

Ethyleenschade bij gekoelde bewaring van vruchtbomen

Een praktijkinventarisatie en onderzoek naar grenswaarden

Alex van Schaik, Marc Ravesloot, Peter van Elk en Ron Anbergen

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit
Mei 2011

Rapportnr.
2011-10

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Bollen Bomen en Fruit

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapportnummer 2011-10; € 15,-

Projectnummer: 32 610 870 00
PT nummer 12680.03



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Bollen Bomen & Fruit

Adres : Lingewal 1, 6668 LA Randwijk
Postbus 200, 6670 AE Zetten
Tel. : +31 488 47 37 02
Fax : +31 488 47 37 02
E-mail : infofruit.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
INLEIDING	7
1 MATERIAAL EN METHODEN	9
1.1 Praktijkinventarisatie	9
1.2 Ethyleenonderzoek	9
1.2.2 Bewaring van de bomen	10
1.2.3 Beoordeling van de bomen	10
2 RESULTATEN	11
2.1 Resultaat praktijkinventarisatie	11
2.2 Resultaten ethyleeneffecten op schadeontwikkeling	13
3 BESPREKING RESULTATEN	19
3.1 Praktijkinventarisatie	19
3.2 Bespreking ethyleeneffecten.....	19
4 CONCLUSIES	21
5 REFERENTIES.....	23

Samenvatting

In de winter en het voorjaar van 2010 is door PPO Fruit onderzoek uitgevoerd naar de gekoelde bewaring van vruchtbomen. Een deel van het onderzoek betrof een inventarisatie van de bewaaromstandigheden, in het bijzonder de heersende ethyleenconcentraties in de cellen. Vruchtbomen worden zoveel mogelijk voor de de winter gerooid en opgeslagen in koelcellen. De wintermaanden worden gebruikt voor het sorteren van de bomen waarna de bomen in het voorjaar worden uitgeleverd. In de koelcellen wordt veelal een ingestelde ruimte temperatuur aangehouden van +0 - +2°C, waarbij wordt voorzien in regelmatige bevochtiging. Alle boomsoorten worden in het merendeel liggend op ferropallets bewaard. In de vruchtboomkwekerij worden één of meerdere grote centrale koelcellen per onderneming gebruikt waarin zowel gesorteerd als ongesorteerde pallets worden geplaatst. De nadruk bij deze inventarisatie lag op ethyleenconcentraties in de koelcellen en belendende werkruimtes.

De concentraties ethyleen uit de gasmonsters die tijdens de werkbezoeken werden genomen waren erg laag. Deze metingen zijn echter indicatief en geven slechts momentopnamen. Bij continue ethyleenmetingen werden bij een van de deelnemende ondernemers periodiek hoge concentraties ethyleen gemeten. Aangenomen wordt dat de bron van deze ethyleen de verbrandingsmotor van de gasheftruck moet zijn geweest. Bij een directe meting produceerde deze gasheftruck veel ethyleen, bij een dieself heftruck daarentegen was dit veel minder. Dit wordt veroorzaakt doordat bij de werking van gas en benzinemotoren de ontbrandingstemperatuur, geïnitieerd door de bougie, veel hoger is dan bij dieselmotoren. Bij deze hoge ontstekingstemperaturen wordt het ethyleen molecuul gevormd (Ravesloot, pers.med.). Met een continue ethyleen monitoring komt duidelijk beter tot uiting wanneer en in welke mate er ethyleenontwikkeling is gedurende een bepaalde periode op een productiebedrijf. Hieruit kan mede afgeleid worden wat de mogelijke oorzaak (bron) is van de hogere ethyleenconcentraties.

Mede op basis van deze praktijk inventarisatie zijn appel- (Elstar) en perenbomen (Conference) van 2 verschillende boomkwekers bij 0, 1, 3 en 5 ppm ethyleen bewaard om de schadegrenzen duidelijker te kunnen bepalen. Hierbij zijn de bomen na respectievelijk 3, 6 en 9 weken opslag beoordeeld op ethyleenschade. De bomen zijn bewaard in bewaarcontainers bij een temperatuur van +1.5 - +2°C bij normale atmosferische omstandigheden.

Met deze werkwijze kon het ethyleengehalte in de containers redelijk goed gehandhaafd worden. Het onderzoek is compleet in duplo uitgevoerd waarbij de appel- en perenbomen in gescheiden containers zijn bewaard.

Bij de appelbomen werd geen ethyleenschade waargenomen, zelfs niet na 9 weken in 5 ppm ethyleen. Ook na opplanten hadden de bomen een volledig normale ontwikkeling.

De perenbomen van beide herkomsten vertoonden na 6 weken duidelijke ethyleenschade in de vorm van afgestorven knoppen, loslatend basweefsel en duidelijke callusvorming. Na 6 weken was de schade bij 1 ppm. nog licht, bij 3 en 5 ppm al zwaar met een duidelijk verschil in aantastings niveau tussen de beide herkomsten. Bij de herkomst met lichte schade aan de takken was er wel duidelijke schade aan de onderstam. Na 9 weken bewaring was het onderscheid qua schade tussen de verschillende ethyleen concentraties moeilijker te bepalen leggen deels door de soms zware aantasting.

Het onderzoek toont aan dat vooral perenbomen gevoelig zijn voor ethyleenschade. Deze gevoeligheid kan variëren per bedrijf maar ook afhankelijk zijn van het (rust)stadium van de bomen zoals uit het eerdere onderzoek is gebleken. Voor de praktijk kan hier een duidelijke richtlijn uit worden gehaald.

Bewaring bij een lage bewaar temperatuur beperkt de ethyleenschade. Schade aan de perenbomen kan al optreden bij de meest gevoelige partijen en omstandigheden na enkele weken bij een ethyleenconcentratie van 1 ppm en hoger. Vertaling van de conclusie naar de situatie van (aanhoudende) kortdurende piekconcentraties is moeilijk te geven. Dit zou in aanvullend onderzoek vastgesteld moeten worden. Een eenmalige piek concentratie lijkt geen kans op schade te geven. Dit geeft voor het transport van bomen ook ruimere mogelijkheden.

