stedelijk groen,
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Dorschkamprapport nr. 687, Wageningen,
29pp.

Scott, L.F.; T.M. Blessington and J.A. Price, 1983

Postharvest effects of temperature, dark storage duration and sleeving on quality retention of 'Gutbier V-14 Glory' poinsettia,
HortScience, 18: 5, 749-750.

Scott, L.F.; T.M. Blessington and J.A. Price, 1984

Postharvest effects of storage method and duration on quality retention of poinsettias,
HortScience, 19: 2, 290-291.

Sherman, M., 1985

Control of ethylene in the postharvest environment,
HortScience, 20: 1, 57-60.

Spronsen, J.C. van, 1982

Afzet vermindert houdbaarheid bloeiende potplanten,
Vakblad voor de Bloemisterij, 37: 42, 60-61.

Staden, O.L., 1984

Onderzoek naar alternatieven. De moeilijke weg naar zilverloos voorbehandelingsmiddel,
Vakblad voor de Bloemisterij, 39: 4, 123.

Steinitz, B.; J. Ben-Jaacov; A. Ackerman and A. Hagiladi, 1987

Dark storage of three cultivars of bare-root *Ficus benjamina* foliage plants,
Scientia Horticulturae, 32: 315-322.

Struppek, G., 1988

Lagerung von Topfazaleen im Kühlhaus,
Gartnerbörse und Gartenwelt, 32: 1373-1377.

Tingey, D.T., 1980

Stress ethylene production - a measure of plant response to stress,
HortScience, 15: 5, 639-633.

Tingley, D.R. and T.A. Prince, 1990

Ethylene production and influence of silverthiosulfate on ethylene sensitivity of cut evergreens,
HortScience, 25: 8, 944-946

Veen, H., 1983

Silver thiosulphate: an experimental tool in plant science,
Scientia Horticulturae, 20: 211-224.

Verberkt, H., 1991

Welke verpakking past het best bij *Begonia's*?
Vakblad voor de Bloemisterij, 46: 48, 56-57.

Verhoeven, E., 1989

Aanslagverbetering bij boomkwekerijgewassen,
Afstudeerwerkstuk, Agrarische Hogeschool van de K.N.B.T.B., Den Bosch, 85 pp.

Verhoeven, E.J.M., 1993

Verlaten van de bloei van *Skimmia japonica* 'Rubella',
Intern Verslag (3006-10), Proefstation voor de Boomkwekerij, Boskoop.

Wang, Y.T. and J.R. Dunlap, 1990

Leaf abscission in *Radermachera sinica* in response to ethylene and silver thiosulphate, *HortScience*, 25: 2, 233.

Westerhof, J., 1985

Kalanchoë is goed te vervoeren en lang houdbaar,
Vakblad voor de Bloemisterij, 40: 25, 38-39.

Woltering, E.J., 1982

Veel potplanten gevoelig. Kennis ethyleengevoeligheid onontbeerlijk bij lange bewaartijden, Vakblad voor de Bloemisterij, 37: 42, 56-59.

Woltering, E.J., 1983

Bloem- en knopval bij bloeiende potplanten,
Vakblad voor de Bloemisterij, 38: 42, 22-23.

Woltering, E.J., 1984

Invloed op sierteeltprodukten getest. Veel rassen ethyleengevoelig,
Vakblad voor de Bloemisterij, 39: 4, 112-113.

Woltering, E.J., 1987

Effects of ethylene on ornamental pot plants: a classification,
Scientia Horticulturae, 31: 283-294.

Woltering, E.J.; H. Harkema en E.P. Sterling, 1984

De ethyleengevoeligheid van tuinbouwprodukten,
Bedrijfsontwikkeling, 15: 12, 980-982.

Yu, Y.B.; D.O. Adams and S.F. Yang, 1979

1-Aminocyclopropane-1-carboxylate synthase, a key enzyme in ethylene biosynthesis,
Arch. Biochem. Biophys. 198: 280-286.