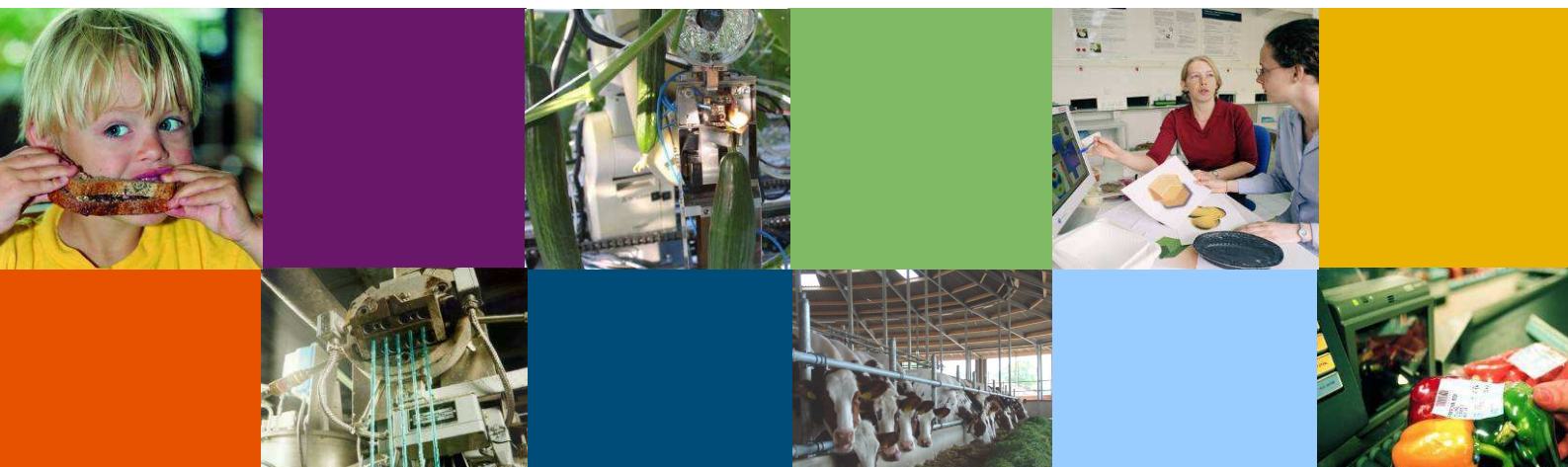


Ethyleenvisie GreenRail

Ethyleen bij treintransport van potplanten

Ernst Woltering
Eelke Westra

Rapport 1158



Colofon



Dit rapport is verschenen in het kader van het GreenRail-project en is gefinancierd door



Titel	Ethyleenvisie GreenRail; Ethyleen bij treintransport van potplanten
Auteur(s)	E.J. Woltering, E.H. Westra
Nummer	Food & Biobased Research 1158
ISBN-nummer	978-90-8585-751-8
Publicatiedatum	Juni 2010
Vertrouwelijk	Nee
Goedgekeurd door	H.L.M.M. Maas

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

GreenRail ethyleen info

Met het GreenRail-project beoogt FloraHolland samen met 19 partners een snelle, efficiënte, betrouwbare en duurzame transportverbinding voor sierteelt- (en AGF-) producten per spoor te realiseren.

Sierteeltgewassen zijn bederfelijke producten, gevoelig voor temperatuur, vocht en lange(re) donkerperiodes. Niet adequate conditionering zal mogelijk tot meer uitval leiden en zou de introductie van deze nieuwe, duurzame transportoptie in de weg kunnen staan. Dit onderzoek heeft specifiek tot doel de mogelijke problemen door ethyleen tijdens transport van potplanten in railcontainers in kaart te brengen.

Problemen door ethyleen zouden kunnen ontstaan in gevoelige planten door ophoping van ethyleen in de container. **Potplanten zelf produceren zeer weinig ethyleen en we verwachten hiervan geen grote problemen tijdens transport in railcontainers.**

Bloeiende planten zijn over het algemeen gevoeliger voor ethyleen dan groene (blad) planten. Dit betekent dat bij bloeiende planten al ethyleenschade kan ontstaan bij een relatief lage dosis en/of bij een relatief korte blootstellingsduur. Als er problemen optreden die gerelateerd zijn aan ethyleen, dan verwachten we dit bij slechts een beperkt aantal bloeiende planten; de meest gevoelige. Dit uit zich in bloemval en bloemverwelking (krimpen).

Donkerstress uit zich vaak in vergelijkbare symptomen en wordt mede veroorzaakt door een toegenomen ethyleenproductie en gevoeligheid. Donkerstress treedt op bij langere periode in donker; als de transportduur kort is (<5 dagen) verwachten we hiervan geen grote problemen. Afgezien van het ontbreken van licht is er geen reden om aan te nemen dat de specifieke omstandigheden in de container tot verhoogde ethyleen productie of gevoeligheid leiden.

