

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, Postbus 17
6700 AA Wageningen
Tel.: 08370-19013

RAPPORT NO. 534 (DIENSTGEHEIM)

H.A.M. Boerrigter

METEN VAN ETHYLEENCONCENTRATIES
IN DE BLOEMENAFDELING VAN HET
AGRO-CENTER BLEISWIJK

Uitgebracht aan Coöp. Bloemenveiling "Berkeel en Omstreken" B.A.
Order no.503
29 april 1988

1. Inleiding

Kwaliteitsklachten van enkele boxhouders van het Agro-center te Bleiswijk waren in de richting van wellicht te hoog opgelopen ethyleenconcentraties. Het bemiddelingsbureau omschreef de klachten als geel worden van blaadjes bij potrozen en extreme knopval bij fuchsia's. Ook werden bij het bedrijf Van Zuylen regelmatig "slapende" (tros)aners aangetroffen en bij het bedrijf Vreeken werd versnelde kwaliteitsachteruitgang bespeurd wanneer de snijbloemen buiten de box uitgesteld waren. De problemen dienden zich aan vanaf het moment dat een fruitimporteur zich vestigde in het nog lege gedeelte van het Agro-center.

Mensen uit de bloemenafdeling zeggen regelmatig een sterke fruitgeur waar te nemen.

Deze groep stelt met name daarom dat de ethyleen afkomstig van het fruit de genoemde problemen veroorzaakt.

Een beoordeling van de situatie is door het Sprenger Instituut uitgevoerd op 13, 14, 21 en 22 april jl. aan de hand van ethyleenconcentratieingen.

2. Meetmethoden

In verband met de haast van veiling Berkel is, na overleg besloten op 13 en 14 april een 16-tal luchtmonsters te verzamelen met behulp van een bestaand en speciaal voor dit doel ontwikkeld luchtmonsterverzamelapparaat. Het apparaat is (behalve bij de eerste 4 luchtmonsters) opgesteld buiten de box van Van Zuylen in de verkeersstraat.

De meetresultaten gaven aanleiding voor een vervolgonderzoek op 21 en 22 april waarbij gebruik gemaakt werd van een mobiele meetopstelling. Deze meetopstelling bevat o.a. een gaschromatograaf (Carle 211) voorzien van een vlamionisatiedetector en een scheidingskolom gevuld met alumina (Al_2O_3) 80-100 mesh. Met deze apparatuur wordt een detectielimiet bereikt van 0,005 ppm (5 ppb). Vanaf 16.00 uur is het eerder genoemde luchtmonsterverzamelapparaat wederom gebruikt, echter nu geplaatst in de box van Van Zuylen. Op 22-4 zijn om 11.00 h in glazen monsterflessen 9 luchtmonsters genomen op diverse plaatsen om 21 en 22-4 t.o.v. elkaar te kunnen vergelijken.

In de box van Vreeken is een Nieaf-Smitt ethyleenmonitor geplaatst op 21-4 om 15.00 h 's middags. Deze meter is (nog) niet volledig selectief voor ethyleen. Verder zijn op 21-4 in de veiling een aantal luchtmonsters geanalyseerd op ethyleengehalte.

3. Resultaten

Op 13-4 heeft het luchtmonsterverzamelapparaat (sampler) door onvoldoende accuspanning slechts 12 betrouwbare luchtmonsters verzameld. Nr. 13 t/m 16 zijn daarom in tabel 1 niet weergegeven.

Tabel 1. Ethyleenconcentraties (ppm-vol.) in het Agro-center te Bleiswijk op 13-4-1988

datum	nr. monster	omschrijving	tijd	C ₂ H ₄ -conc. (ppm-vol)
13-4	1	verbindingsdeur fruit- en bloemenhal	8.41 h	0,76
	2	bemiddelingsburo in de hal	8.52 h	0,59
	3	Berkel plant (in- en uitgang)	9.03 h	0,061
	4	Vreeken box voor de ingang	9.14 h	0,035
	5	van Zuylen box naast de ingang buiten	10.45 h	0,15
	6	idem	12.15 h	0,21
	7	idem	13.45 h	0,26
	8	idem	15.15 h	0,24
	9	idem	16.45 h	0,26
	10	idem	18.15 h	0,13
	11	idem	19.45 h	0,14
	12	idem	21.15 h	0,14

Op 21-4 is ca. 50 keer de C₂H₄-concentratie gemeten op diverse plaatsen in het Agro-center (zie tabel 3). De gedetailleerde omschrijving van de plaats waar de luchtmonsters genomen zijn staat in tabel 2.

