

Knop-, blomster- og bladfald hos *Hibiscus rosa-sinensis* forårsaget af ætylen og mørke

Bud, flower and leaf drop in Hibiscus rosa-sinensis caused by ethylene and darkness

Lars Høyer

Resumé

Ætylen er en luftart, der i for høje koncentrationer kan skade planter. Skadelige ætylenkoncentrationer kan bl. a. stamme fra bilers udstødningsgas, fra frugtlagre og fra planter, der er udsat for stress.

For at klarlægge *Hibiscus rosa-sinensis*' reaktion på forhøjede ætylenkoncentrationer under transport er der udført to transportsimuleringsforsøg. Desuden er det undersøgt, om den anvendte metode er egnet til standardafprøvning. Transportsimuleringen bestod af 4 døgn i mørke ved ca. 22°C, deraf de sidste 3 døgn med forskellige ætylenkoncentrationer. Derefter blev planterne stillet til observation under simulerede stueforhold i 28 dage. Den anvendte metode er ikke egnet til en standardafprøvning, idet metoden ikke er tilstrækkelig reproducerbar; men de opnåede gennemsnitlige ætylenkoncentrationer er dog egnede til at vise, hvordan *Hibiscus rosa-sinensis* reagerer på forskellige ætylenkoncentrationer. *Hibiscus*' reaktion er afhængig af ætylenkoncentrationen, og virkningen holder sig i længere tid, end tidligere forsøg har vist. Planterne taber knopper og blomster ved en ætylenkoncentration fra 0,05–0,07 µl pr. l i 3 døgn, og blade tabes ved ætylenkoncentrationer fra 0,7 µl pr. l i 3 døgn (µl pr. l er det samme som ppm og ml pr. 1000 l). Det er de ældste plantedele, der er mest følsomme over for ætylen. De planter, der blev udsat for 4 døgn i mørke i ætylenfri atmosfære, tabte også knopper og blomster, men senere end de ætylenbehandlede planter.

Nøgleord: Ætylen, mørke, holdbarhed, potteplanter, *Hibiscus rosa-sinensis*.

Summary

The response of *Hibiscus rosa-sinensis* to increased ethylene concentrations has been investigated in two transport simulation experiments. It also has been investigated whether the employed method can be used as a standard. The transport simulation took place in darkness at about 22°C for 4 days of which the last 3 days were at different ethylene concentrations. After the transport simulation the plants were placed in a keeping quality room for 28 days in order to observe the long-term effect of ethylene. The employed method cannot be used as a standard because is it not reproduceable, but the achieved aver-

age ethylene concentrations can be used to show how *Hibiscus rosa-sinensis* reacts to ethylene. The response of *Hibiscus* depends on the ethylene concentration and it is shown that there is a long-term effect (after effect). The plants abscise buds and flowers after being exposed to a concentration of about 0.05–0.07 μl per l or more for 3 days and abscise leaves at an ethylene concentration of 0.7 μl per l or more for 3 days. The older parts of the plants are the most sensitive to ethylene. Also 4 days of darkness without ethylene caused abscised buds and flowers, but the abscission occurred later than for the ethylene treated plants.

Key words: Ethylene, darkness, shelf life, keeping quality, pot plants, *Hibiscus rosa-sinensis*.

Indledning

Meget små mængder af luftarten ætylen har indflydelse på mange af planternes fysiologiske processer. Som eksempler kan nævnes, at ætylen spiller en rolle for væksten af rødder og blade, for frugtmodning, i stressforårsagede reaktioner og i forældelsesprocesser (Liebermann, 1979). Ætylen medvirker således til at styre planters vækst, udvikling og forældelse. Det kan derfor betragtes som et plantehormon eller et hormonlignende stof. Som vækstregulerende stof virker ætylen i koncentrationer af størrelsen nogle få nl (nanoliter, 10^{-9} l) ætylen pr. l luftblanding.

I større koncentrationer virker ætylen skadeligt på planterne ved at fremskynde forældelsesprocesserne. Dette vil medføre et for tidligt knop-, blomster- og bladfald (Abeles, 1973).

Hvor høj koncentrationen af ætylen skal være, før den er skadelig, afhænger bl.a. af eksponeringstid, temperatur, plantens udviklingstrin, planteart og sort. En koncentration på 0,02–0,05 μl ætylen pr. l luftblanding (ppm) vil f.eks. skade orkideer, der er meget følsomme over for ætylen (Abeles, 1973): 1 μl ætylen pr. l eller 1 ppm er det samme som 1 ml pr. 1000 l.

I det følgende vil det altid gælde, at når ætylenkoncentrationen opgives i μl pr. l, er det μl ætylen som findes i 1 l færdig luftblanding.

Hos potteplanter kan en høj ætylenkoncentration medføre bladfald, blomsterfald, gule blade, visne blomster, indtørring af knopper, øget frugtmodning, øget blomstring, skimmelangreb og/eller epinasti (Woltering, 1982).

Planter producerer under normale vækstbetingelser små mængder ætylen. Bliver planter udsat

for en eller anden form for stress, vil de producere 2 til 50 gange mere ætylen end normalt (Tingey, 1980).

Ætylenudviklingen er op til en vis grænse proportional med stresspåvirkningen. Stresspåvirkningen kan skyldes såring, rystelser, forkert temperatur, forskellige kemiske stoffer, udtørring eller angreb af patogener (Abeles, 1973).

Store mængder ætylen dannes ved forbrænding af fossilt brændsel. Det vil sige, at der i udstødningsgasser fra biler er store mængder ætylen. Det drejer sig om koncentrationer på 100–400 μl pr. l udstødningsgas (Abeles, 1973).

Hvor der ikke findes væsentlige ætylenkilder, ligger ætylenkoncentrationen omkring 0,003 til 0,005 μl pr. l; men i større byer kan koncentrationen være omkring 0,01–0,05 μl pr. l (Abeles, 1973). I en blomsterbutik i Dublin er der målt en ætylenkoncentration på op til 1,3 μl pr. l, der hovedsagelig stammede fra bilers udstødningsgasser (Kenny, 1977). I en frugt- og grønttransport fra Holland til Sverige er der fundet ætylenkoncentrationer på op til 1,6 μl pr. l i en ventileret vogn og op til 11 μl pr. l i en vogn uden ventilation (Boerrigter et al. 1983).

Der vil altså altid være en vis mængde ætylen i luften. Det må dog antages, at luftens indhold af ætylen normalt er så lavt, at det ikke skader planterne. Men under forhold, hvor der udvikles meget ætylen, kan koncentrationen blive så høj, at den er skadelig. Det gælder f.eks. i tæt trafikerede områder og på frugtlagre. Desuden i rum med planter, der er under stresspåvirkning, eller som er på et udviklingstrin, hvor der udvikles meget ætylen.