Indien planten samen met rijpend fruit vervoerd worden kan ethyleen zich in de container ophopen en dit kan problemen bij de planten veroorzaken. Veel groenten produceren maar weinig ethyleen en hiervan zijn geen problemen te verwachten.

Een aantal algemene stelregels om ethyleenschade te voorkomen:

- zorg voor voldoende luchtbeweging zodat ethyleen zich niet plaatselijk in bv. de verpakking op kan hopen
- Ventileer zo mogelijk met buitenlucht
- Vervoer geen potplanten samen met (rijpend) fruit
- Zorg dat de periode in donker zo kort mogelijk is
- Als zich toch ethyleen-gerelateerde problemen voordoen (bloemval, bloemverwelking, bladval) zouden de planten tijdens transport met 1-MCP behandeld kunnen worden
- Hoewel de aanwezigheid van ethyleen de aantasting door botrytis kan verergeren, ligt de primaire oorzaak hiervan bij de hogere temperatuur, hoge luchtvochtigheid en geringe luchtbeweging

Overige informatie m.b.t. railtransport van potplanten is na te lezen in het 'GreenRail Transportprotocol'

Inhoudsopgave

GreenRail ethyleen info	3
Inhoudsopgave	4
1 Inleiding	5
2 Ethyleen	6
2.1 Productie en gevoeligheid	6
2.2 Niveaus tijdens transport	6
3 Ethyleen schade	8
3.1 Symptomen	8
3.2 Schadelijke concentraties	9
3.3 Donkerstress	10
3.4 Gemengd transport	10
4 Overige factoren	11
4.1 Genetische achtergrond	11
4.2 Acclimatisering	11
4.3 Vochtigheid	11
4.4 Luchtbeweging	11
4.5 Controlled Atmosphere	11
4.6 Schudden/mechanische schade	12
4.7 Licht/donker	12
4.8 Transiente blootstelling	12
4.9 Ethyleenremmers	12
4.9.1 STS	12
4.9.2 1-MCP	12
4.9.3 Auxinen	13
4.9.4 Gibberellinen	13
5 Conclusie en aanbevelingen	14
Bijlage 1. Gevoeligheidsclassificatie groene potplanten (bladplanten)	15
Bijlage 2. Gevoeligheidsclassificatie bloeiende potplanten	16
Bijlage 3. Gevoeligheid van diverse soorten snijbloemen voor ethyleen	17
Bijlage 4. GreenRail Transportprotocol	18

1 Inleiding

Met het GreenRail-project beoogt FloraHolland samen met 19 partners een snelle, efficiënte, betrouwbare en duurzame transportverbinding voor sierteelt- (en AGF-) producten per spoor te realiseren. Behalve het optimaliseren van allerlei aspecten van zuiver logistieke aard als consolidatie, tijdschema's, volumes, overslag, tarieven e.d. moet ook veel aandacht gegeven worden aan de conditionering. Sierteeltgewassen zijn bederfelijke producten, gevoelig voor temperatuur, vocht en lange(re) donkerperiodes. Niet adequate conditionering zal mogelijk tot meer uitval leiden en zou de introductie van deze nieuwe, duurzame transportoptie in de weg kunnen staan.

Wageningen UR Food & Biobased Research heeft in dit kader onderzoek gedaan naar de 20 belangrijkste bloeiende en groene planten. Daarnaast zijn meerdere transportzendingen begeleidt en testen in de praktijk uitgevoerd. Dit heeft geresulteerd in een transportprotocol met aanbevelingen t.a.v. kwaliteitsborging in treintransport. Daarnaast is een literatuurstudie gedaan naar mogelijke problemen door ethyleen in deze specifieke keten van sierteeltgewassen

Dit literatuuronderzoek is gericht op het verzamelen en samenvatten van kennis over ethyleen met betrekking tot potplanten. Deze kennis moet inzicht geven in de mogelijke negatieve effecten van ethyleen tijdens transport van potplanten in railcontainers. Overige informatie is na te lezen in het 'Greenrail Transportprotocol'. In deze studie wordt aangenomen dat:

- de transporten 3-5 dagen duren
- de planten op Deense karren staan
- de containers nauwelijks geventileerd worden
- de vochtigheid in de container waarschijnlijk hoog is (80 – 100% RV)
- de temperatuur ca. 15 °C is en
- de planten in het donker staan

2 Ethyleen

Ethyleen is één van de belangrijke plantenhormonen en kan door de plant zelf geproduceerd worden. Ethyleen is biologisch actief in een zeer lage concentratie. Ethyleen dat van buitenaf de plant bereikt heeft eenzelfde werking als het zelfgeproduceerde ethyleen. Externe bronnen van ethyleen zijn bv. uitlaatgassen, sigaretten rook, industriële luchtverontreiniging, fabrieken waar polyethyleen (plastic) producten gemaakt worden.