Opvallend was dat de appelbomen tijdens de bewaring in geringe mate ethyleen produceren en perenbomen niet! Dit onderzoeksresultaat vormt een verrassend nieuw inzicht en discussiestof voor de wijze waarop vruchtboomkwekerijgewassen worden bewaard. De vraag dient te worden gesteld of gecombineerde opslag wel wenselijk is, wetende dat de werkelijke bewaarduur een veelvoud bedraagt van de langste bewaarduur uit de onderhavige experimenten. Omdat er bij ethyleenschade sprake is van een dosis respons reacties (concentratie keer tijdsduur), verklaart dit mogelijk ook het voorkomen van schade juist bij peren in langdurige bewaring bij slechte ventilatie en tijdelijk hogere temperaturen.

Inleiding

In de vruchtboomkwekerij is het een gebruikelijke werkwijze om de bomen na afrijpen en voor de winter te rooien en te bewaren in de koelcel. Voordeel van deze werkwijze is dat de bomen op afroep geleverd kunnen worden en de eventuele wintervorst niet belemmerend is voor de sorteerkwaaligheden (Hees van, E & M.B.M. Ravesloot, 1990-1992). Dit betekent dat de bomen op grote schaal bewaard worden in grote centrale koelcellen bij de boomkwekers. Bekend is dat de vruchtbomen, afhankelijk van de metabolische toestand, in meer of mindere mate gevoelig zijn voor ethyleen. In het verleden zijn er diverse forse schadegevallen bekend waardoor de sector waakzaam is op dit gebied.

In eerder onderzoek is gevonden dat perenbomen gevoeliger zijn voor ethyleen-schade dan appels (van Schaik, et .al. 2007-2008, Maas, F et.al 2008). De schade bestaat met name uit het ontstaan van dood bastweefsel, callusgroei, opzwellen van knoppen. Na het opplanten van deze bomen kan dit verder leiden tot afsterven van niet uitlopende knoppen, afsterving van takken of zelfs de hele boom.

In het toenmalige onderzoek trad schade op in de perenbomen bij een concentratie van 5 ppm ethyleen na 1 maand bewaring bij 4⁰ C schade optrad. Bij een respectievelijk lagere bewaartemperatuur (1⁰ C) , kortere bewaartijd (1 week) of éénmalige toepassing van 1-MCP bij aanvang van de bewaring trad geen schade op bij de perenbomen.

Bomen die gerooid waren in de echte rustperiode bleken duidelijk minder gevoelig voor ethyleenschade.

In het onderzoek van 2010 is, als herhaling op de gewijzigde werkwijze zoals gedetailleerd beschreven in het ketenonderzoek van de begin jaren '90, een praktijkinventarisatie uitgevoerd naar

bewaaromstandigheden eventuele ethyleenconcentraties in de koelcellen en aangrenzende logistieke ruimten. Op basis van o.a. deze informatie is onderzocht bij welke ethyleenniveaus en behandelingsduur schade optrad bij appel- en perenbomen. Het experimentele onderzoek is uitgevoerd op basis van het projectvoorstel: "*Gewijzigd voorstel omtrent "Het voorkomen van ethyleenschade bij vruchtbomen in de keten"*".

Doelstelling van dit onderzoek is om voor de praktijk duidelijke grenswaarden aan te geven voor ethyleen schade bij vruchtbomen in combinatie met andere bewaaromstandigheden.

Ook wordt enige aandacht aan de transportomstandigheden van boomkwekerij gewassen in verband met de en met name de ethyleen gevoeligheid op basis van de resultaten met de vruchtbomen.

1 Materiaal en methoden

1.1 Praktijkinventarisatie

Om een completer beeld te krijgen van de handling en de bewaring van de vruchtbomen in koelcellen op dit moment, is een korte praktijkinventarisatie uitgevoerd. Deze informatie is ook nodig voor de juiste keuze van de omstandigheden in het experimentele onderzoek naar de grenswaarden voor ethyleen en de vertaling van de resultaten.

Hiertoe zijn diverse vruchtboomkwekers met koelfaciliteiten bezocht in de periode januari/februari. Hierbij is een inventarisatie gemaakt van de handling van de vruchtbomen, bewaaromstandigheden in de koelcellen zoals temperatuur, vochtigheid en ethyleenbeheer om schade te voorkomen.

Verder zijn luchtmonsters genomen in de koelcellen op diverse plaatsen maar ook in de aangrenzende ruimtes zoals sorteerhallen en distributie ruimten. Ook zijn er luchtmonsters genomen van potentiële ethyleen bronnen zoals heftrucks en bij aangrenzende ULO-cellen etc.

De luchtmonsters in de koelcellen en bewaar ruimten zijn genomen met kleine injectie spuiten. Nog dezelfde dag is het ethyleengehalte in de luchtmonsters geanalyseerd met de gaschromatograaf bij Food & Biobased Research in Wageningen.

In combinatie hiermee is ook een MAC View^R ethyleenmeter (zie foto1) geplaatst bij een boomkwekerij bedrijf in een koelcel waar bomen zijn bewaard. Deze ruimte stond in directe open verbinding met de logistieke ruimte voor de bomen waar ook transportbewegingen waren met o.a. heftrucks. Met de ethyleenmeter zijn continu de luchtcondities in de cel gedurende ongeveer 1 maand gemeten in de periode april/mei. Continue meting betekent dat de apparatuur continu het ethyleen gehalte meet zodat een goed beeld ontstaat van de ethyleen concentraties tijdens het etmaal.

1.2 Ethyleenonderzoek

1.2.1 Opzet onderzoek en uitgangsmateriaal

Het experimentele ethyleenonderzoek is gestart na de inventarisatie van de bewaarcondities en de ethyleenmetingen in de koelcellen bij de boomkwekers. Er is voor gekozen om de bomen tijdens het ethyleenonderzoek bij een temperatuur te bewaren van 1.5 - 2° C overeenkomstig de aangehouden temperaturen in de koelcellen op de praktijkbedrijven. De keuze voor deze temperatuur blijft enigszins arbitrair, uit de praktijk inventarisatie kwam naar voren dat de temperaturen per boomkwekerij bedrijf nogal verschilden maar ook een bepaald etmaal ritme kenden. De ethyleen gevoeligheid neemt toe met een hogere temperatuur dus is gekozen voor deze relatief wat hoge continue temperatuur. Een andere mogelijkheid was om 2 temperaturen te kiezen nl 0 en 2° C. Echter de kosten voor dit scenario waren te hoog.