Tabel 2. Omschrijving van meetpunten d.d. 21-4-1988

monsternr.	omschrijving
1	bij de scheidingswand bloemen/fruit bij Keja 1 ^e verdieping
2	in de box van Van Zuylen achterin ca. 3 m van de wand
3	in de verkeersstraat voor de ingang van Vreeken
4	bij de verbindingsdeur tussen fruit en bloemenafdeling
5	in het midden van de hal van het bemiddelingsbureau
6	bij het loket van de cash en carry Berkel plant
7	bij de meetbus, opgesteld tussen corridor en ingang agro-center

Tabel 3. Ethyleenconcentraties (ppm-vol) op diverse plaatsen in Agro-center d.d. 21-4-1988

tijd (h)	7.15	8.15	9.40	10.10	11.40	13.15	15.10	16.00
nr. meetpunt								
1 (Keja)	-	0,28	0,20	0,23	0,17	0,18	0,28	0,30
2 (v. Zuylen)	0,07	0,07	0,03	0,05	0,03	0,02	0,04	0,14
3 (Vreeken)	0,12	-	0,02	0,10	0,05	0,02	0,10	-
4 (fruitdeur)	0,14	1,18	0,12	0,24	1,02	0,16	1,20	-
5 (Bem.bu)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-
6 (Berkelpl.)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	-	-
7 (meetbus)	0,06	0,02	<0,005	0,04	0,006	<0,005	0,01	-

Gedurende de meetdag (21-4) is door timmerlieden gewerkt aan het dichtten van de luchtkier bij Keja op de 1^e verdieping. Een luchtmonster genomen tegen de wand op een reeds voltooid gedeelte leverde een concentratie op van 0,40 ppm. De gevolgde werkwijze is m.i. niet effectief. Uit het contact met deze mensen, bleek dat de gasbetonwand (scheidingsmuur tussen bloemen- en fruitgedeelte tevens brandmuur) verder geen kieren heeft met de bloemenafdeling althans aan de bovenkant. Bij een wat nadere inspectie bleek dat op diverse plaatsen toch kieren voorkomen tussen de gasbetonblokken die met een veer- en groefverbinding in elkaar geschoven zijn. Kennelijk is er geen verbindingsmortel of -lijm toegepast.

In de door deze kieren stromende lucht zijn op 21-4 om 16.00 h de in tabel 4 vermelde ethyleenconcentraties aangetroffen. Tevens zijn de concentraties van 22-4 op dezelfde plaats genomen vermeld.

Tabel 4. Ethyleenconcentraties (ppm-vol.) in lucht stromend door luchtspleten in de scheidingswand

omschrijving	21-4		22-4
	16.00 h	16.30 h	11.00 h
luchtspleet in box van Van Zuylen	1,77	1,73	0,32
luchtspleet in box van Hoogervorst	0,64	-	0,20
luchtspleet in box droogbloemenhandel	0,82	-	0,27
luchtspleet naast fruitdeur parkeerplaats	1,31	-	0,26
luchtspleet van de fruitdeur	-	-	0,46

In tabel 5 staan de ethyleenconcentraties vermeld van de luchtmonsters verzameld met de air-sampler in de box van Van Zuylen van 21/4 16.00 h t/m 22/4 11.30 h.

Tabel 5. Ethyleenconcentraties (ppm-vol) in box Van Zuylen

monster nr.	tijd (h)	C ₂ H ₄ -conc. (ppm)	nr.	tijd (h)	C ₂ H ₄ -conc. (ppm)
1	21-4 13.00	0,08	9	22-4 1.00	0,18
2	14.30	0,07	10	2.30	0,20
3	16.00	0,09	11	4.00	0,20
4	17.30	0,22	12	5.30	0,17
5	19.00	0,16	13	7.00	0,19
6	20.30	0,13	14	8.30	0,10
7	22.00	0,17	15	10.00	0,28
8	23.30	0,16	16	11.30	0,28

De ethyleenconcentraties in de glazen monsterflessen zijn weergegeven in tabel 6.