2.1 Productie en gevoeligheid

Alle planten produceren ethyleen. Onder normale omstandigheden is dit slechts zeer weinig. Ethyleen speelt vooral een rol bij de reactie op stress en heeft dan een uitwerking die positief voor de plant is. Zo is het voordelig om tijdens bv. droogte het blad te laten vallen om zo de verdamping te beperken. Na infectie met een schimmel of virus kan verhoogde ethyleenproductie helpen de infectie te beperken door plaatselijk het weefsel af te laten sterven. Na bestuiving zal de bloem verwelken omdat deze voor het aantrekken van bestuivers niet meer nodig is. Dit soort effecten zijn voor de sierwaarde van de producten echter niet voordelig.

Zelfs onder stress produceren planten nog maar zeer weinig ethyleen in vergelijking met bv. rijpende vruchten (tomaat, appel, banaan).

Niet alle producten zijn even gevoelig voor ethyleen. Sommige bloemsoorten (bv anjer, orchidee) verwelken al bij lage concentraties ethyleen; andere bloemsoorten (bv. iris, gladiool) zijn er vrijwel ongevoelig voor. Dit is genetisch bepaald. In de algemeenheid heeft ethyleen veel minder effect bij monocotylen (eenzaadlobbigen) dan bij dicotylen (tweezaadlobbigen). Daarnaast kunnen er weer grote verschillen tussen cultivars binnen een (gevoelige) soort zijn. Bekend is dat er anjercultivars zijn die erg gevoelig zijn voor ethyleen, echter er zijn ook cultivars die er nauwelijks last van hebben. Hetzelfde geldt ook voor bv. potrozen. Of ethyleen tot schadeverschijnselen leidt hangt onder andere af van de **hoeveelheid** (concentratie) ethyleen die geproduceerd wordt (of aanwezig is in de lucht) en van de **gevoeligheid** van het desbetreffende product. Hiernaast is ook de **blootstellingsduur** en de **temperatuur** van groot belang. Bij langere blootstellingsduur kunnen lage concentraties toch al effect hebben. Ethyleen werkt veel minder bij lage temperatuur. Voorts is bekend dat de ethyleengevoeligheid minder is bij laag zuurstof gehalte (< 5%) en bij verhoogde CO₂ concentratie (>1-2%)

Al deze effecten zijn niet per se lineair, daarom is het voor een bepaalde praktijksituatie toch vaak moeilijk om aan te geven of er wel of niet gevaar voor ethyleenschade is.

2.2 Niveaus tijdens transport

Onder normale omstandigheden verwachten we geen hoge ethyleenproductie van de planten en dus ook geen ophoping van ethyleen in de min of meer gesloten container. Ook door de relatief lage plantdichtheid (weinig biomassa) in een railcontainer verwachten we geen ophoping van ethyleen. Dit wordt bevestigd door diverse onderzoeken waarbij tijdens transport van potplanten (diverse soorten) in vrachtauto's de ethyleenconcentraties gemeten zijn. Tijdens de meeste transporten bleef de ethyleenconcentratie onder 0.05 ppm. Er werden slechts zelden iets

verhoogde concentraties gemeten (> 0.5 ppm) en deze werden mogelijk veroorzaakt door uitlaatgassen die via de ventilatieopeningen naar binnen kwamen, bv. tijdens file vorming in een tunnel. Deze verhoogde concentraties leidden niet tot klachten van afnemers.

Hierbij komt dat ethyleen ook geconsumeerd wordt door bacteriën in de potgrond. Naarmate de potgrond langer aan ethyleen wordt blootgesteld ontwikkelt zich een actieve ethyleen consumerende bacterie populatie die grote hoeveelheden ethyleen kan opnemen. Gebaseerd op dit principe zijn “biologische” ethyleen wassers geconstrueerd. Deze effecten zijn al zichtbaar binnen enkele dagen, zeker in een vochtige omgeving.

Hiernaast zijn wel enkele gevallen bekend waar ethyleen vrij kwam uit het materiaal van de binnenbekleding van vrachtauto's, of waar ethyleen werd “ingesloten” tijdens verlading en waar ethyleen achterbleef in condensvocht aanwezig in de container/truck na transport van fruit. In deze gevallen werden verhoogde ethyleen concentraties gemeten in potplant transporten met mogelijk negatief effect op de planten.

3 Ethyleenschade

3.1 Symptomen

Vooraf in de jaren 1980 – 1990 is er veel gepubliceerd over de effecten van ethyleen op diverse soorten potplanten. Dit zijn veelal laboratorium experimenten geweest waarbij de planten onder gecontroleerde condities en gedurende verschillende perioden blootgesteld werden aan verschillende concentraties ethyleen. Meestal zijn de effecten bekeken direct na de blootstelling en na één of enkele weken onder (gesimuleerde) huiskamercondities. Opvallend is dat ethyleen schadeverschijnselen meestal direct na de behandeling al zichtbaar zijn en nauwelijks verergeren tijdens de uitstalperiode. Na 1990 is dit type onderzoek sterk verminderd. Dit betekent dat van de meeste “nieuwere” soorten en rassen feitelijk niet bekend is wat de ethyleen-schadesymptomen zijn.