I forbindelse med transport og salg kan planter blive udsat for skadelige ætylenkoncentrationer og mørke i flere døgn. For at undersøge betydningen af disse faktorer under kontrollable forhold, er der på Institut for Væksthuskulturer, Årslev, udført to forsøg, for dels at afprøve en metode til transportsimulering og ætylendosering, og dels at undersøge hvordan *Hibiscus rosa-sinensis* reagerer på forskellige ætylenkoncentrationer.

Materialer og metoder

Der er udført to forsøg i perioden 17. maj til 16. juli 1982 med salgsklare planter af *Hibiscus rosa-sinensis*. Planterne blev hjemkøbt direkte fra et gartneri og blev udvalgt, så de var så ensartede som muligt. Inden forsøgets start blev planterne stillet til observation i væksthushuset i en uge.

Behandlinger

- Ophold i mørke i 4 døgn.
 - Ætylenfri atmosfære i 1 døgn og derefter tilsigtede ætylenkoncentrationer på 0,1; 0,5; 1,0 eller 5,0 μl pr. l i 3 døgn.
 - Ætylenfri atmosfære i 4 døgn.
- Ophold under »stueforhold« i holdbarhedsrum i hele forsøgsperioden. Klimaet er anført nedenfor (kontrol).
- Ophold i væksthushuset i hele forsøgsperioden (kontrol).

Hvert forsøg blev udført med to fællesparceller og med 10 planter pr. parcel. Behandlingerne under punkt 1 foregik i 375 l gastætte beholdere, der var opstillet i samme rum og dermed ved samme temperatur.

Efter behandlingerne i 1a og 1b blev planterne stillet til observation i et holdbarhedsrum i 4 uger. Planterne blev stillet til observation efter behandlingerne, fordi skader på grund af kortvarige påvirkninger ikke altid viser sig straks. Eventuelle skader kan endvidere forstærkes med tiden, når planterne står under dårlige lysforhold.

I observationsperioden blev planterne vandet med ledningsvand i underskåle.

De registrerede gennemsnitsværdier for de klimatiske data i de to forsøg var:

Forsøg	1	2
Temperatur under behandling	21°C	22°C
Temperatur i væksthushuset i observationsperioden	23°C	21°C
Data for holdbarhedsrum:		
Temperatur	20°C	
Luftfugtighed	72% RH	
Luftskifte	1/3 x pr. time	
Dagtlængde	12 timer	
Lys, Philips TLD 36/84	2000 lux	

Der er installeret 34,5 W/m², og afstanden til dyrkningsfladen var 90 cm. De 2000 lux svarer til 5,8 W/m² fotosynteseaktivt lys (omregningsfaktor 2,9).

Dosering af ætylen

Dosering af ætylen foregik ved hjælp af en ventilator, der var monteret på hver gastæt beholder, hvori behandlingerne foregik. I gennemsnit af de 10 beholdere gav ventilatorerne en lufttilførsel på 7,3 l pr. time \pm 25%.

I fig. 1 er vist de to typer af opstillinger, der er anvendt til henholdsvis behandling 1a og 1b. Ved behandling 1a trækker ventilatoren luften igenem en ætylen-doseringsflaske og ind i beholderen.

Udluftningen sker gennem en prøveflaske og et filter med kaliumpermanganat (KMnO₄). Dette filter blev monteret for at sikre, at den luft, der blev brugt ved luftindtaget, var fri for ætylen. For behandling 1b var opstillingen modsat, idet KMnO₄-filtret var monteret ved luftindtaget for at sikre, at der ikke blev tilført ætylen.

For at luftmodstanden i de to systemer skulle være så lille som mulig, blev der ikke monteret et KMnO₄-filter på begge sider af beholderne.

Ved start af ætylen-doseringen blev en beregnet mængde ætylen direkte tilført de enkelte beholdere. Ætylenen blev udtaget fra fortyndede stamopløsninger.

Til erstatning for den ætylen, der blev fjernet på grund af luftskiftet, blev der tilført ætylen i doseringsflasken hver 3. time. Ved en lufttilførsel på 7,3 l pr. time vil det betyde, at ætylenkoncentrationen vil svinge med ca. 6% omkring den tilsigtede værdi (beregnet).

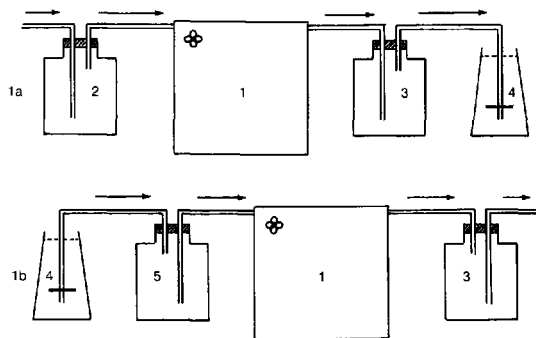


Fig. 1. Skitse af forsøgsopstilling. 1a. Opstilling hvor der doseres ætylen. 1b. Opstilling hvor der holdes en ætylenfri atmosfære. 1. Gastæt beholder med ventilator. 2. Ætylen-doseringsflaske. 3. Prøveflaske. 4. Kolbe med KMnO_4 og med rør hvorpå der er monteret en plade, således at luften ikke løber op langs røret. 5. Flaske der skal sikre, at der er samme luftmodstand i de to opstillinger. Doserings- og prøveflasker er 330 ml hospitals dropflasker med gastæt membranprop. De enkelte dele er samlet med glasrør og PVC-slanget.

Diagram of experimental procedure. 1a. Set up for ethylene treatment. 1b. Set up for ethylene free atmosphere. 1. Gastight container with ventilator. 2. Ethylene dosage bottle. 3. Sample bottle. 4. Flask with KMnO_4 and a tube with a plate to prevent the air current from running up along the tube. 5. Bottle to equalize the air resistance in the two arrangements. The dosage and sample bottles are 330 ml hospital drip bottles with gastight membrane stopper. The component parts are connected by glass and PVC tubes.

Måling af ætylen og kuldioxyd

Ætylenkonsentrationen blev målt ved at udskifte prøveflaskerne og få indholdet analyseret for ætylen på en gaskromatograf af mærket Pye Unicam 64 med flamme-ionisations-detektor (FID), der blev kørt under følgende betingelser:

Kolonne	glas, 2,7 m, 6,4 mm indvendig diameter
Kolonnemateriale	Porapak T, 80-100 mesh
Injektionstemperatur	80°C
Kolonnitemperatur	60°C
Bæregas	N_2 , 75 ml pr. min.
Detektortemperatur	150°C
Luft/brint, ml/min.	200/20
Integrator	Hewlett Packard 3370B
Injektionsvolumen	1 ml

Prøveflaskerne blev skiftet første gang 3 timer efter startdoseringen og ellers hver 12. time. I alt 7 gange pr. forsøg.