Tabel 6. Ethyleenconcentraties (ppm-vol.) in Agrocenter d.d. 22-4 op 11.30 h

omschrijving	C ₂ H ₄ -conc. (ppm)
1. Keja 1 ^e verdieping	0,08
2. Vreeken in de box	0,56
3. Van Zuylen in de box (zie tabel 4)	0,25
4. Bemiddelingsbureau in de hal	0,12
5. Fruitdeur (staat open!)	0,46
6. Nieaf-Smitt etheenmonitor bij Vreeken	0,55

Verder zijn op 21-4 vanaf 7.00 h 's ochtends in de veiling zelf nog ethyleenconcentraties gemeten.

Totaal werden 42 luchtmonsters geanalyseerd.

De resultaten staan in tabel 8. In tabel 7 is een omschrijving opgenomen van de meetpunten.

Tabel 7. Omschrijving van de meetpunten in het veilinggebouw

nr.	omschrijving
1	Potplantenhal
2	Koelcel voor snijbloemen
3	Opstelruimte bij de klok
4	Kopersstraat 1 midden in de hal
5	Uitbloeiruimte
6	Kopersstraat 4 midden in de hal

Tabel 8. Ethyleenconcentraties in het veilinggebouw d.d. 21-4-1988 in ppm-vol.

meetpunt/tijd	7.00 h	8.30 h	9.45 h	10.45 h	12.10 h	13.15 h	14.50 h
1. potplanten	0,008	0,025	0,048	0,051	0,046	0,042	0,041
2. koelcel	0,009	0,026	0,035	0,046	0,042	0,029	0,019
3. klok	0,015	0,035	0,079	0,086	0,054	0,052	0,027
4. straat 1	0,016	0,052	0,044	0,076	0,046	0,060	0,040
5. uitbloei	0,009	0,007	0,030	0,045	0,064	0,058	0,042
6. straat 4	0,009	0,013	0,015	0,047	0,051	0,046	0,031

Bespreking van de meetresultaten

Het aangeven van een ethyleendrempelwaardeconcentratie voor snijbloemen is een arbitraire zaak. Onze grenswaarde is 0,1 ppm. Uit onderzoek (Woltering, 1987) is gebleken dat bij lange blootstellingsduur van anjers (48 uur) al weliswaar gering kwaliteitsverlies kan optreden bij 0,03 ppm. Ook de produkttemperatuur speelt een belangrijke rol: bij hogere temperatuur zijn bloemen gevoeliger voor ethyleen (bijlage 1; figuur 4).

Veel ethyleengevoelige bloemen worden voorbehandeld met zilverthiosulfaat waardoor de ethyleengevoeligheid verminderd. De temperatuur van bloemen overschrijdt zelden de 20°C door ons gematigde klimaat en de beschikking over koelfaciliteiten. Daarom is het hanteren van 0,1 ppm een zeer veilige grenswaarde. De omloopsnelheid van bloemen en planten op veilingen is hoog. Het kan voorkomen echter dat ethyleengevoelige produkten als cymbidium aanwezig zijn. Deze worden niet voorbehandeld en zijn juist bijzonder ethyleengevoelig. Voor potplanten gelden geen drempelwaardeconcentraties. Alle aanwezige ethyleen werkt in op planten en kan blad-, knop- en bloemval veroorzaken.

Deze argumentatie is de onderbouwing van de door ons gehanteerde grenswaarde van 0,1 ppm.

De metingen in het Agro-center geven aan dat de drempelwaarde overschreden wordt.