De volgende effecten van ethyleen worden beschreven bij potplanten:

- *Bladvergeling*
 - o bij o.a. kalanchoë blossfeldiana, philodendron scandens oxycardium, dieffenbachia, Dracaena marginata
- *Bladval (abscissie)*
 - o bij o.a. kalanchoë blossfeldiana, fittonia verschaffeltii, philodendron scandens oxycardium, citrus latifolia, hibiscus rosa-sinensis, dizygotheca, capsicum annum, radermachera sinica
- *Epinastie (kromming van de bladsteel waardoor het lijkt of het blad slap hangt)*
 - o bij o.a. euphorbia pulcherrima, fatsia japonica, schefflera compacta
- *Bloemverwelking (inrollen)*
 - o bij o.a. kalanchoë blossfeldiana, anjer, dianthus, campanula isophylla
- *Bloemknop-, bloem- of bloembladval*
 - o bij o.a. rosa hybrida, euphorbia pulcherrima, schlumbergia truncata, begonia elatior, hibiscus rosa-sinensis, phalaenopsis
- *Vruchtval*
 - o bij o.a. citrus latifolia, casicum annum, solanum pseudocapsicum
- *Stimulatie botrytis aantasting*
 - o chrysanthemum morifolium, pelargonium zonale, saintpaulia ionantha

In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat bloemen en bloemknoppen vaak gevoeliger voor ethyleen zijn dan blad. Als we bv. een hibiscusplant met ethyleen behandelen zien we dat eerst de bloemen en de knoppen afvallen, pas later wordt het blad geel en valt het er af. Daarom geldt als algemene stelregel dat bloeiende potplanten doorgaans gevoeliger voor ethyleen zijn dan groene potplanten (bladplanten) en tijdens transport van bloeiende planten zijn dus meer problemen te verwachten.

3.2 Schadelijke concentraties

Als we het effect van een bepaalde dosis ethyleen willen beschrijven moet dit altijd in relatie tot een bepaalde blootstellingsduur zijn en bij een bepaalde temperatuur.

Blootstellingsduur: Naarmate langer met ethyleen behandeld wordt zal de ethyleen schade groter zijn. Er geldt hierbij wel een zgn. drempeltijd. Een korte blootstelling, zelfs met een hoge concentratie ethyleen heeft doorgaans geen effect. Voor de meeste potplanten en snijbloemen ligt deze drempel tussen de 6 en 12 uur. Dit betekent dat korte perioden met ethyleen waarschijnlijk geen effect hebben. De plant vertoont dan nog geen verschijnselen en kan zich weer herstellen. Herhaalde korte blootstelling (korter dan drempeltijd) kan eventueel uiteindelijk toch effecten hebben, maar hier zijn slechts weinig gegevens over. Er is een niet lineaire relatie met de concentratie. Bij een 3 maal langere blootstelling (bv. 3 i.p.v. 1 dag) zal een circa 10 x lagere ethyleenconcentratie al actief zijn. Ethyleen wordt dus een groter probleem naarmate de blootstellingsduur toeneemt.

Temperatuur: Het effect van ethyleen neemt sterk af bij lage temperaturen. Per 10°C verlaging van de temperatuur neemt het effect ongeveer een factor 10 af. Dit betekent dat als een plant bij 20°C schade oploopt bij 1 ppm ethyleen er 10 ppm nodig is voor het zelfde effect bij 10°C. Verlagen van de temperatuur is dus een zeer effectieve methode om ethyleenproblemen te voorkomen. Dit is heel relevant voor bv. snijbloemen of bepaalde soorten fruit (appels, peren) welke bij zeer lage temperaturen bewaard kunnen worden. Voor potplanten is dit aspect minder relevant omdat deze meestal bij hogere temperaturen bewaard moeten worden (minimaal 12-15°C).

Om dus de ethyleengevoeligheid van potplanten ten opzichte van elkaar te kunnen vergelijken, moet rekening gehouden worden met de concentratie, de blootstellingsduur en de temperatuur. De meeste experimenten met potplanten beschreven in de literatuur zijn uitgevoerd bij ongeveer 20°C. Meestal werden de planten 1, 2 of 3 dagen behandeld.