CO_2 -konsentrationen blev målt ved at udtage prøver direkte fra prøveflaskerne. Disse prøver blev analyseret på en GOW-MAC gaskromatograf model 69-152, der blev kørt under følgende betingelser:

Kombinationskolonne	CO_2 , O_2 , N_2
Bæregas	He, 90 ml pr. min.
Temperatur	25°C
Injektionsvolumen	1 ml

Den første analyse blev foretaget 3 timer efter, at forsøget var startet og ellers hver 24. time. I alt 5 gange pr. forsøg.

Under forsøgets udførelse blev det konstateret, at luftfugtigheden i beholderne var så stor, at vanddamp kondenserede i slanger og glasrør. I nogle tilfælde var kondenseringen så stor, at der blev dannet vandpropper, således at luftcirkulationen blev hæmmet. For at undgå dette blev eventuelle vandpropper i rør og slanger fjernet ved gennemluftning med atmosfærisk luft hver 3. time (umiddelbart før ætylendoseringen).

Planteregistreringer

Der blev løbende foretaget registreringer af planterne efter behandlingerne, hvor de blev stillet til observation under stueforhold. De enkelte registreringer vil blive omtalt under gennemgangen af resultaterne. For alle de registrerede værdier er der beregnet en ensidet variansanalyse og på baggrund deraf LSD-værdier.

Resultater

CO_2 - og ætylenkonsentrationen

De registrerede CO_2 -konsentrationer viser, at der for nogle behandlinger må have været forhold, der har gjort, at luften i prøveflaskerne ikke svarer til luften i beholderne. Det giver sig udslag i, at konsentrationen pludselig falder til det atmosfæriske niveau og kan stige til det forventede niveau ved næste måling. Det har specielt gjort sig gældende i den sidste del af transportsimuleringen i forsøg 2. Der har især været problemer med de behandlinger, hvor der ikke er sket en gennemluftning af rør og slanger.

Ses der bort fra disse målinger, har CO_2 -kon-

Tabel 1. CO₂-koncentrationens forløb under transport-simuleringen i gennemsnit af to forsøg.
The course of the CO₂-concentration during the transport simulation as an average of two experiments.

Timer efter start <i>Hours after start</i>	3	24	48	72	96
CO ₂ µl pr. l	1500	3900	5100	6000	6200
Antal målte behandlinger <i>Number of measurements</i>	20	20	15	12	15

centrationen haft et forløb som vist i tabel 1. Den viste CO₂-koncentration er et gennemsnit af de to forsøg og samtlige behandlinger. Det ses, at CO₂-koncentrationen stiger meget hurtigt, og at den stabiliserer sig omkring 6000 µl pr. l (ppm) 3 dage efter, at planterne er placeret i beholderne.

Problemet med vandpropper spillede også en rolle for ætylenmålingerne. Der kunne derfor heller ikke spores ætylen i de flasker, hvor der ikke var påvist en forøgelse af CO₂-koncentrationen.

Ved behandlingen med ætylenfri atmosfære er der ikke fundet ætylen, og ved behandlingen med 0,1 µl pr. l er der kun registreret ætylen 2 gange af i alt 28 mulige. Gennemsnittet af de 2 prøver var 0,1 µl pr. l. Da detektionsgrænsen var omkring 0,1 µl pr. l, har koncentrationen i langt de fleste tilfælde været så lav, at den ikke har kunnet måles.

Forløbet af ætylenkoncentrationen under transportsimuleringen har med undtagelsen af 5,0 µl pr. l i forsøg 2, gentagelse 2 (5,0/2/2) været det samme. Der er en klar tendens til, at der ved behandlingen med 5,0 µl pr. l og til dels 1,0 µl pr. l sker et fald i ætylenkoncentrationen i løbet af transportsimuleringen. Samtidig tyder det på, at koncentrationen stabiliserer sig, når den er nået ned til et vist niveau. Det største fald i koncentrationen sker i begyndelsen af transportsimuleringen. Ved behandlingen med 0,5 µl pr. l holder koncentrationen sig på samme niveau.

De manglende resultater af ætylenmålingerne, og dette, at koncentrationen har været faldende i løbet af transportsimuleringen, medfører, at der ikke uden videre kan beregnes en gennemsnits-

værdi for de enkelte behandlinger. For at få et billede af ætylenkoncentrationen ved de 3 højeste doseringer er der derfor foretaget en beregning af de værdier, der manglede. Denne beregning er hovedsagelig foretaget i forhold til, hvordan ætylenkoncentrationen i de 2 gentagelser er forløbet under transportsimuleringen. I et enkelt tilfælde er koncentrationen beregnet i forhold til samme behandling i det andet forsøg. Med disse beregnede værdier bliver den gennemsnitlige ætylenkoncentration for hver enkelt behandling som vist i tabel 2.

Tabel 2. Den gennemsnitlige ætylenkoncentration for gentagelser og forsøg. x: Antal beregnede værdier ud af 28 der indgår i gennemsnittet, se tekst.

Average ethylene concentration for replicates and experiments. x: Number of calculated values which underlie the average out of a total of 28.

Tilsliget ætylen-koncentration µl pr. l <i>Intentional ethylene concentration µl per l</i>	Forsøg <i>Experiment</i>	Gentagelse <i>Replicate</i>	µl pr. l <i>µl per l</i>		Gns. af de 2 forsøg <i>Average of 2 experiments</i>
			Gns. af parcel <i>Average of plot</i>	Gns. af 2 gentagelser <i>Average of 2 replicates</i>	
0,5	1	1	0,2	0,3	0,3 _{xx}
		2	0,3		
	2	1	0,4	0,4	
		2	0,4		
1,0	1	1	0,4	0,4	0,5 ₇
		2	0,3		
	2	1	0,8	0,7	
		2	0,6		
5,0	1	1	2,9	2,7	3,4 ₇
		2	2,4		
	2	1	2,7	4,2	
		2	5,7		

Gentagelserne inden for de 2 forsøg har med undtagelse af parcel 5,0/2/2 ligget på samme niveau. Der er desuden holdt en højere ætylenkoncentration i forsøg 2. De opnåede gennemsnitlige

koncentrationer er 30–50% lavere end de tilsigtede.

Planteregistreringer
Salgsværdi

For at kunne bedømme den visuelle kvalitet er der for de enkelte planter givet følgende karakterer for salgsværdien: 5 = 1. kvalitet, 3 = 2. kvalitet og 1 = usælgelig. Der er kun anvendt de 3 karakterer, og som udgangspunkt før behandlingerne er der altid anvendt karakteren 5.

Fig. 2 viser salgsværdien i løbet af forsøgsperioden for de to forsøg. I forhold til 0,0 µl pr. l har alle de ætylebehandlede planter en meget forringet holdbarhed (salgsværdi). Planterne fra de højeste ætylekoncentrationer er allerede usælgelige dag 0, og de laveste koncentrationer følger hurtigt efter.