De aanwezige ethyleen is afkomstig van de fruithandel en stroomt via spleten en kieren in de scheidingswand en de soms (?) geopende verbindingsdeur van de fruitopslag naar de bloemenafdeling. Bij gunstige omstandigheden d.w.z. weinig activiteit van de fruitimporteur, gunstige wind waardoor het ventilatiesysteem effectief is en geringe verkeersdrukke en een gesloten verbindingsdeur is de verdunning van de leklucht voldoende om althans overdag beneden de norm te blijven (zie tabel 3). Bij Keja staan geen bloemen op de verdieping. Vanaf 15.00 h wordt de norm bij zowel Van Zuylen als Vreeken overschreden en blijft in elk geval tot 12.00 h d.d. 22-4 relatief hoog (zie tabel 5). Dit geeft ook duidelijk aan dat de bijdrage van het verkeer m.b.t. de aangetroffen concentraties zeer gering is. Uit tabel 1 volgt dat op 13-4 de norm ook overschreden wordt.

Tabel 6 geeft een aantal concentraties die relatief zeer hoog genoemd kunnen worden. Uit eigen observatie is mij gebleken, dat de verbindingsdeur open stond en er erg veel fruitoverslagactiviteiten (veel cellen met open deuren en veel pallets met appels buiten de cellen) plaatsvonden. Opmerkelijk was, dat bij de fruitimporteur de ventilatiekleppen gesloten waren.

Reden waarom verondersteld kan worden dat de ethyleenconcentraties in de bloemenafdeling bepaald worden door de activiteiten bij de fruitimporteur.

Door de late onderkenning van de lekke scheidingswand zijn daar maar een beperkt aantal analyses uitgevoerd. Uit tabel 4 is echter zeer duidelijk te constateren dat er een ethyleenrijke luchtstroom (1,7 ppm) rechtstreeks in de box van Van Zuylen stroomt.

De resultaten van tabel 5 bevestigen dit beeld.

Op 22-4 wordt ook in de potplantenhal (b.b.) de grenswaarde overschreden, zij het in geringe mate.

Uit een gesprek met het bemiddelingsbureau is gebleken dat:

- a. de kwaliteitsproblemen niet echt "hard" gemaakt kunnen worden.
- b. men vooral afkerig is van de fruitgeur, die met name 's ochtends sterk waar te nemen is (m.i. omdat de stank van uitlaatgassen pas later deze geur overtreft).
- c. het ventilatiesysteem altijd gesloten is met het oog op temperatuurhandhaving nl. 15°C.

Uit tabel 8 blijkt, dat in de veiling zelf de drempelwaarde niet overschreden wordt.

Resumerend kan gesteld worden dat de ethyleendrempelwaarde van 0,1 ppm in de bloemenafdeling regelmatig zelfs ernstig overschreden wordt. Bij een cumulatie van ongunstige omstandigheden (regen, veel fruitoverslag, veel handelsverkeer, koud buiten) kunnen gemakkelijk ethyleenschadeproblemen optreden.

Enkele mogelijke oplossingen voor de situatie zouden zijn:

Het gasdicht maken van de scheidingswand; lijkt moeilijk uitvoerbaar. Gasbeton is mogelijk poreus.

De verbindingsdeur zou hermetisch afgesloten moeten worden. De boxruimtes zouden geventileerd moeten kunnen worden evenals de potplantenopslagruimten van Berkel plant en het bemiddelingsbureau.

Een andere mogelijkheid is dat 2 relatief "kleine" boxhouders met snijbloemen (Vreeken en Van Zuylen) elders gehuisvest worden en het potplantengedeelte afgeschermd wordt van de ethyleenbron (de fruitimporteur). Er is nl. een gradiënt in de concentraties te bespeuren waaruit blijkt dat in de potplantenkant van het gebouw de ethyleenconcentraties lager zijn.

Bij een dergelijke organisatorische oplossing dient voor alle zekerheid wel geventileerd te worden in het potplantengedeelte. Alleen bij langdurig regenweer kunnen dan eventueel toch nog weer problemen optreden.

Een reeds nu te treffen maatregel zou zijn dat de fruithallen continu geventileerd worden bijv. door overleg met de fruitimporteur.

Wat betreft de snijbloemen kan nog geadviseerd worden, dat uitsluitend voorbehandeld produkt verhandeld zou moeten worden. Bij eventuele schadegevallen in de toekomst is een zilvertoets achteraf een belangrijk hulpmiddel bij de beoordeling van het schadegeval.