De bomen voor dit onderzoek zijn eind februari/begin maart geleverd door 2 verschillende boomkwekers. Dit betrof een bedrijf met bomen geteeld op zandgrond en een boomkwekerij met bomen van kleigrond. Van beide bedrijven zijn zowel Conference als Elstar betrokken met de navolgende specificaties:

	<i>Ras</i>	<i>leeftijdonderstam</i>	<i>type</i>	<i>vertakking</i>	<i>hoogte</i>
Bedrijf A:	Conference	2 jr. KwC		4 takken	1.40 m
	Elstar	2 jr. M9	Elshof knip	6 takken	1.40-1.50m
Bedrijf B	Conference	2 jr. KwC	doorgroei	-	1.50m
	Elstar	2 jr. M9	Elshof knip	-	1.50m

Tabel 1 Schema behandeling appel- en perenbomen ethyleenonderzoek.

Ethyleen	3 weken bewaring	6 weken bewaring	9 weken bewaring
0 ppm	X	X	X
1 ppm	X	X	X
3 ppm	X	X	X
5 ppm	X	X	X

Voor elke ethyleen conditie is ook steeds een echte herhaling toegepast in een bewaarcontainer.

1.2.2 Bewaring van de bomen

De bomen zijn eerst een aantal dagen bij lage temperatuur bewaard (2°C) en vervolgens in bossen van 5 bomen in de bewaarcontainers gelegd. Door ze diagonaal in de container te leggen was dit net passend te maken. Voordat de container definitief gevuld werd zijn de wortels nog een keer nat gespoten en is een laagje water op de bodem van de container aangebracht.

De peren en de appels zijn in aparte containers bewaard. Directe na het sluiten van de containers is met een injectie spuit ethyleen ingespoten om de juiste concentraties te bereiken van respectievelijk 1, 3 en 5 ppm. Ter controle van de ethyleen concentratie in de containers is 2 maal per week een luchtmonster uit de container genomen die nog dezelfde dag gemeten op de gaschromatograaf.

De monsternamen uit de container vond plaats door ongeveer 1 minuut lucht rond te pompen via een slang buiten de container en vervolgens met een injectiespuit er een monster uit te halen. Na de meting op de GC zijn de ethyleenwaarden nog dezelfde dag gecorrigeerd door eventueel extra ethyleen in te spuiten. Om geen extra CO₂ ophoping te krijgen (containers zijn hermetisch afgesloten) is er een zakje kalk in de container geplaatst. Tevens is elke week met de handmeetapparatuur het zuurstof- en CO₂ gehalte gemeten.

1.2.3 Beoordeling van de bomen

De bomen zijn na 3, 6 en 9 weken uit de containers gehaald voor de beoordeling.

Voor ieder beoordelingstijdstip waren dit aparte setjes bomen. Van iedere experimentele eenheid: herkomst/ethyleenconcentratie/herhaling/beoordelingstijdstip waren 5 bomen beschikbaar voor de beoordeling.

Na het uithalen van de bomen uit de container voor de beoordeling, zijn de wortels van de resterende bomen in de container extra natgemaakt. Tevens werd opnieuw water op de bodem van de container aangebracht om de vochtigheid in de container op peil te houden. Daarna is de container gesloten en is de procedure toegepast zoals beschreven in voorgaande paragraaf.

De opvolgende dag na het uithalen zijn de bomen beoordeeld. Belangrijkste criteria hierbij waren het optreden van schade aan bast en knoppen, het uitlopen van de knoppen en het uitlopen van de wortels.

Na één week bewaren bij hoge vochtigheid en een temperatuur van circa 10 °C zijn de bomen nogmaals beoordeeld op grond van dezelfde criteria.

De beoordeling op schade is volgens dezelfde procedure uitgevoerd als in het vorige onderzoek. Er is zo goed mogelijk geprobeerd alle aangetaste plekken op de boom te tellen zodat een objectieve aanduiding en vergelijking kon plaatsvinden. Voor de uitloop van de knoppen is dit beschrijvend gebeurd. Van de bomen en de aantasting is nog divers fotomateriaal beschikbaar.

Daarnaast zijn bomen van de laatste beoordeling nog buiten uitgeplant tot augustus om vervolgeffecten tijdens de groei te toetsen.

2 Resultaten

2.1 Resultaat praktijkinventarisatie

Tijdens de bewaarperiode van de bomen zijn diverse vruchtboomkwekerijen bezocht met een eigen koelfaciliteit. De moderne koelcellen hebben over het algemeen een standaard inrichting.

Er zijn geen gescheiden compartimenten voor de verschillende soorten bomen. Kersen, pruimen, appel- en perenbomen worden gezamenlijk opgeslagen in één grote koelcel. Wel worden de bomen per soort meestal bij elkaar bewaard. In de koelcel is standaard een bevochtigingssysteem geïnstalleerd wat met hoge druk werkt om een goede verdeling en fijne druppelgrootte in de cel te krijgen. Bij sommige bedrijven wordt dit aangestuurd op basis van tijd maar ook op basis van meting van de relatieve luchtvochtigheid. Bij de moderne grote koelcellen is er geen enkele verbinding met cellen waarin bv fruit wordt bewaard waardoor er minder kans is ethyleenoverdracht.

Op enkele bedrijven worden ook nog wel bomen bewaard in voormalige fruitcellen, maar is natuurlijk niet optimaal vanwege het transport van de bomen. Op één bedrijf werden bomen in de koelcel bewaard naast een ULO complex waar Jonagold appels werden bewaard.

In alle gevallen worden de bomen op grote stellingen bewaard waarbij ze liggend zijn opgeslagen.

Qua temperatuurbedeid is er niet altijd een overeenkomst. Op de meeste bedrijven wordt in de nachtperiode gekoeld en staat overdag de koeling uit. De temperatuur instelling is per bedrijf ook variabel en ligt tussen de +0 en +2° C. Afhankelijk van buitentemperatuur en transportbeweging kan de temperatuur in de koelcel overdag dus duidelijk oplopen. Door de meeste bedrijven werd dit niet als een bezwaar gezien. Omdat de koelcellen goed geïsoleerd blijft de temperatuuroename gering overdag. Op alle bedrijven was het besef heel duidelijk aanwezig dat ethyleen heel schadelijk kan zijn en vooral bij perenbomen. Er was ook een duidelijk beleid om de diesel- of gasheftruck niet in de permanente koelcel voor de bomen te gebruiken.