De 4 døgn i mørke uden ætylen har også medført en forringet holdbarhed i forhold til kontrol-

len i holdbarhedsrummet. Fig. 2 viser også, at holdbarheden i holdbarhedsrummet er forringet i forhold til holdbarheden i væksthus.

Det er tydeligt at se, at jo mindre påvirkning *Hibiscus* har været udsat for, jo længere tid går der, inden der kan ses en forringelse af kvaliteten. I disse forsøg går der for eksempel ca. 5 dage, inden der kan iagttages en forringelse af de planter, der har fået mørke uden ætylen og set i forhold til de planter, der har stået i holdbarhedsrummet hele tiden.

Sammenlignes kurverne for kontrollen i væksthuset i de to forsøg, ses det, at der enten har været en forskel i udgangsmaterialet, eller at forsøgstidspunktet har spillet en rolle. Det giver sig udslag i en dårligere holdbarhed i forsøg 1. Samtidig er der sket en større skade på de behandlede planter i forsøg 2. Det gælder både de planter, som har været udsat for ætylen, og de planter, som har stået i mørke uden ætylen.

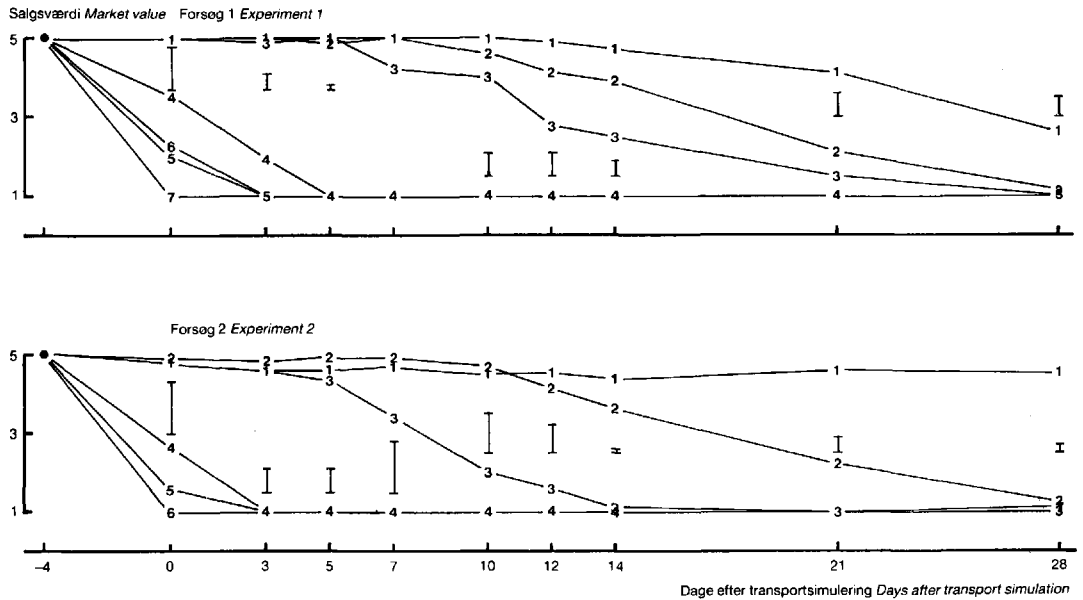


Fig. 2. Salgsværdien i løbet af observationsperioden hvor 5 er største værdi og 1 er usælgelig. Behandling 1 = kontrol i væksthus, 2 = kontrol i holdbarhedsrum, 3, 4, 5, 6 og 7 = tilsigtet 0,0; 0,1; 0,5; 1,0 og 5,0 µl ætylen pr. l. Ved sammenfaldende værdier er mindste behandlingsnummer angivet. LSD er indtegnet for hver dato.

Market value during the observation period where 5 is best and 1 is unsaleable. Treatment 1 = control in greenhouse, 2 = control in keeping quality room, 3, 4, 5, 6 and 7 = intentional 0.0, 0.1, 0.5, 1.0 and 5.0 µl ethylene per l. In case of merging values the lowest treatment number are indicated. LSD is shown for each date.

Knopper og blomster

I tabel 3 er vist de faktiske tal for antallet af knopper og blomster, der blev tabt under transportsimuleringen og opgjort dag 0. Fig. 3 viser det tilbageværende antal knopper og blomster i procent af det oprindelige antal inden behandlingerne (dag -4). I første del af observationsperioden forløber

kurverne stort set som kurverne for salgsværdien; men i sidste halvdel begynder kurverne at stige. Det er kurverne for de planter, der er behandlet med de laveste ætlenkoncentrationer, som har den kraftigste stigning. Dette betyder, at der også 14 dage efter transportsimuleringen er forskel mellem de enkelte behandlinger (eftervirkning).