Conclusies en samenvatting

- In het Agro-center te Bleiswijk zijn ethyleenconcentraties gemeten die ver uitstijgen boven de grenswaarde van 0,1 ppm.
- De ethyleenbron is de fruitimportafdeling.
- De toetreding van ethyleen naar de bloemenafdeling is mogelijk door kieren bij de deur en tussen de gasbetonblokken. In hoeverre gasbeton zelf poreus is voor ethyleen zou gemeten moeten worden.
- De optredende concentraties zijn niet constant en hangen af van de activiteiten van de fruitimporteur.

- Een zuivere vorm van ethyleenschade is niet beschreven door de boxhouders. Wel de specifieke fruitgeur.
- In het veilinggebouw is de drempelwaarde niet overschreden.
- Ventileren van de fruitafdeling, de snijbloemen boxen en de potplantenafdeling is aan te bevelen.
- Permanente bewaking met een ethyleenmonitor is aan te bevelen.
- Voorbehandeling van snijbloemen is belangrijk in deze situatie.
- Er zou een gegarandeerde gasdichte afscheiding tussen fruit- en sierteeltafdeling gecreëerd moeten worden.

Literatuur

Woltering, E.J. and H. Harkema, Effect of exposure time and temperature on response of carnation cut flower to ethylene. Acta Horticulturae 216, 1987.

(Bijlage 1)

Wageningen, 28 april 1988
HAMB/MJ

EFFECT OF EXPOSURE TIME AND TEMPERATURE ON RESPONSE OF CARNATION CUT FLOWERS TO ETHYLENE

E.J. Woltering and H. Harkema
Ministry of Agriculture
Sprenger Institute
P.O. Box 17
6700 AA Wageningen
The Netherlands

Abstract

The response of carnation cut flowers (cv. Scania) to various concentrations of exogenous ethylene was determined. The flowers were treated for varying periods of time and also at different temperatures. The ethylene threshold concentration depended on exposure time; the threshold exposure time depended on temperature. The nature of the response versus concentration curves was not affected by exposure time. Similarly, the nature of the response versus exposure time curves was not affected by temperature. Results were also presented in a mathematical model, and the validity of the model is discussed.

1. Introduction

The effects of exogenous ethylene on various species of cut flowers are well documented (Nichols, 1980, 1984; Woltering and Harkema, 1981; Woltering, 1984). It has been shown that pre- and postharvest conditions such as growing conditions, developmental stage, temperature and carbon dioxide level may all influence the response of flowers to ethylene (Uota, 1969; Camprubi and Nichols, 1978; Mayak and Kofranek, 1976; Barden and Hanan, 1972).

Quantitative data on the effects of these factors on the response of flowers are scarce and do not allow extrapolation of data from one condition to another.

We studied the effect of concentration, exposure time and temperature on the response of carnation flowers and aimed to establish the interrelations between these factors.

2. Materials and Methods

2.1 Plant material

Carnation cut flowers cv. Scania were obtained from a commercial grower, in the developmental stage at which they are normally supplied to the auctions (see also Woltering and Sterling, 1986), transported dry to the laboratory, cut to 45 cm, divided in groups of 18 uniform flowers and placed overnight in water at 12°C.

2.2 Ethylene treatments

The flowers were removed from the cold store and each group was placed dry and horizontally in a plant-chamber. The chambers were designed in such a way that during the ethylene treatment the carbon dioxide concentration was kept low and the oxygen concentration maintained at ambient level (Woltering and Sterling, 1986).

In order to obtain temperature acclimatization, the chambers were then left open for several hours. In experiments I and II, the flowers were exposed to various concentrations of ethylene (up to 2 $\mu\text{l/l}$) for 12, 24 and 48 h at 18°C. In experiment III the flowers were exposed to a saturating concentration of ethylene (850 $\mu\text{l/l}$) for various periods of time at 6, 12, 18 and 24°C.

2.3 Vase life measurement

After the ethylene treatment, the flowers were re-cut and placed in water under controlled environmental conditions of 12 h white light (15 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and 12 h darkness; 60% relative humidity and 20°C.

Inrolling of the petals was independently determined by two persons, every 12 hours. When there was consensus concerning the appearance of irreversible wilting, the vase life was considered to be terminated.