Tabel 1 Ethyleen meetwaarden in koel- en sorteerruimte voor vruchtbomen op praktijkbedrijven

Meetwaarden in ppm en locatie op het bedrijf

Bedrijf A	Centrale koelcel 0.005	Werkcel/Distributieruimte 0.035	cel naast ULO 0.05	Corridor ULO-cellen 0.125
Bedrijf B	Koelcellen locatie 1 0.015	Koelcellen locatie 2 0.040		Distributieruimte 0.03
Bedrijf C	Centrale koelcel 0.025	Tussen peren 0.028	Voorportaal 0.030	Sorteerruimte 0.720
Bedrijf D	Koelcel 0.054	Distributieruimte 0.057		
Bedrijf E	Centrale koelcel 0.00	Kleine koelcel 0.00	Distributieruimte 0.00	

De metingen zijn momentopnamen waarbij de monsters altijd overdag zijn genomen bij normale bedrijfsactiviteiten. Er zijn geen opvallende hoge waarden gemeten, alleen bij bedrijf C in de sorteerruimte. De oorzaak was het gebruik van een gasheftruck. Directe meting aan de gasheftruck (uitlaat bij halfgas) gaf een meetwaarde van maximaal 13 ppm te zien. In vergelijking gaf een dieselheftruck bij dezelfde meetprocedure maar 0.025 ppm te zien, veel lager dus.

Verder is vermeldenswaard dat bij bedrijf A er een iets verhoogde ethyleenwaarde is gemeten in de corridor aangrenzend bij de ULO cellen voor fruit.

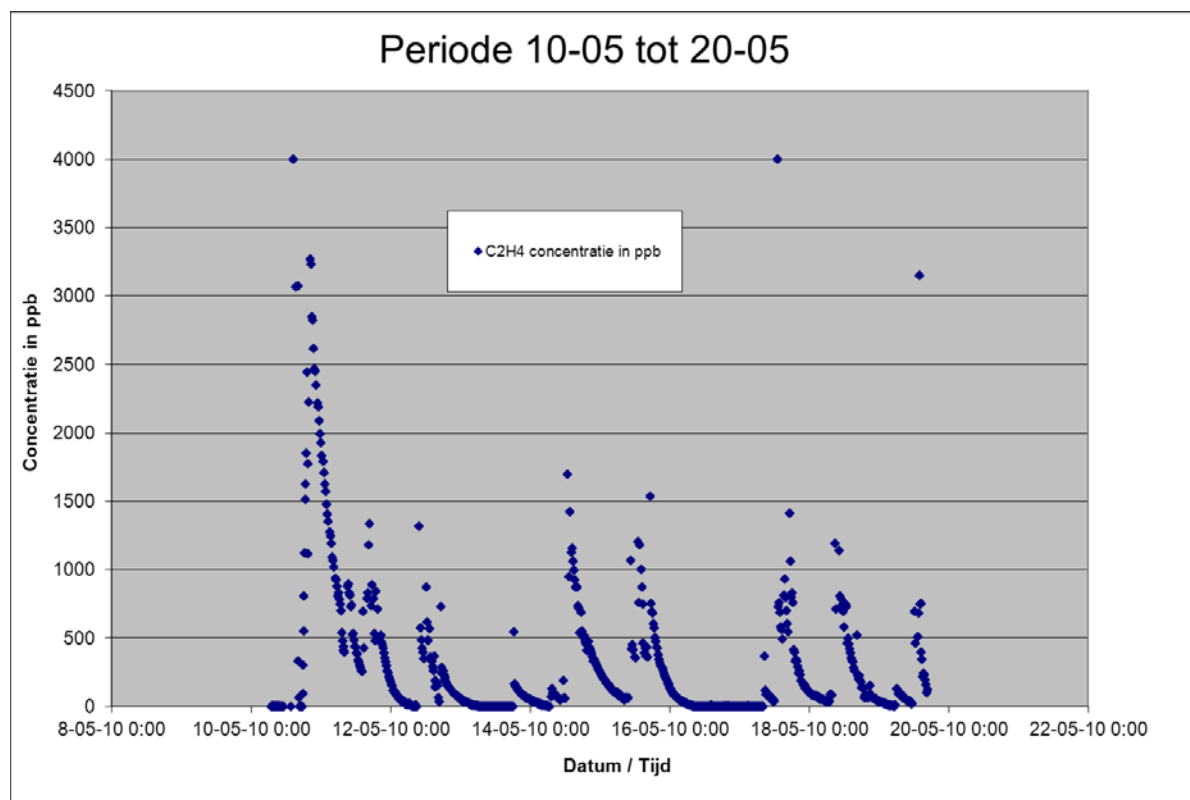
Zoals eerder aangegeven is er bij één bedrijf een continu monitoring uitgevoerd van de ethyleenconcentratie in de koelcellen en de aangrenzende distributie ruimte. De deuren van de koelcellen waren steeds open om te bereiken dat de aangrenzende distributie ruimte ook "meegekoeld" kon worden. Want zowel in de koelcellen als de distributieruimte werden bomen bewaard.

Een maand lang is in de totale ruimte het ethyleengehalte continu gemeten met een interval van 10 minuten. In de figuur 1 is de periode weergegeven van 10 mei tot en met 20 mei. In de resterende periode tot en met 22 juni volgen de getoonde ethyleenwaarden hetzelfde patroon.

Omdat dit een onderdeel is van de totale periode is inzichtelijker hoe het ethyleenverloop per etmaal is. Het is duidelijk dat de ethyleenwaarden een bepaald verloop per dag vertonen. In de ochtend ontstaat stelselmatig een hele grote piek die dan vervolgens langzamerhand minder wordt en naar 0 terugloopt. De beginconcentratie heeft zelfs een maximale startwaarde van 3 ppm. Nog een opvallende waarneming over de hele periode is dat er in de weekenden geen ethyleenpiek te zien is. Dit duidt erop dat een bedrijfsactiviteit de oorzaak lijkt van de ethyleenpiek.

Navraag bij het bedrijf gaf inzicht in de oorzaak, elke morgen rond 8-8.30 uur werden de gasheftruck die deze ruimte stond gestart met dito gevolgen voor de ethyleenconcentratie in de totale ruimte.

In de luchtmonsters die gemeten zijn met de gaschromatograaf in dezelfde ruimte zijn nooit verhoogde ethyleenconcentraties waargenomen. De oorzaak is achteraf duidelijk; de monsters zijn altijd genomen voor 8.00 in de morgen, waarbij dus nog geen nog ethyleen in de ruimte aanwezig was.