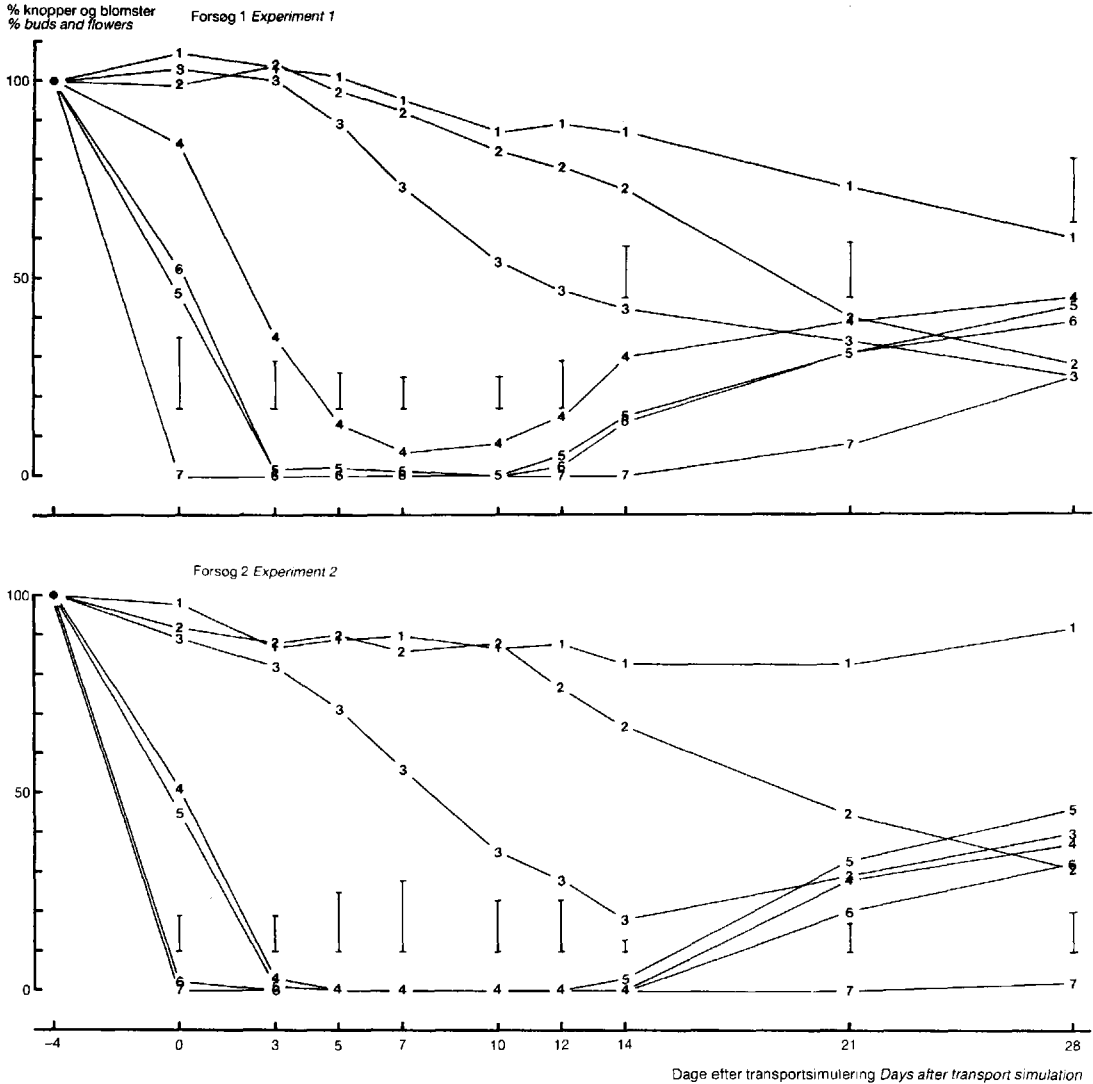


Fig. 3. Antallet af knopper og blomster i løbet af observationsperioden i procent af antallet før transportsimuleringens start (dag -4). Symboler som i fig. 2. LSD er indtegnet for hver dato.

Number of buds and flowers during the observation period in per cent of the number on the day before the start of the transport simulation (day -4). Symbols as in figure 2. LSD is shown for each date.

Table 3. Antal knopper og blomster pr. plante tabt under transportsimuleringen (talt dag 0).

Number of buds and flowers per plant abscised during the transport simulation (counted day 0).

Behandling, ætylen konc. <i>Treatment, ethylene conc.</i>	Forsøg 1 <i>Exp. 1</i>	Forsøg 2 <i>Exp. 2</i>
Væksthus <i>Greenhouse</i>	0,1	0,0
Holdbarhedsrum <i>Keeping quality room</i>	0,2	0,0
Tilsigtet 0,0 µl pr. l <i>Intentional 0.0 µl per l</i>	0,2	0,0
Tilsigtet 0,1 µl pr. l <i>Intentional 0.1 µl per l</i>	3,2	7,5
Tilsigtet 0,5 µl pr. l <i>Intentional 0.5 µl per l</i>	8,1	9,2
Tilsigtet 1,0 µl pr. l <i>Intentional 1.0 µl per l</i>	8,0	14,9
Tilsigtet 5,0 µl pr. l <i>Intentional 5.0 µl per l</i>	14,7	15,5
LSD	1,6	2,2

Stigningen i antallet af knopper og blomster i sidste halvdel af observationsperioden i fig. 3 for de fleste ætylenbehandlede planter skyldes, at der dannes nye knopper. Ved den højeste ætylenkoncentration i forsøg 2 er der dog ingen stigning.

Kontrollen i holdbarhedsrummet og i væksthuset havde kun et ubetydeligt knop- og blomsterfald i den første halvdel af observationsperioden. For kontrollen i holdbarhedsrummet er der i sidste halvdel af observationsperioden et fald i antallet af knopper og blomster. Samtidig er der et øget antal skadede knopper. I kontrollen i væksthuset i forsøg 1 er der også et fald i antal knopper og blomster. Det skyldes, at der i dette forsøg har været en forholdsvis stor blomstring og dermed afblomstring, der ikke er blevet erstattet med et tilsvarende antal nye knopper og blomster.

Ved registreringen af knopper og blomster blev disse inddelt i 5 udviklingstrin. Fig. 4 viser fordelingen ved afslutningen af transportsimuleringen (dag 0). De mest udviklede knopper og blomster faldt af under transportsimuleringen på grund af ætylenpåvirkningen. Samtidig havde planterne tabt en del mindre knopper.

Antallet af skadede knopper og blomster blev også registreret. Skader på knopperne viste sig

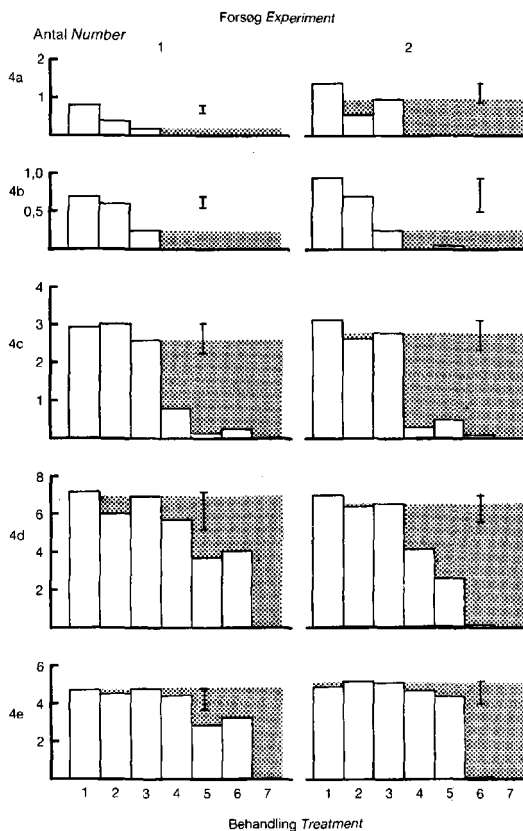


Fig. 4. Antal knopper og blomster pr. plante dag 0 fordelt på 5 udviklingstrin. Behandlingsnumre som i fig. 2. LSD er indtegnet for hvert udviklingstrin. Det skraverede område viser mængden af blomster og knopper, der er faldet af i forhold til behandling 3 (0,0 µl pr. l).

Number of buds and flowers per plant day 0 divided into 5 developmental stages. Numbers of treatment as in figure 2. LSD is marked for each developmental stage. The dotted area indicates the number of abscised buds and flowers compared with treatment 3 (0.0 µl per l).