Vase life of treated flowers was compared to the vase life of control flowers, placed under identical conditions but with the ethylene removed by means of 'Ethysorb' (Stay Fresh Ltd., London). Response to ethylene (R) was expressed as percentage vase life reduction.

3. Results

Figure 1 presents a semi-logarithmic presentation of the data obtained from flowers treated 12, 24 and 48 h with ethylene concentrations up to 2 $\mu\text{l/l}$ at 18°C (two experiments). Each data point represents the average of 18 flowers.

The slope of the log-linear part of the curve was not affected by the duration of the ethylene treatment. Equation 1 gives the general formula of the log-linear part of the curves.

$$\text{Response (X)} = a_1 + 65.8 \log (C) \quad 1)$$

C = ethylene concentration ($\mu\text{l/l}$)

a_1 = time dependent parameter

Plotting a_1 (intersection with $\log(C) = 0$) against the logarithm of the exposure time yields a straight line (figure 2) with the formula

$$a_1 = -196 + 115.1 \log (t) \quad 2)$$

t = exposure time (h)

$r = 0.999$

Combination of equations 1 and 2 gives the response in relation to the ethylene concentration and the exposure time.

$$\text{Response } (\%) = -196 + 115.1 \log (t) + 65.8 \log (C) \quad 3)$$

C = ethylene concentration ($\mu\text{l/l}$)

t = exposure time (h)

$0 \leq \text{Response} \leq 100$

The formula has an acceptable fit on the log-linear part of the curve (explained part 70%) and thus allows interpolation of data within the experimental limits.

Figure 3 presents the calculated ethylene threshold concentration (TC; intersection with $R=0\%$) and the concentration giving 50% of the maximum effect (HC; intersection with $R=50\%$) at 18°C as a function of the exposure time.

Figure 4 gives a semi-logarithmic presentation of the data obtained from flowers treated for various periods (up to 48 h) with a saturating concentration of ethylene ($850 \mu\text{l/l}$) at 6, 12, 18 and 24°C . Each data point represents the average of 18 flowers.

The slope of the log-linear part of the curve was not affected by the temperature. Equation 4 gives the general formula of the log-linear part of the curve:

$$\text{Response } (\%) = a_2 + 115 \log (t) \quad 4)$$

t = exposure time (h)

a_2 = temperature dependent parameter

Plotting a_2 (intersection with $\log(t) = 0$) against the logarithm of the temperature gives a straight line (figure 5) with the formula:

$$a_2 = -635.5 + 163.3 \log (T) \quad 5)$$

T = temperature ($^\circ\text{C}$)

$r = 0.9985$

Combination of equations 4 and 5 gives the response of carnation flowers to 850 $\mu\text{l/l}$ ethylene in relation to exposure time and temperature.

$$\text{Response (Z)} = -635 + 163.3 \log (T) + 115 \log (t) \quad 6)$$

T = temperature ($^{\circ}\text{C}$)
t = exposure time (h)
 $0 < \text{Response} < 100$

The formula has a fairly good fit (explained part 90%) and thus allows interpolation within the experimental limits. Using equation 6, the threshold time (TT; intersection with R = 0%) and the time giving 50% of the maximum effect (HT; intersection with R = 50%) at a saturating ethylene concentration were calculated as a function of the temperature (fig.6).

4. Discussion

The presented data show a well-defined ethylene threshold concentration which depends on exposure time and a threshold exposure time which depends on temperature.

Treatment at 18°C with a very high ethylene concentration (850 $\mu\text{l/l}$) for a short time (4 h) does not give any response (figure 4), while treatment with a low ethylene concentration (0.05 $\mu\text{l/l}$) for a longer period of time (48 h) already shortened vase life considerably (figure 1).

The traditional point of view, that the response is simply related to the sum of the concentration and the duration (Barden and Hanan, 1972) thus appears to be untrue.

The log-linear parts of the curves giving the response versus concentration at the different exposure times, have the same slope (figure 1). This means that irrespective of time the response to ethylene was essentially the same.

Multiplying the threshold concentration by 2.1 and 4.6 gives in all cases the concentration at which respectively 50% and 100% effect appeared. Similarly, the nature of the response versus exposure time curves was not affected by the temperature (figure 4).