Figuur 1. Ethyleen concentratie in distributie ruimte en cellen van bedrijf D gemeten met MAC View^R ethyleen meter over de periode 10-20 mei.



Foto 1. MAC View^R ethyleenmeter

2.2 Resultaten ethyleeneffecten op schadeontwikkeling

In het experimentele onderzoek naar de effecten van ethyleen op de eventuele schade aan de vruchtbomen zijn de bewaarcondities in de bewaarcontainers van groot belang om de effecten te kunnen beoordelen. Zoals vermeld bij de proefopzet waren de bewaarcontainers volledig gesloten. Eenmaal per week is met handmeetapparatuur het CO₂- en O₂ gehalte gemeten. Er is nooit geconstateerd dat de gehalten afwijkend waren, dus een verhoogd CO₂ gehalte of een verlaagd zuurstofgehalte.

Verder is belangrijk wat de daadwerkelijke ethyleenwaarden in de containers waren. Zoals in de tabel 2 te zien zijn de ethyleenwaarden meestal iets lager dan de ingestelde waarden. Dit komt omdat er altijd iets lekkage is van ethyleen uit de container. Echter nadat de meting is uitgevoerd zijn de waarden direct gecorrigeerd door ethyleentoediening zodat de werkelijke gemiddelde waarden beter waren.

Verder is opvallend dat in de containers met appelbomen (201 en 205) er enige ethyleenvorming optrad door waarschijnlijk eigenproductie van ethyleen door de appelbomen. Dit gold echter niet voor de perenbomen zoals te zien bij container 211 en 215.

Tabel 2 Meetwaarden ethyleen (ppb) in containers met appel- en perenbomen tijdens bewaring in 1.5-2°C.

Container	Bomen-soort	Ingestelde ethyleen-waarde (pp)	Meetdatum							
			13 april	16 april	22 april	28 april	4 mei	19 mei	26 mei	10 juni
201	appel	0			0.045	0.034				0.073
202	appel	1	0.871	0.868	0.817	0.790	0.852	0.843	0.1252	0.924
203	appel	3	2.645	3.123	2.999	2.639	2.513	2.754	2.274	3.218
204	appel	5	3.857	4.871	4.864	4.657	5.029	4.459	5.244	4.822
205	appel	0			0.050	0.019				0.110
206	appel	1	0.914	0.895	0.978	1.125	0.981	1.021	1.077	1.020
207	appel	3	2.830	2.780	2.960	2.740	3.385	3.071	3.190	2.612
208	appel	5	4.483	4.779	4.608	2.507	4.585	5.184	6.263	5.774
211	peer	0			0	0				0
212	peer	1	0.938	0.876	0.684	0.691	1.413	0.843	1.387	0.572
213	peer	3	2.723	2.822	2.187	2.003	4.075	1.946	3.297	2.428
214	peer	5	4.376	4.543	4.992	3.962	7.473	4.638	6.545	4.133
215	peer	0			0	0				0
216	peer	1	0.800	0.478	0.685	0.486	1.170	0.890	1.122	1.108
217	peer	3	2.753	2.810	2.681	2.143	4.431	2.843	4.028	2.925
218	peer	5	4.200	4.618	4.430	4.095	6.821	3.721	6.500	4.237

De beoordeling van de bomen op ethyleenschade was na 3, 6, en 9 weken bewaring. Bij iedere beoordeling werd een set van 5 bomen van iedere herkomst en boomsoort uit de respectievelijke containers gehaald met de verschillende ethyleenconcentraties. De opvolgende dag zijn de bomen beoordeeld alsmede na 1 week in 10°C.

Een overzicht van de ethyleenschade en wanneer geconstateerd is te zien in tabel 3.

Tabel 3 Overzicht bewaartijd en het optreden van ethyleenschade bij de appel- en perenbomen in bewaring bij 1.5-2°C in 0,1,3 en 5 ppm ethyleen.

Bomensoort	Ingestelde ethyleen-waarde	Ethyleen-schade na 3 weken	Ethyleen-schade na 6 weken	Ethyleen-schade na 9 weken
appel	0	geen	geen	geen
appel	1	geen	geen	geen
appel	3	geen	geen	geen
appel	5	geen	geen	geen
peer	0	geen	geen	geen
peer	1	geen	schade	ernstige schade
peer	3	geen	ernstige schade	ernstige schade
peer	5	geen	ernstige schade	ernstige schade

Duidelijk is dat er bij de appelbomen bij ethyleenwaarden tot maximaal 5 ppm geen schade optrad, zelfs niet na 9 weken bewaring.

Voor perenbomen is de situatie totaal anders, hierbij treedt na 6 weken al forse schade op terwijl er na 3 weken nog geen enkel schadesymptoom te zien was. De symptomen kenmerken zich door loslatende bast die bruin verkleurt en op grote schaal callusvorming en overmatig opzwellende knoppen (foto 3). Daarnaast werd bij één van de herkomsten ook schade op de onderstam geconstateerd. Opvallend was dat er ook witte puntjes op de wortels zichtbaar waren (foto 4 nieuwe wortels?), kennelijk gestimuleerd door de ethyleenbehandeling.

Het bepalen van de schade met een objectieve maatstaf is niet gemakkelijk uitvoerbaar. Na 6 weken bewaring direct na het uithalen van de bomen was het nog enigszins mogelijk de aangetaste plekken op de bomen enigermate te tellen om zodoende nog onderscheid in de behandelingen te constateren. Echter na 1 week extra bewaring in 10°C was dit moeilijker omdat de aangetaste plekkjes uitgroeiden tot grote aaneengesloten plekken waardoor een objectieve telling niet meer mogelijk was. Dit zelfde patroon is gevonden na 9 weken, zowel direct na bewaring als na 1 week extra bewaring in 10°C. Per herkomst was het aantastingsniveau overigens behoorlijk verschillend.

Om deze reden was het moeilijk om een statistische toets uit te voeren. Dit is wel gebeurd met de perenbomen die 6 weken zijn bewaard en beoordeeld direct na de bewaring omdat bij deze bomen nog wel een redelijk goeie telling van de schade mogelijk was.

De vervolgbeoordelingen zijn beschrijvend aangegeven in de tabellen 5 tot en met 7. Tevens is een beoordelingscijfer gegeven voor de schade aan de bomen.