- 4a. Afblomstret. Ceased flowering.
- 4b. Åben blomst. Open flower.
- 4c. Adskilte bælgerblade og lukket blomst. Separated sepals and closed flower.
- 4d. Knop > svøb og samlet bælgerblade. Bud > involucre and united sepals.
- 4e. Knop < svøb. Bud < involucre.

som en gulfarvning. Der blev ikke fundet blomsterskader.

Dag 0 blev der ikke fundet ætylenskader på de resterende knopper, men gulfarvningen viste sig

allerede dag 3. Det var kun de mindste knopper, der var tilbage, og derfor kan skaderne ikke opdeles efter knoppernes udviklingstrin. Fig. 3 viser, at knopperne hurtigt falder af.

Når planterne fik mørke uden ætylen, var knop- og blomsterfaldet fordelt ligeligt på de forskellige udviklingstrin (data ikke vist). Skader på knopperne optrådte især hos de mindste knopper. For disse knopper var der et stigede antal skadede knopper indtil dag 12, hvor antallet begyndte at falde. Dette skyldes, at knopperne faldt af.

Fig. 3 viser, at planternes reaktion på behandlingerne har været kraftigst i forsøg 2. Alligevel er kurverne for 0,1; 0,5 og 1,0 μl pr. l meget lig hinanden.

Blade

I fig. 5 er vist en opsummering af antallet af tabte løvblade i procent af antallet før transportsimuleringens start. Resultaterne er kun vist til og med dag 10, da der efter denne dag ikke sker en større ændring i antallet af blade.

Det er kun ved de højeste ætylenkonzentrationer, at der sker et større tab af blade. Dette tab foregår i ugen efter transportsimuleringen. Ud over antallet af tabte blade blev der registreret antal blade med skader delt op på unge og ældre blade, og om det skadede areal var under eller over 5% af bladets areal (data ikke vist).

Skader på løvbladene viser sig først ved en gulfarvning af bladets nerver, hvorefter bladpladen også gulfarves, og bladet falder af. Gulfarvningen af bladpladen starter ved basis af bladet.

Antallet af blade med et skadet areal under 5% var meget lille, og der blev ikke fundet en signifikant forskel mellem behandlingerne. Blandt blade med et skadet areal over 5% var der flere ældre end unge blade. I forsøg 1 viste bladskaderne sig dag 3, og i forsøg 2 blev der allerede registreret skader dag 0. De behandlinger, som medførte skadede blade, var de samme som dem, der forårsagede bladfald.

Bladfaldet ophørte omkring dag 10, men der vedblev med at være enkelte skadede blade på planterne.

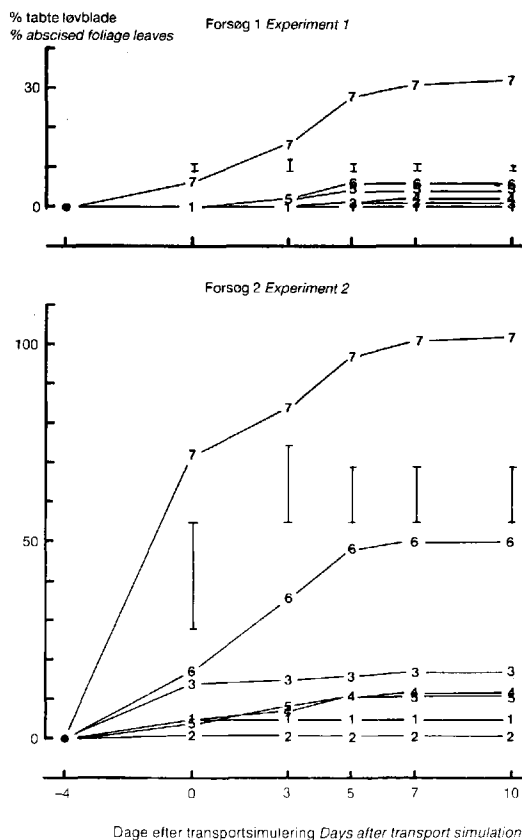


Fig. 5. Antallet af tabte løvblade pr. plante opsummeret i løbet af observationsperioden i procent af antal løvblade dag -4. Efter dag 10 sker der kun et mindre tab af løvblade. Symboler som i fig. 2. LSD er indtegnet for hver dato.

Accumulated number of abscised foliage leaves per plant during the observation period in per cent of the number of foliage leaves on day -4. After day 10 there is only a slight loss of foliage leaves. Symbols as in figure 2. LSD is shown for each date.

Der blev også givet en karakter for farven på akselbladene og lavbladene. Skader på disse viste sig som en gulfarvning. De ætylenkonzentrationer, der medførte et tab af løvblade, medførte også en gulfarvning af akselblade og lavblade. Der var dog en tendens til, at lavbladene var mere følsomme over for ætylen end løv- og akselbladene. De skadede lavblade blev alle siddende på planten.

Også med hensyn til tabte og gulfarvede løvblade var der kraftigere reaktioner på ætylenbehandlingerne i forsøg 2. Desuden var der i dette forsøg en tydelig forskel mellem de behandlinger, hvor der var tilstræbt 0,5 og 1,0 μl pr. l.

Der er tidligere publiceret billeder fra dette forsøg, som viser, hvordan *Hibiscus rosa-sinensis* reagerer på ætylen (Høyer, 1982b).

Diskussion

Metodik

Det forhold, at detektionsgrænsen for ætylen var omkring 0,1 μl pr. l har medført, at der ikke har været en tilfredsstillende kontrol med de behandlinger, hvor der var tilsigtet en ætylenkoncentration på 0,0 og 0,1 μl pr. l. Ud fra målingerne vides det ikke, om disse to behandlinger har givet det ønskede niveau.

For de øvrige ætylenbehandlinger viser resultaterne, at der er tale om en unøjagtig prøveudtagning, og at der ikke er opnået de tilsigtede koncentrationer. Det aktuelle luftskifte har været for lavt og har ikke kunnet forhindre, at der kondenserede vand i slanger og rør. Dette forhold har medført momentvis stop af luftskiftet og dermed en afbrydelse af ætylendoseringen og af lufttilførslen til prøveflasken.

At gennemluftningen af rør og slanger ikke har løst problemet med prøveudtagningen skyldes, at gennemluftningen kun er foretaget, når der blev iagttaget vandpropper. Vandpropper, der har været skjult, er der ikke taget højde for. Dette forhold kan forklare, hvorfor der har været problemer med prøveudtagningen i de behandlinger, hvor der ikke er foretaget en gennemluftning.

På trods af de manglende resultater af målingerne giver de resterende målinger et tydeligt billede af de opnåede koncentrationer og mulighed for at beregne de manglende værdier. Det samlede billede, som dette giver, viser, at den anvendte metode giver en for uensartet behandling af planterne. Dels er der afvigelser inden for de enkelte behandlinger, og dels opnås der ikke de ønskede koncentrationer.