Om planten onderling te kunnen vergelijken is een ethyleen-gevoeligheidsclassificatie ontwikkeld. Indien planten al na 1 dag behandeling bij 20°C een duidelijke reactie geven op ethyleenconcentraties tussen 0 en 10 ppm worden ze tot de gevoelige planten gerekend (klassen 5, 6, 7, 8 en 9 (meest gevoelig)). Als planten pas na meerdere dagen behandeling een duidelijke reactie vertonen worden ze ethyleen ongevoelig genoemd (klassen 4, 3, 2, 1, 0 (minst gevoelig)). Als deze classificatie vertaald wordt naar de mogelijke effecten van ethyleen tijdens railtransport (ongeveer 3 dagen bij 15°C en waarschijnlijk een lage ethyleenconcentratie) dan zijn er alleen eventueel problemen te verwachten bij planten die in deze classificatie behoorlijk hoog scoren (klassen 7-9).

In zijn algemeenheid kan gezegd worden dat bij lagere concentraties of korte blootstelling vooral de bloemen en bloemknoppen vallen, er zijn hogere concentraties nodig om ook bladvergelting en

bladval te veroorzaken. De meeste bladplanten zijn dus relatief ongevoelig voor ethyleen (zie bijlage 1), de meeste bloeiende planten zijn meer gevoelig voor ethyleen (zie bijlage 2).

3.3 Donkerstress

Tijdens transport staan planten doorgaans in donker. Er kan dan zgn. donkerstress optreden die zich meestal uit in verschijnselen die veel op ethyleen verschijnselen lijken (bloem- en bladval, bladvergelting). Dit verschijnsel is onderzocht en het blijkt dat na langere tijd in het donker de planten gevoeliger worden voor ethyleen. Waarschijnlijk spelen ook nog andere processen een rol bij donkerstress, omdat zelfs als we het effect van ethyleen volledig blokkeren met bv. STS of 1-MCP (zie **Error! Reference source not found.**) er vaak toch nog wel problemen ontstaan in het donker. Donkerstress treedt op bij langere periode in donker; de meeste planten zullen er binnen 5 dagen geen last van hebben. Waarschijnlijk is dit dan ook minder relevant tijdens railtransport.

3.4 Gemengd transport

Indien overwogen wordt om planten samen met groenten en/of fruit te vervoeren kan de hoeveelheid ethyleen in de containers oplopen. Omdat de meeste groenten snel verouderen bij 15°C is dit waarschijnlijk geen optie. De meeste groenten (komkommer, sla, broccoli, asperge, koolsoorten, spruitjes, ui, sperziebonen, paddestoelen, wortelen) en bv. paddestoelen en aardappels produceren weinig ethyleen (0.1 – 1.0 microL/kg/uur) en daarom zal dit niet tot een sterke verhoging van de ethyleenconcentratie leiden.

Veel fruitsoorten (appel, peer, meloen, banaan, avocado, mango, perzik, pruim, papaya, tomaat, cherimoya, passivrukt) produceren tijdens rijping wel belangrijke hoeveelheden ethyleen (10-100 microL/kg/uur). In een zeer extreem scenario, indien in de container bv. 500 kg rijpend fruit (appel, avocado) aanwezig is, kan dit tijdens een 3 dagen durend transport leiden tot een hoge ethyleenconcentratie (10 – 50 ppm). Een dergelijke concentratie zal zeker schade veroorzaken aan de potplanten. Zelfs een vrij geringe hoeveelheid fruit (enkele kistjes (50 kg)) kan in een slecht geventileerde container al tot ophoping van ethyleen leiden (1-5 ppm) en dit is dus af te raden.

Een aantal andere fruitsoorten (druiven, citrusvruchten, ananas) en bv. aardappels produceren zeer weinig ethyleen en deze zullen dus geen problemen veroorzaken.

4 Overige factoren

Andere factoren die mogelijk van invloed zijn op de ethyleengevoeligheid van potplanten zijn: Genetische achtergrond, acclimatisering, vochtigheid, luchtbeweging, controlled atmosphere, schudten/mechanische schade, licht/donker, transiente blootstelling en ethyleenremmers. Deze factoren worden in de volgende paragrafen afzonderlijk behandeld.

4.1 Genetische achtergrond

Er zijn genetische verschillen in ethyleengevoeligheid tussen soorten en soms ook tussen cultivars binnen een soort. Bij snijbloemen blijkt de mate van ethyleen-gestimuleerde bloemverwelking gekoppeld aan de plantenfamilie (zie ook bijlage 3). Hoge gevoeligheid zien we bij soorten binnen de Caryophyllaceae, Campanulaceae, Geraniaceae, Lamaceae, Malvaceae, Orchidaceae, Primulaceae, Ranunculaceae en Rosaceae. Lage gevoeligheid zien we in Asteraceae, Iridaceae, Liliaceae en de meeste Amaryllidaceae soorten. Bij een nieuwe (bloeiende) potplant kan aan de hand van de verwantschap ingeschat worden of deze mogelijk hoog gevoelig voor ethyleen is.