De beoordelingen geven een overeenkomstig beeld: na 6 weken wordt er schade geconstateerd bij de perenbomen van alle ethyleenbehandelingen (1, 3 en 5 ppm). Hierbij was er wel een statistisch betrouwbaar verschil tussen 1 ppm en respectievelijk 3 en 5 ppm. Bij 1 ppm was de aantasting duidelijk minder. Na 9 weken bewaring wordt de schade in het algemeen ernstiger, maar blijft er onderscheid tussen de behandelingen. De beoordeling van de bomen na 1 week 10°C voegt niet echt veel nieuwe informatie toe, de aantasting neemt nog iets verder toe in het algemeen maar het symptoom verandert ook. De bast laat nog meer los, het callusweefsel verkleurt bruin (foto 2).



Foto 2. Typische ethyleenschade bij perenbomen met aangetaste knoppen en extreme callusvorming



Foto 3. Ethyleenschade bij perenbomen met aangetaste knoppen bij blootstelling aan 5 ppm ethyleen en na 1 extra week bij 10°C.



Foto 4. Mogelijke extra wortelvorming na ethyleen behandeling.

Tabel 4 Schadeplekken per boom op perenbomen in diverse ethyleenbehandelingen van 2 verschillende herkomsten na 6 weken bewaring 1.5-2^oC en 1 week 10^oC

Ethyleendosis in ppm	Schadeplekken per boom en herkomst			
	A	toets ¹ (p=0.05)	B	toets ¹ (p=0.05)
0	0	a	0	a
1	1.3	b	5.5	b
3	5.7	c	12.5	b, c
5	4.1	c	11.0	c

¹ alleen voor vergelijking in dezelfde kolom

Tabel 5 Ethyleenschade aan perenbomen in diverse ethyleenbehandelingen van 2 verschillende herkomsten na 6 weken bewaring in 1.5-2^o C plus 1 week in 10^o C.

Herkomst	ethyleen	schade	opmerkingen
B	0 ppm	1	Uitlopen van enkele eindknoppen, geen schade,
A	0 ppm	1	alleen uitlopen van enkele bladknoppen, geen schade!
B	1 ppm	3	Lichte schade aan eindknoppen < 10 plekken, ook witte puntjes op onderstam
A	1 ppm	1	Uitlopen van enkele knoppen, 2-5%, niet meer.
B	3 ppm	9	Knoppen zwaar beschadigd
A	3 ppm	3	Uitlopen van enkele knoppen, 2-5%, niet meer.
B	5 ppm	9	Zeer zware schade aan eindknoppen, plekken niet te tellen, lopen door.
A	5 ppm	5	Uitlopen van enkele eindknoppen, lichte beschadiging, <5 plekken

Tabel 6 Ethyleenschade aan perenbomen in diverse ethyleenbehandelingen van 2 verschillende herkomsten na 9 weken bewaring in 1.5-2^o C

Herkomst	ethyleen	schade	opmerkingen
B	0 ppm	1	Uitlopen van enkele eindknoppen, geen schade,
A	0 ppm	1	Ook uitlopen van enkele knoppen, geen schade!
B	1 ppm	5	Lichte ethyleenschade aan knoppen, ook witte puntjes op onderstam
A	1 ppm	5	Lichte ethyleenschade op de onderstam.
B	3 ppm	9	Matige tot ernstige schade op de takken en knoppen, lichte schade op de onderstam
A	3 ppm	7	Matige schade op takken en knoppen, lichte schade op onderstam.
B	5 ppm	9	Zeer zware schade aan takken/eindknoppen, matige schade op onderstam.
A	5 ppm	7	Matige schade op takken en knoppen, ernstige schade op onderstam

Tabel 7 Ethyleenschade aan perenbomen in diverse ethyleenbehandelingen van 2 verschillende herkomsten na 9 weken bewaring in 1.5-2^o C plus 1 week in 10^o C.

Herkomst	ethyleen	schade	opmerkingen
B	0 ppm	1	Uitlopen eindknoppen, geen schade,
A	0 ppm	1	Ook uitlopen van knoppen, geen schade!
B	1 ppm	3	Lichte ethyleenschade aan blad-eindknoppen
A	1 ppm	3	Nauwelijks schade op de onderstam en aan takken/knoppen
B	3 ppm	9	Matige tot ernstige schade op de takken en knoppen, doorlopende plekken
A	3 ppm	7	Lichte tot matige schade op takken en knoppen, lichte schade op onderstam
B	5 ppm	9	Zeer zware schade takken, doorlopende plekken, matige schade op onderstam
A	5 ppm	7	Lichte tot matige schade op takken en knoppen, schade op onderstam doorlopend

Betekenis cijfer ethyleenschade

- 1 = geen bijzonderheden
- 3 = uitlopen enkele knoppen
- 5 = zeer lichte ethyleen-schade zichtbaar
- 7 = meerdere plekken aangetast
- 9 = op veel plekken schade zichtbaar

Op grond van deze resultaten en persoonlijke contacten met medewerkers van PPO BBF kan ook ingegaan worden op de vraagstelling wat de transportomstandigheden voor boomkwekerijgewassen moeten zijn en met name in combinatie met vruchtbomen. Boomkwekerijgewassen die qua temperatuur passen bij vruchtbomen kunnen ook gezamenlijk vervoerd worden met vruchtbomen.

Op grond van de transporttemperatuur lijkt er een éénduidig antwoord, voor kortere transporttijden zoals 1 tot 2 dagen kan dit bij de heersende temperaturomstandigheden waarbij temperaturen beneden het vriespunt vermeden moeten worden. Is de transportduur langer dan 1-2 dagen en de temperatuur hoger dan bv 10^oC dan moet overwogen worden om dit in gekoeld transport te bij bv. 4^oC doen, waardoor ook tegelijkertijd de uitdroging van de wortelen beperkt wordt.

Ook bij korter transport is aan te bevelen niet bij temperaturen beneden het vriespunt te transporteren. In dit temperatuurschema passen de meeste boomkwekerij gewassen.

Er is geen duidelijke informatie voorhanden over de effecten van ethyleen bij de diverse gewassen, maar ook op grond van de ervaringen met vruchtbomen is het van belang om geen concentraties toe te laten > 0.5 ppm omdat vaak de transporttemperatuur niet voorspelbaar is en ethyleen effecten bij een hogere temperatuur versterkt kunnen worden.