Afvigelserne inden for de enkelte behandlinger kan skyldes den forholdsvis store variation i

luftskiftet, som er forårsaget af forskellen på ventilatorerne. Med undtagelse af parcel 5,0/2/2 (se tabel 2) kan dette forhold forklare variationen mellem behandlingerne.

At den tilsigtede ætylenkoncentration ikke opnås, og at der er et fald i koncentrationen i løbet af transportsimuleringen kan skyldes, at forsøgsopstillingen ikke er tæt. Dels kan det være selve beholderne, der er utætte, og dels kan der være en utæthed ved ventilatorerne. Senere foretagne undersøgelser viser, at begge dele er tilfældet.

At parcel 5,0/2/2 falder uden for mønstret må skyldes et sammenfald af faktorer som f.eks. en mere tæt beholder. Der må dog være nogle ukendte faktorer, som gør, at ætylenkoncentrationen er stigende i løbet af transportsimuleringen.

Den relative ændring i de målte koncentrationer ved de 3 højeste ætylenbehandlinger kan til en vis grad overføres til 0,1 μl pr. l. Regnes der med et fald i den gennemsnitlige koncentration på 30–50%, vil denne behandling svare til 0,05–0,07 μl pr. l.

Med det forholdsvis lille luftskifte, der var, kan det ikke udelukkes, at der har været ætylen i behandlingen med 0,0 μl pr. l. Eventuel ætylen vil så stamme fra planterne.

I de to forsøg har den tilførte mængde ætylen været fastlagt på forhånd. Resultaterne viser, at der for at opnå de tilsigtede ætylenkoncentrationer skulle have været tilført ætylen ud fra ætylenmålingerne. Dette har ikke været muligt, idet resultaterne af ætylenmålingerne først forelå ca. 1 døgn efter, at de var udtaget.

Sammenholdes størrelsen af de målte ætylenkoncentrationer med planternes reaktioner på behandlingerne, svarer disse stort set til hinanden.

Som basis for en vurdering af planternes reaktioner på forhøjede ætylenkoncentrationer kan den anvendte metode godt bruges. Problemet er at fastlægge, hvilke koncentrationer planterne har været udsat for, idet koncentrationerne ikke har ligget på et fast niveau, og at den laveste koncentration ikke har kunnet måles. Som udgangspunkt kan dels bruges de gennemsnitlige koncentrationer, der er vist i tabel 2, dels 0,05–0,07 μl pr.

l, hvor der er tilstræbt 0,1 μl pr. l, og dels at der ikke har været ætylen til stede ved 0,0 μl pr. l. Ud fra planternes reaktioner og senere udførte forsøg (ikke publiceret) er dette et rimeligt udgangspunkt.

CO₂-koncentrationen på 6000 μl pr. l, der er ca. 20 gange det normale, er et resultat af planternes respiration. Den høje CO₂-koncentration viser, at luftskiftet i beholderne har været lavt. De fleste undersøgelser tyder på, at en høj CO₂-koncentration hæmmer den skadelige virkning af ætylen (Abeles, 1973). Desuden tyder det på, at mørke i forhold til lys også hæmmer den skadelige virkning af ætylen (Marousky & Harbaugh, 1979b).

Som følge af den høje CO₂-koncentration må O₂-koncentrationen have været tilsvarende lave. En formindskelse af O₂-koncentrationen medfører, at planterne vil udvikle forholdsvis mindre ætylen (Abeles, 1973). I disse to forsøg har formindskelsen af O₂-koncentrationen været så lille, at den ikke har haft nogen betydning. Men den høje CO₂-koncentration og det, at planterne har stået mørkt vil betyde, at risikoen for, at planterne selv har udviklet skadelige mængder, er tilsvarende mindre.

Ved sammenligning med andre forsøg skal der derfor tages hensyn til, at de her beskrevne forsøg er foregået i mørke ved omkring 6000 μl CO₂ pr. l.

Planteregistreringer

De udførte forsøg viser, at *Hibiscus*' reaktion på ætylen er koncentrationsafhængig, og at virkningen holder sig over længere tid. Den koncentrationsafhængige reaktion er forventet og er fundet for mange potteplantearter (Cameron & Reid, 1981; Heijkenskjöld, 1978; Marousky & Harbaugh, 1979a, b, 1981; Woltering, 1982). Derimod har ingen endnu fundet, at den koncentrationsafhængige reaktion fortsætter, når der dannes nye knopper, efter at planterne har været udsat for ætylen. Det kan skyldes, at der er brugt for høje ætylenkoncentrationer, for kort observationsperiode, eller at der ikke er foretaget en løbende registrering af planterne i andre forsøg.

Planternes reaktion på ætylen i de to forsøg viser, at *Hibiscus rosa-sinensis* er meget følsom over for ætylen. *Hibiscus* taber knopper og blomster ved ætylenkoncentrationer fra 0,05–0,07 μl pr. l i 3 døgn, og de taber løvbladene ved koncentrationer fra 0,7 μl pr. l i 3 døgn. Et andet forsøg udført med *Hibiscus rosa-sinensis* viste også ætylenskader i form af tabte knopper og blomster, men ingen tab af løvblade (Heijkenskjöld, 1978). De i dette forsøg anvendte ætylenkoncentrationer på 1,0 og 5,0 μl pr. l og eksponeringstider på 6 og 50 timer gav ikke så kraftige reaktioner, som der blev opnået i egne udførte forsøg. Det kan skyldes den kortere eksponeringstid og en lavere temperatur (15°C) under transportsimuleringen. Der foreligger ikke resultater fra andre forsøg med så lave koncentrationer som 0,05–0,07 μl pr. l til potteplanter; men en koncentration på 0,5 μl pr. l i 2 døgn under lys har givet knop- og blomsterfald hos *Schlumbergera truncata* (Cameron & Reid, 1981). Ligeledes er der for *Kalanchoë blossfeldiana* 'Cherie' fundet, at 0,5 μl pr. l i 2 døgn i mørke har medført »sovende blomster« (Marousky & Harbaugh, 1979a). Ved behandling med 0,15 μl pr. l i 3 døgn blev der ikke fundet en virkning. Der er stor forskel på de forskellige *Hibiscus*-sorters holdbarhed, efter at de er blevet udsat for mørke (Spronsen, 1983), og en sammenligning med andre plantearter må derfor være tilsvarende usikker.

Eksponeringstiden har betydning for planternes reaktioner, og de opnåede resultater vil kunne sammenlignes med forsøg, hvor der er anvendt højere ætylenkoncentrationer, men kortere eksponeringstider. Ved den følgende sammenligning forudsættes, at planternes reaktion er afhængig af påvirkningstiden i anden potens i forhold til ætylenkoncentrationen. Under denne forudsætning er *Hibiscus rosa-sinensis* en del mere følsom end *Philodendron scandens oxycardium* (Marousky & Harbaugh, 1979b), mere følsom end *Kalanchoë blossfeldiana* (Marousky & Harbaugh, 1979a) og har samme følsomhed som frøplanter af *Pelargonium × hortorum* 'Sprinter Red' (Marousky & Harbaugh, 1981).