The mathematical model does not yet offer a complete description of the response of carnation flowers to ethylene in relation to exposure time and temperature because it is not known whether the relations found at 18°C (equation 3) and at 850 $\mu\text{l/l}$ ethylene (equation 6) would also be true if these conditions were changed. Therefore, further research in our laboratory will be focussed on these relations while also the validity of the model will be evaluated using other cultivars and species.

References

- Barden, L.E. and Hanan, J.J., 1972. Effect of ethylene on carnation keeping life. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 785-788
- Camprubi, P. and Nichols, R., 1978. Effects of ethylene on carnation flowers (*D i a n t h u s c a r y o p h y l l u s*) cut at different stages of development. *J. Hort. Sci.* 53: 17-22
- Mayak, S. and Kofranek, A.M., 1976. Altering the sensitivity of carnation flowers (*D i a n t h u s c a r y o p h y l l u s*) to ethylene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 503-506
- Nichols, R., 1980. Ethylene, present and future. *Acta Horticulturae* 113: 11-18
- Nichols, R., 1984. Ethylene and flower senescence. In: Y. Fuchs and E. Chalutz (Eds). *Ethylene: Biochemical, Physiological and Applied aspects.* Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague 1984
- Uota, M., 1969. Carbon dioxide suppression of ethylene induced sleepiness of carnation blooms. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94: 598-601
- Woltering, E.J. and Harkema, H., 1981. Ethyleenschade bij snijbloemen (Effects of ethylene on cut flowers). *Bedrijfsontwikkeling* 12: 193-196
- Woltering, E.J. and Harkema, H., 1984. Ethyleengevoeligheid van zomerbloemen (Sensitivity of cut (summer) flowers to ethylene). *Vakblad voor de Bloemisterij* 39(17): 34-37
- Woltering, E.J. and Sterling, E.P., 1986. Design for studies on ethylene sensitivity and ethylene production of ornamental products. *Acta Horticulturae* 181: 483-488

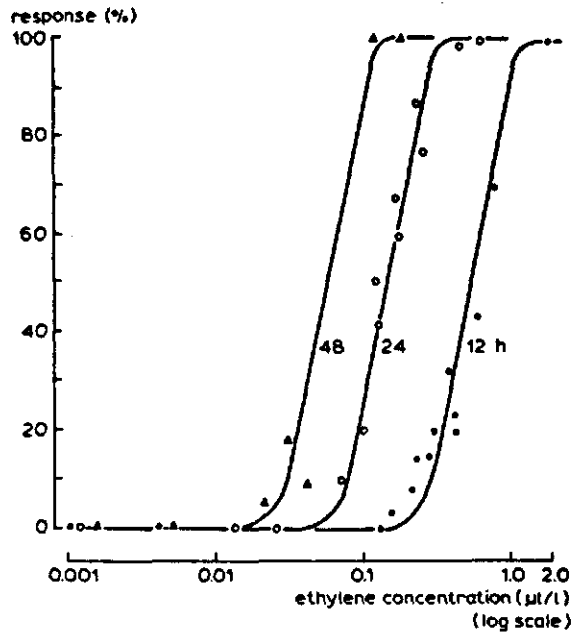


figure 1. Response of carnations to ethylene after treatment for 12, 24 and 48 h at 18°C in darkness (n=18)