3 Bespreking resultaten

3.1 Praktijkinventarisatie

De praktijk inventarisatie was er met name op gericht de bewaaromstandigheden en de bewaarmethoden voor de vruchtbomen in beeld te brengen. Verder om een inventarisatie uit te voeren van de bewaaromstandigheden, metingen van ethyleengehalten en mogelijke ethyleenbronnen.

Voor de grotere moderne koelcomplexen is er behoorlijke mate van eenduidigheid wat betreft de manier van koelen en ook de systemen van bewaring. De verschillende soorten bomen worden in één gecombineerde grote koelcel bewaard en bijna altijd liggend. Er wordt ook nog wel gebruik gemaakt van kleinere koelcellen, maar dit zijn bijna altijd cellen die eerder als fruitkoelcel in gebruik waren.

De bewaartemperatuur die wordt aangehouden is enigermate variabel deze varieert per bedrijf van 0 tot 2 °C. Er is ook een variabel patroon wat betreft de temperatuur die wordt over het etmaal. Meestal wordt in de nachtperiode gekoeld en overdag wordt de koeling uitgezet waardoor de temperatuur iets oploopt overdag. Overigens is wel bekend uit het vorige ethyleenonderzoek dat de temperatuur in de koelcel zo laag mogelijk gehouden moet worden om eventuele ethyleenschade te voorkomen. Bevochtiging in de koelcellen is altijd standaard met de persluchtsystemen.

De ethyleenconcentraties die zijn gemeten bij de inventarisatie zijn altijd momentopnamen. Maar er zijn geen concentraties gemeten op de verschillende bedrijven die schadelijk lijken te zijn, bijna altijd hele lage concentraties. In één geval was dit wat hoger in de buurt van fruitcellen maar nog steeds niet op het schadelijke niveau. In een ander geval een piek concentratie van 0.7 ppm in een sorteerruimte (oorzaak gasheftruck).

Als bronnen voor ethyleen is ook gekeken naar vorkheftrucks. Als dit een dieselmotor betrof was er weinig ethyleenproductie, echter bij gasheftrucks is de productie heel fors.

Dit is ook direct bepalend voor metingen in de logistieke/sorteerruimten voor de bomen. Als er gewerkt wordt met een gasheftruck is dit direct merkbaar aan de ethyleenconcentratie.

Dit was heel duidelijk merkbaar bij de continue monitoring van ethyleen in de logistieke en bewaarruimte voor bomen bij dit bedrijf. Bij de start van een gasheftruck in dit bedrijf was er elke morgen een hoge ethyleenconcentratie die langzamerhand weer afnam gedurende de dag.

Soms waren deze concentraties duidelijk boven de waarschijnlijke schadegrens voor ethyleen, met inachtneming van heersende temperatuur en blootstellingsduur.

Voorzichtigheid met transportmiddelen is dus een hele belangrijke maatregel zijn om ethyleenschade te voorkomen.

3.2 Bespreking ethyleeneffecten.

Het resultaat van dit onderzoek geeft een duidelijke aanvulling op de kennis die in het eerdere onderzoek is opgedaan. (*Toepassing 1-MCP tegen ethyleenschade in de vruchtboomkwekerij keten 2007-2008, A. van Schaik, M. op 't Hof, R. Anbergen en M. Ravesloot*). Overigens, voor zover vergelijkbaar, worden de resultaten van het vorige onderzoek ook duidelijk bevestigd.

Belangrijke bevestiging is dat perenbomen (Conference) veel gevoeliger zijn dan appelbomen (Elstar). Dit is in het vorige onderzoek ook al duidelijk vastgesteld. In dit huidige onderzoek was er zelfs na 9 weken bij een concentratie van 5 ppm nog geen schade te zien bij de appelbomen. Een opvallende observatie was dat in de containers met appelbomen waar geen ethyleen was toegevoegd wel enige ethyleenvorming is gemeten. Omdat er geen andere ethyleenbron in de containers is moet dit als eigen endogene productie van de bomen beschouwd worden, bij de perenbomen is dit overigens niet gemeten. Kennelijk hebben appelbomen een geringe eigen ethyleenproductie. maar is dusdanig laag dat dit in praktijkkoelcellen nooit problemen kan opleveren vanwege lage ethyleenproductie en aanwezigheid van ventilatie.

Dat de schadedrempel bij appelbomen duidelijk veel hoger ligt dan bij perenbomen kan niet als een algemeenheid worden beschouwd. In dit onderzoek is voor de appel het ras Elstar gekozen en voor de peren Conference. Dus ras gevoeligheid kan ook nog een factor van belang zijn. Uit ander onderzoek (lit 1) blijkt dat appelhout wel gevoelig kan zijn, anderzijds wordt vanuit ander bron ook aangegeven dat perenbomen gevoeliger zijn. Om raseffecten (appel/peer) helder te krijgen is aanvullend onderzoek nodig. De schade die bij perenbomen optreedt zijn zonder uitzondering dezelfde symptomen als in het eerdere onderzoek zijn vastgesteld: bruine verkleuring van de bast, ernstige callusvorming, gezwollen knoppen, zie foto's. Wel was opvallend dat bij de herkomst met de minste schade aan de takken en knoppen er wel schade optrad aan onderstam.

Uit de schade inventarisatie lijkt de concentratie van ethyleen minder belangrijk dan de tijdsduur, immers na 3 weken was er nog geen enkele schade zichtbaar maar was dit na 6 weken bij alle ethyleenconcentraties duidelijk zichtbaar, overigens was de schade bij 1 ppm. minder dan bij 5 ppm. (Tabel 4) De tijdsduur voordat er schade optreedt is toch relatief lang. In het onderzoek wat in 2008 is uitgevoerd werd schade ook pas na 1 maand zichtbaar. Na 1 week was er toen nog geen indicatie van schade. Echter de omstandigheden waarbij de schade zichtbaar wordt zijn heel bepalend. Bij een hogere temperatuur lijkt de schade sneller zichtbaar te worden (lit. 4) In de meest ongunstige omstandigheden kan dus al na 2-3 weken schade optreden. Vertaald naar praktijkomstandigheden lijkt enkele dagen bij een hogere ethyleenconcentratie ook nog geen problemen met ethyleenschade hoeft op te leveren.

Bij de huidige bewaar temperatuur van 1- 2 °C ligt de schadegrens bij perenbomen voor ethyleen dus ergens tussen 0 en 1 ppm ethyleen. Wel is belangrijk te constateren dat de tijdsduur voordat er werkelijke schade optreedt langer is dan tot dusverre werd aangenomen, in dit geval dus tussen 3 en 6 weken.