4.2 Acclimatisering

Het is aannemelijk dat acclimatiseren een plant oplevert die beter bestand is tegen transport. Planten worden dan voorafgaand aan het transport enige tijd (dagen – weken) bij een lagere temperatuur en gereduceerd licht geplaatst. Dit zal vooral effect hebben op de impact van donkerstress. Er zijn echter geen duidelijke aanwijzingen in de literatuur dat de ethyleengevoeligheid in belangrijke mate door acclimatisering beïnvloed wordt.

4.3 Vochtigheid

Experimenten waarbij planten met ethyleen zijn behandeld onder verschillende luchtvochtigheid hebben niet duidelijk laten zien dat de vochtigheid een belangrijke rol speelt bij de ethyleengevoeligheid. In bv. potchrysan, waar het belangrijkste effect van ethyleen de stimulering van botrytisaantasting is, mogen we echter wel een belangrijke interactie met de vochtigheid verwachten.

4.4 Luchtbeweging

Er zijn geen aanwijzingen dat luchtbeweging op zich een belangrijke factor bij ethyleengevoeligheid is. Bij stilstaande lucht kan ethyleen zich wel makkelijker plaatselijk (in een verpakking) ophopen met mogelijk overschrijding van kritische waarden.

4.5 Controlled Atmosphere

Gewijzigde luchtsamenstelling (laag O₂, verhoogd CO₂) wordt toegepast bij de bewaring van vruchten. Het is bekend dat onder dergelijke condities zowel de ethyleenproductie als de ethyleengevoeligheid sterk onderdrukt worden. CA-condities kunnen ook nadelig effect hebben op de kwaliteit bv. bruinverkleuring van het blad. Bij snijbloemen (anfers) zijn experimenten uitgevoerd die aantonen dat laag O₂ (<3%) en verhoogd CO₂ (> 5%) de ethyleengevoeligheid belangrijk onderdrukt. Het is aannemelijk dat dit ook werkt bij potplanten, echter hier zijn geen gegevens voorhanden.

4.6 Schudden/mechanische schade

Schudden en beschadiging leidt meestal tot een kortstondige verhoging van de ethyleenproductie. Meestal went de plant heel snel aan schudden en dit effect op de ethyleenproductie neemt snel af. Er zijn geen aanwijzingen dat de ethyleengevoeligheid door frequent schudden wordt beïnvloed. Er zijn ook geen aanwijzingen dat schudden op zich, los van de mogelijke mechanische schade die het veroorzaakt, nadelig is voor de planten.

4.7 Licht/donker

In het donker ontstaan na enige tijd vaak verschijnselen die lijken op ethyleensymptomen. Deze worden mogelijk veroorzaakt door een toegenomen ethyleenproductie in bepaalde onderdelen van de plant en door een toegenomen ethyleengevoeligheid. Door lage concentratie rood licht kan donker-geïnduceerde knopval bij hibiscus voorkomen worden. Dit toont aan dat het niet gerelateerd is aan uitputting door gebrek aan fotosynthese producten, maar dat licht hier een signaalfunctie heeft. Er is niet systematisch onderzocht of blootstelling van planten aan ethyleen in donker en licht ook een verschillende gevoeligheid laat zien.

4.8 Transiente blootstelling

In experimenten met *Radermachera* is gevonden dat planten sterker reageren (bladval) op een continue blootstelling aan ethyleen dan wanneer dezelfde hoeveelheid ethyleen gedurende kortere perioden met ethyleen vrije tussenpozen wordt toegediend. Dit kan te maken hebben met het feit dat bij elke nieuwe blootstelling steeds eerst een kritische blootstellingstijd overschreden moet worden.

4.9 Ethyleenremmers

4.9.1 STS

STS (zilverthio sulfaat) bespuitingen van planten kunnen het effect van ethyleen (en donkerstress) tegengaan. STS blokkeert de ethyleenreceptor. STS kan daarom diverse ethyleenverschijnselen tegengaan. STS is actief bij diverse potplanten; soms kan schade ontstaan (zwarte vlekken). In de meeste landen is het gebruik van STS bij potplanten echter niet toegestaan.

4.9.2 1-MCP

1-MCP (1-methyl cyclopropene) is net als ethyleen een gas. Net als STS blokkeert het de ethyleenreceptor. Behandeling met 1-MCP vindt plaats in een afgesloten ruimte en duurt een aantal uren. 1-MCP is effectief bij diverse potplanten, maar is meestal vrij snel weer uitgewerkt. Een continue blootstelling aan 1-MCP tijdens donkere bewaring van bv. *Phalaenopsis* en *Hibiscus* was effectief in het tegengaan van donker-geïnduceerde knopval. Er zijn geen schade effecten van 1-MCP bij potplanten beschreven. Voor gebruik van 1-MCP bij potplanten/snijbloemen zijn momenteel toelatingen in een aantal landen.