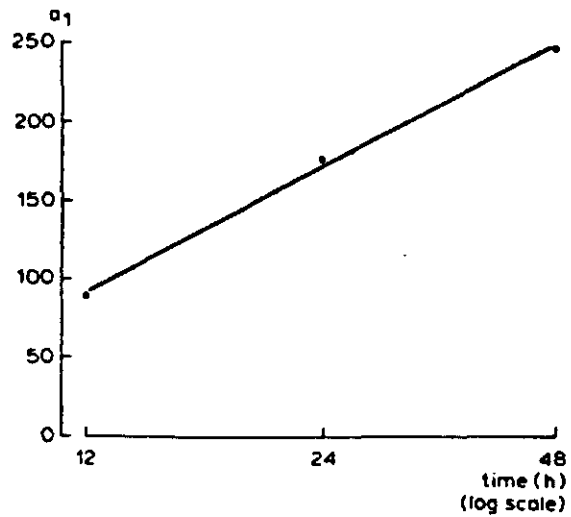


figure 2. Relationship of a_1 and $\log(\text{time})$

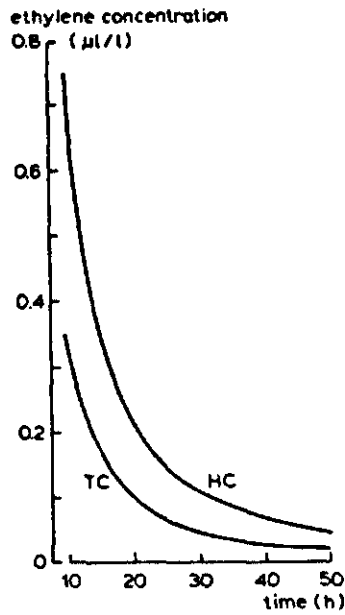


figure 3. Calculated ethylene thresnoid concentrations (TC) and the concentrations giving 50% of maximum effect (HC) as a function of the exposure time at 18°C

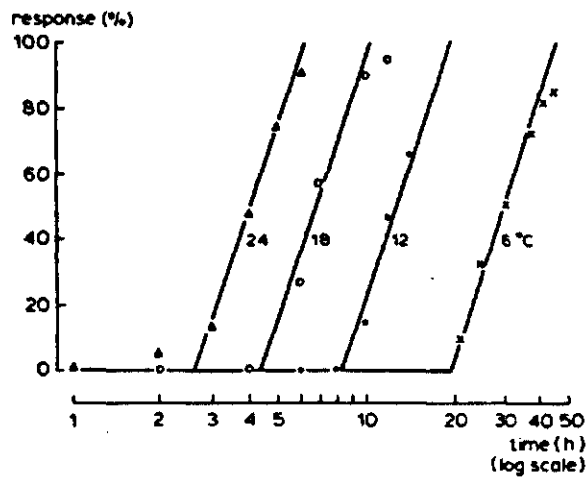


figure 4. Response of carnations to ethylene (850 μl/l) after treatment for various periods of time at 6, 12, 18 and 24°C in darkness (n=18)

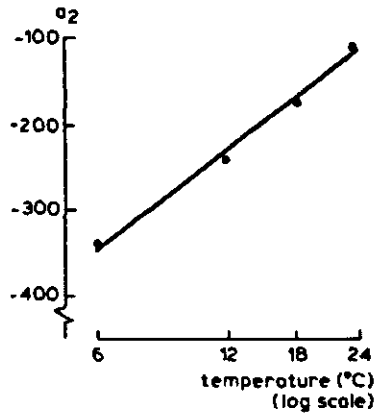


figure 5. Relationship of a_2 and $\log(\text{temperature})$

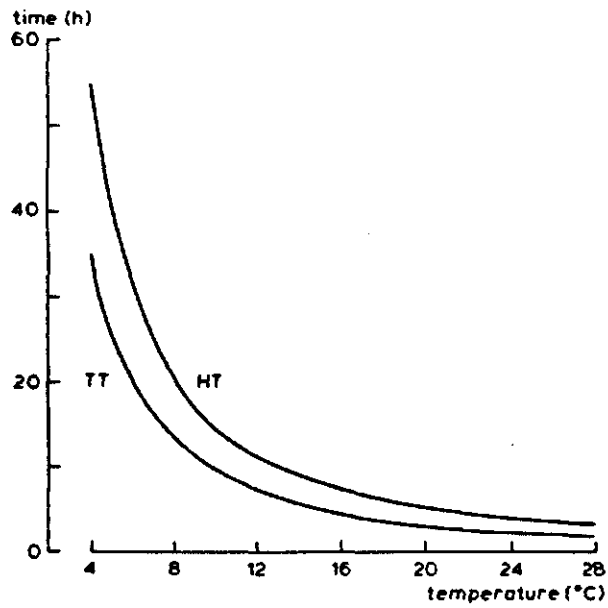


figure 6. Calculated threshold exposure time (TT) and exposure time giving 50% of maximum effect (HT) as a function of the temperature at $850 \mu\text{l/l C}_2\text{H}_4$