De gevoeligheid van de perenbomen kan overigens sterk variëren, de invloed van de herkomst bv. is groot. Weliswaar was er duidelijke ethyleenschade bij beide herkomsten van de bomen, maar het verschil in aantasting was vrij fors.

Verder moet in acht genomen worden dat deze bomen nog heel duidelijk in rust waren waardoor de gevoeligheid voor ethyleen normaal gesproken ook minder is. In het eerdere onderzoek is al geconstateerd dat de gevoeligheid van de bomen groter is als deze nog niet in rust zijn ofwel dat ze uit de rustperiode komen.

Aangetoond in dit onderzoek is een schadegrens voor ethyleengevoeligheid bij perenbomen, maar vooral de tijdsduur voordat er schade optreedt. Bij appelbomen is er geen schade geconstateerd, dus kon er ook geen schadegrens worden vastgesteld. Maar het lijkt erop dat de deze schadegrens voor ethyleen dermate hoog ligt dat dit in praktisch bewaaromstandigheden, bijna nooit geen problemen hoeft op te leveren.

Om ethyleenschade bij perenbomen te vermijden is bewaring bij een lage temperatuur 1-2°C aan te bevelen en tevens de ethyleenconcentratie < 1 ppm aan te houden.

Bij de schade van ethyleen moet rekening worden gehouden met een nultolerantie, dat wil zeggen door de telers worden geen bomen geaccepteerd die ethyleenschade hebben.

Bij transport van boomkwekerij gewassen is meestal sprake van geventileerde ruimten of vrachtwagens zodat er nauwelijks ethyleen vorming kan zijn. Samenlading met bv fruit komt ook vrij zelden voor.

De kans op daadwerkelijke schadelijke ethyleen concentraties lijkt hierdoor klein te zijn. Daarbij komt nog dat het meestal kortdurende piekconcentraties zijn.

Wel moet steeds in acht genomen worden dat bepaalde soorten misschien extragevoelig zijn voor ethyleen maar dat is niet bekend. De huidige aannames zijn gebaseerd op de ervaringen met perenbomen die behoorlijk gevoelig lijken te zijn voor ethyleen.

4 Conclusies

- Tijdens een praktijkinventarisatie bij de vruchtboomkwekerijbedrijven in februari/maart 2010 werden over het algemeen lage ethyleen concentraties gemeten, waarvan verwacht wordt dat deze niet direct schadelijk zijn tijdens de bewaring van vruchtbomen in winterrust.
- Bij de continue monitoring van ethyleen bij een van de deelnemende ondernemersvormde de gasheftruck de bron van de hoge ethyleenconcentraties die zijn gemeten in de cellen en tijdelijke opslagruimten. Het is dus aan te bevelen nooit transportmiddelen met verbrandings motoren in of in de nabijheid van cellen en distributieruimten voor bomen toe te laten.
- In het experimentele onderzoek kon bij appelbomen geen gevoeligheid voor ethyleen aangetoond worden bij een concentratie van maximaal 5 ppm. bij 9 weken bewaring in +1.5 - +2°C. Ook na opplanten werd geen vervolgschade geconstateerd.
- Na 3 weken bewaring en blootstelling aan ethyleen werd bij perenbomen nog steeds geen ethyleenschade waargenomen bij een temperatuur van +1.5 - +2°C. Na 6 weken bewaring bij dezelfde temperatuur werd duidelijke ethyleenschade geconstateerd. Bij 3 en 5 ppm was dit duidelijk erger dan bij 1 ppm.
- De herkomst met de minste schade aan takken had meer schade aan de onderstam.
- Na 9 weken bewaring was er forse ethyleenschade aan de perenbomen maar er kon visueel geen verschil meer aangetoond worden tussen 1, 3 en 5 ppm ethyleen.
- Bij de onbehandelde bomen werd geen ethyleenschade aangetroffen, wel werd geconstateerd dat appelbomen in geringe mate ethyleen produceren dit in tegenstelling met perenbomen.
- Om ethyleenschade bij boomkwekerijgewassen te vermijden is bewaring bij lagere temperatuur dan de +1- +2°C aan te bevelen en tevens de ethyleenconcentratie onder de 0.2 ppm aan te houden.

Aanbevelingen:

1. Het is aan te bevelen nooit transportmiddelen met verbrandings motoren in of in de nabijheid van cellen/distributieruimten voor bomen toe te laten.
2. Als bron van ethyleen zijn vooral verbrandingsmotoren met bougie funest, vooral gas- en benzineheftrucks produceren ethyleen. Aanbevolen wordt te werken met elektrische of dieselheftrucks.
3. De ruimtetemperatuurinstelling voor de bewaring van vruchtbomen dient in een discussie met de sector te worden herzien. Onderzoek uit de jaren 90 gaf een verbeterde bewaring aan bij een instelling van -2 graden en verminderde schimmelaantasting op de wortelgestellen. Met de huidige bevochtigingstechnieken kan ingevroren bewaring plaatsvinden zonder vochtverlies.
4. Het is aan te bevelen perenbomen gescheiden te bewaren van appelbomen, indien dit bedrijfsmatig te realiseren is.
5. Aansluitend op laatste punt is inventarisatie van ethyleenproductie van verschillen fruitrassen en eventueel fruitsoorten aan te bevelen

5 Referenties

Janick, J. 1975. Ethylene Effects on Apple Scions, Purdue University, Lafayette, Indiana. Hortscience 10(1):70-72

Curtis Jr, O.F. and D.R. Rodney, 1952. Ethylene Injury to Nursery Trees in Cold Storage Agricultural Experiment Station, Geneva, New York. Proc. Am. Soc. Hort. Science 60: 104-108.

Maas, F.M.; Schaik, A.C.R. van; Hof, M.C.J. op t; Anbergen, R.H.N.; Ravesloot, M.B.M. (2010) 1-MCP can prevent ethylene-induced damage to fruit trees during cold storage Acta Horticulturae 884 . - p. 559 - 563.

Ravesloot, M.B.M. en J.J. Simonse, 2006. 1-MCP tegen ethyleenschade in vruchtbomen. Rapport 2006-02 PPO-Fruit, januari 2006.

Schaik van A, M. op 't Hof, R. Anbergen en M. Ravesloot (2008) Toepassing 1-MCP tegen ethyleenschade in de vruchtboomkwekerij keten 2007-2008,