4.9.3 *Auxinen*

Auxinen (zoals benzyl adenine) zijn effectief in het tegengaan van bloem- en bladval bij potplanten. De auxinen verlagen de ethyleengevoeligheid. Auxinen kunnen ook schadeverschijnselen veroorzaken en mogelijk later groeiverstoring geven.

4.9.4 *Gibberellinen*

Gibberellinen zijn met succes toegepast bij *Pelargonium* om bloemval door ethyleen te voorkomen. Gibberellinen verlagen de ethyleengevoeligheid. Bij een aantal andere soorten was dit effect niet aantoonbaar.

5 Conclusie en aanbevelingen

Tijdens railtransport staan de planten gedurende en beperkte periode (enkele dagen) in het donker. Waarschijnlijk is er geen sprake van donkerstress (en de geassocieerde ethyleen problemen). Als deze periode belangrijk langer wordt (>5 dagen) is dit gevaar wel aanwezig. Het vervoer vindt plaats bij 15 °C en dit zal, t.o.v. de meeste experimentele omstandigheden, een iets lagere ethyleengevoeligheid geven. De hoge vochtigheid en geringe luchtbeweging hebben op zich geen effect op de ethyleengevoeligheid maar zijn wel stimulerend voor schimmelaantasting.

We verwachten in de railcontainers geen sterk verhoogde ethyleenconcentraties, omdat er maar weinig ethyleenproductie van de planten is en omdat bacteriën in de potgrond het ethyleen weghalen. De verwachting is dat alleen potplanten die in het laboratoriumonderzoek als zeer gevoelig zijn geclassificeerd (klasse 7 - 9) eventueel gevaar kunnen lopen tijdens railtransport (zie bijlagen 1 en 2).

Van de planten die momenteel per railcontainer worden vervoerd zouden mogelijk ethyleenproblemen kunnen ontstaan bij kalanchoë

Voor dergelijke planten zou gekozen kunnen worden voor een tweetal oplossingen. Ten eerste, de railcontainer voorzien van ventilatiemogelijkheden, zodat ethyleen zich niet kan ophopen in de container. Ten tweede, gebruik maken van ethyleenremmers. Een bespuiting (voor transport) met STS of een behandeling met 1-MCP. Indien de problemen (door langere transporttijden, hogere ethyleenconcentraties of andere redenen) in de praktijk groter zijn dan hier geschetst zou overwogen kunnen worden tijdens transport de planten continu met 1-MCP te behandelen.

Bijlage 1. Gevoeligheidsclassificatie groene potplanten (bladplanten)

Een schatting is gemaakt gebaseerd op gepubliceerde gegevens. Alleen planten met hoge ethyleengevoeligheid (7 – 9, geel gearceerd) zullen mogelijk schade kunnen ondervinden van ethyleen tijdens rail transport.

Soortnaam	Belangrijkste symptoom	Gevoeligheidsclassificatie
<i>Anthurium scherzerianum</i>	-	0
<i>Aralia</i> (fatsia Japonica)	Bladval	2
<i>Asparagus densiflorus</i>	Bladval	1
<i>Asplenium nidus</i>	-	0
<i>Capsicum annuum</i>	Bladval/vruchtval	2
<i>Chamaedorea elegans</i>	-	0
<i>Codiaeum variegatum</i>	-	0
<i>Cordyline fruticosa</i>	-	0
<i>Dieffenbachia</i>	Bladvergeling	1
<i>Dizygotheca elegantissima</i>	Bladval	3
<i>Draceana marginata</i>	Bladvergeling	1
<i>Draceana sanderiana</i>	Bladvergeling	1
<i>Eucharis glandiflora</i>	Bladvergeling	1
<i>Euphorbia keysii</i>	Bladval/vergeling	3
<i>Euphorbia pseudocactus</i>	Bladval/vergeling	6
<i>Ficus benjamina</i>	Bladval	1
<i>Ficus deltoidea</i>	Bladval/vruchtval	3
<i>Ficus pumila</i>	Bladval	2
<i>Hedera canariensis</i>	Bladval	1
<i>Nephrolepis exaltata</i>	-	0
<i>Philodendron scandens oxycardium</i>	Bladval	3
<i>Radermachera sinica</i>	Bladval	7
<i>Raphidophora aurea</i>	Bladvergeling	3
	-	
<i>Schefflera compacta</i>	Bladval	4
<i>Scindapsus pictus</i>	-	0
<i>Solanum pseudocapsicum</i>	Bladval/vruchtval	7
<i>Yucca elephantipis</i>	Bladvergeling	1

Bijlage 2. Gevoeligheidsclassificatie bloeiende potplanten

Een schatting is gemaakt gebaseerd op gepubliceerde gegevens. Alleen planten met hoge ethyleengevoeligheid (7 – 9, geel gearceerd) zullen mogelijk schade kunnen ondervinden van ethyleen tijdens rail transport.