Det er de mest udviklede knopper og blomster

hos *Hibiscus*, der er mest følsomme over for ætylen (fig. 4). Dette er også fundet for *Kalanchoë blossfeldiana* 'Cherie' (Marousky & Harbaugh, 1979a). At det er de ældste blade, der er mest følsomme over for ætylen, stemmer overens med resultaterne af en undersøgelse foretaget over bladforældelse i *Hibiscus rosa-sinensis* (Misra & Biswal, 1973).

Virkningen af en skadelig ætylenkoncentration viser sig ikke nødvendigvis lige efter ætylenpåvirkningen, men kan være forsinket. Det ses ved forholdsvis lave koncentrationer og gælder for skader på både knopper og blade. Derfor er det vigtigt, at man følger planterne over en længere periode.

Det samme gælder andre stresspåvirkninger som f.eks. mørke, hvor forsinkelsen af planternes reaktioner er endnu større (fig. 2 og 3). En tilsvarende reaktion på 4 døgn i mørke er fundet i et tidligere udført forsøg (Rystedt, 1982). Efter mørkeperioden uden ætylen er knopfaldet fordelt på alle udviklingsstrin, og det er især de mindste knopper, der er skadede. Dette tyder på, at det ikke er den samme reaktion, der har forårsaget knopfaldet efter henholdsvis behandlingen i mørke uden ætylen og behandling med ætylen.

Betydningen af, om de behandlede planter sammenlignes med planter fra et holdbarhedsrum eller et væksthuis, fremgår tydeligt af registreringer af salgsværdien (fig. 2) og antal tabte knopper og blomster (fig. 3). Derfor har det også betydning, under hvilke forhold planterne bliver placeret efter en stresspåvirkning. Placeres planterne under optimale vækstbetingelser, vil deres reaktion på en stresspåvirkning være mindre (Høyer, 1982a; Marousky & Harbaugh, 1979a).

Konklusion

Metodik

Den anvendte metode til transportsimulering og ætylendosering er ikke egnet til en standardafprøvning af pottplanternes reaktion på ætylen under transport. Metoden er ikke tilstrækkelig reproducerbar, og det er nødvendigt at kunne måle lavere ætylenkoncentrationer end $0,1 \mu\text{l}$ pr. l. De opnåede gennemsnitlige ætylenkoncentrationer

kan dog bruges til at vise, hvordan *Hibiscus rosa-sinensis* reagerer på ætylen.

Planteregistreringer

Hibiscus' reaktion over for ætylen afhænger af koncentrationen, og den skadelige virkning af ætylen holder sig forholdsvis længe efter transportsimuleringen. Planterne taber knopper og blomster ved så lave ætylenkoncentrationer som $0,05-0,07 \mu\text{l}$ pr. l i 3 døgn og har et tab af løvblade ved en koncentration på $0,7 \mu\text{l}$ pr. l i 3 døgn. Det er de ældste blade, knopper og blomster, der er mest følsomme over for ætylen.

4 døgnets mørke i ætylenfri atmosfære har også en skadelig virkning på *Hibiscus*. Den er dog betydeligt mindre end for de ætylenbehandlede planter og viser sig ikke lige efter transportsimuleringen. Denne skadelige virkning vil derfor ofte først komme til udtryk, når planterne er kommet ud til forbrugeren.

De opnåede resultater gælder kun *Hibiscus rosa-sinensis*, som har vist sig at være meget følsom over for ætylen. Det er sandsynligt, at de holdbarhedsproblemer, man har med visse pottplantearter og sorter, kan skyldes for høje ætylenkoncentrationer.

Erkendtlighed

Forsøgene har været udført med støtte fra Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd J.nr. 13-3038, og gartnerierhvervet.

Litteratur

- Abeles, F. B. (1973): Ethylene in plant biology. New York, London. Academic Press. 302 pp.
- Boerrigter, H. A. M., Damen, P. M. M. & Laar, H. J. van (1983): Proeftransport van een lading gemengde groenten en fruit naar Zweden. Sprenger Instituut, Wageningen, Rapport no. 2246. 26 pp.
- Cameron, C. C. & Reid, M. S. (1981): The use of silver thiosulfate anionic complex as a foliar spray to prevent flower abscission of zygocactus. Hort. Science 16, 761-762.
- Heijkenskjöld, N. (1978): Etyleneffekter vid samdistribution av trädgårdsprodukter. Konsulentavdelningens rapporter. Trädgård 137, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp, 33 pp.

- Høyer, L. (1982a): Potteplanters reaktion på: Ætylen og lysmangel. *Gartner Tidende* 98, 670–671.
- Høyer, L. (1982b): Virkning af ætylen og lysmangel på *Hibiscus rosa-sinensis*. Statens Planteavlsvforsøg, Meddelelse nr. 1697, 4 pp.
- Kenny T. A. (1977): Ethylene damage case is cracked. *Grower* 90, 439–440.
- Liebermann, M. (1979): Biosynthesis and action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 30, 533–591.
- Marousky, F. J. & Harbaugh, B. K. (1979a): Ethylene-induced floret sleepiness in *Kalanchoë blossfeldiana* Poelln. *Hort. Science* 14, 505–507.
- Marousky, F. J. & Harbaugh, B. K. (1979b): Interactions of ethylene, temperature, light, and CO₂ on leaf and stipule abscission and chlorosis in *Philodendron scandens* subsp. *oxycardium*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104, 876–880.
- Marousky, F. J. & Harbaugh, B. K. (1981): Influence of temperature, light and ethylene on seedlings of geranium (*Pelargonium × hortorum* Bailey) during simulated shipping conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106, 517–530.
- Misra, G. & Biswal, U. C. (1973): Factors concerned in leaf senescence. I. Effects of age, chemicals, petiole, and photoperiod on senescence in detached leaves of *Hibiscus rosa-sinensis*. *L. Bot. Gaz.* 143, 5–11.
- Rystedt, J. (1982): Holdbarheden hos *Hibiscus rosa-sinensis* og *Begonia 'Nixe'* efter ophold i mørke. *Tidsskr. Planteavl* 86, 37–46.
- Spronsen, J. C. van (1983): Houdbaarheid van *Hibiscus*-rassen. *Vakblad voor de Bloemisterij* 38(20), 50–51, 53.
- Tingey, D. T. (1980): Stress ethylene production – a measure of plant response to stress. *Hort. Science* 15, 630–633.
- Woltering, I. J. (1982): Kennis ethyleengevoeligheid onontbeerlijk bij lange bewaartijden. *Vakblad voor de Bloemisterij* 37(42), 56–59.

Manuskript modtaget den 26. april 1984.