Soortnaam	Belangrijkste symptoom	Gevoeligheidsclassificatie
Achimenes hybrids	Bloemval	7
Azalea indica	Bladval	3
Begonia Rieger hybrids	Bloemval	6
Begonia semperflorens	Bloemval	6
Begonia elatior	Bloemval	6
Beloperone guttata	Bloem-/bladval	8
Browallia speciosa	Bloemval	8
Calceolaria x herbeohybrida	Bloemval	5
Campanula isophylla	Knop/bloem verwelking	7
Chrysanthemum morifolium	Botrytis	4
Clerodendron thomsoniae	Bloem-/bladval	8
Cyclamen persicum	Bloemval	3
Euphorbia pulcherrima	Bloem-/bladval	2
Exacum affine	Bloemverwelking	1
Fuchsia hybrids	Bloem-/bladval	9
Hibiscus rosa-sinensis	Bloem-/bladval	9
Hydrangea macrophylla	Bladval	1
Impatiens x hawkeri	Bloemval	9
Kalanchoë blossfeldiana	Bloemverwelking	7
Kohleria hybrids	Bloemval	7
Pachystachus lutea	Bloem-/bladval	6
Pelargonium zonale	Bloemverwelking Botrytis	3
Pelargonium hortorum	Bloemverwelking	5
Primula acaulis	-	0
Rechsteineria cardinalis	Bloemval	7
Rosa hybrida	Bloem-/bladval	4
Saintpaulia ionantha	Botrytis	3
Schlumbergia truncata	Bloemval	5
Senecia cruentus	-	0
Sinningia hybrids	Bloemval	2
Streptocarpus hybrids	Bloemval	7
Vinca minor	Bloemval	7

Bijlage 3. Gevoeligheid van diverse soorten snijbloemen voor ethyleen

Table 1 Ethylene sensitivity of petal senescence and abscission

<i>Plant family and species</i>	<i>Ethylene sensitivity</i> ^a	<i>Symptoms</i> ^b
Acanthaceae <i>Acanthus hungaricus</i> <i>Thunbergia alata</i>	High	Abscission
Amaryllidaceae <i>Alstroemeria pelegrina</i> <i>Narcissus pseudonarcissus</i>	Insensitive/low	Senescence
Campanulaceae <i>Campanula pyramidalis</i> <i>Trachelium caeruleum</i>	Intermediate/high	Senescence
Caryophyllaceae <i>Dianthus caryophyllus</i> <i>Gypsophila paniculata</i>	High	Senescence
Asteraceae <i>Chrysanthemum morifolium</i> <i>Liatris spicata</i>	Insensitive/low	Senescence
Dipsacaceae <i>Scabiosa caucasica</i> <i>Succisella inflexa</i>	Intermediate/high	Senescence
Euphorbiaceae <i>Euphorbia fulgens</i> <i>Euphorbia pulcherrima</i>	Low	Senescence
Geraniaceae <i>Geranium gracile</i> <i>Geranium sanguineum</i>	High	Abscission
Gesneriaceae <i>Saintpaulia ionantha</i> <i>Streptocarpus</i> (hybrids)	High	Abscission
Iridaceae <i>Gladiolus</i> (hybrids) <i>Iris</i> (hybrids)	Insensitive/low	Senescence
Labiatae <i>Physostegia virginiana</i> <i>Mentha suaveolens</i>	High	Abscission
Liliaceae <i>Lilium</i> (hybrids) <i>Tulipa</i> (hybrids)	Insensitive/low	Senescence
Malvaceae <i>Lavatera maritima</i> <i>Malva sylvestris</i>	High	Senescence
Orchidaceae <i>Cymbidium</i> (hybrids) <i>Phalaenopsis</i> (hybrids)	Intermediate/high	Senescence
Primulaceae <i>Lysimachia clethroides</i> <i>Primula denticulata</i>	Intermediate/high	Abscission
Ranunculaceae <i>Aconitum napellus</i> <i>Delphinium ajacis</i>	Intermediate/high	Abscission
Rosaceae <i>Potentilla grandiflora</i> <i>Rosa</i> (hybrids)	Intermediate/high	Abscission
Scrophulariaceae <i>Antirrhinum majus</i> <i>Veronica spicata</i>	Intermediate	Abscission
Apiaceae <i>Anethum graveolens</i> <i>Conium maculatum</i>	Insensitive	Senescence

^aSensitivity to ethylene was determined following treatment of flowers with 3 $\mu\text{l l}^{-1}$ ethylene for 24 h at 20°C. High sensitivity, flower petal life reduced by >70%; intermediate sensitivity, flower petal life reduced by 30–70%; low sensitivity, flower petal life reduced by <30%; insensitive, virtually no response.

^bPrevailing type of petal life termination is indicated. Senescence, petals senesce while attached to the flower; abscission, petals abscise before visual changes.

