

## Potteplanteproduktion, klima og energiforbrug i isolerede væksthuse

*Pot plant production, environmental conditions and energy consumption in insulated greenhouses*

Helge Bjerre og Marius G. Amsen

### Resumé

Anvendelse af dobbeltglas reducerede energiforbruget med ca. 30%, kanalplade (16 mm acryl) reducerede energiforbruget med 40% og isoleringsgardiner i et væksthuse med enkeltlag glas gav på døgnbasis en besparelse på 23%. Referencehuset var et væksthuse med enkeltlag glas med skyggegardiner, som var trukket for om natten. Forsøgsperioden var november til maj i årene 1980/81 og 1981/82.

Luftfugtigheden i de 2 huse med permanent isolering (dvs. dobbeltglas og kanalplade) lå på gns. 83% RH, mens husene med enkeltlag glas lå ca. 6% lavere, der var dog ingen væsentlige sygdomsproblemer i husene med den permanente isolering.

Den permanente isolering reducerede lysintensiteten med ca. 15% i forhold til enkeltlag glas.

Med hensyn til dagtemperaturen konstateredes der 0,2–1,1°C højere temperatur i de permanente isolerede huse, på trods af at termostatindstillingen var den samme i alle 4 huse.

Der blev dyrket 7 slags potteplanter, og for hver plantearart fandt der en opgørelse sted på samme dag for de 4 huse. Tørstofproduktionen var generelt højere i huset med isoleringsgardiner og kanalplader end i referencehuset, mens huset med dobbeltglas lå væsentligt lavere end referencehuset.

Tørstofproduktionen blev også målt i 19-dages perioder gennem forsøgsperioden ved hjælp af *Tagetes* som testplante. Dette blev gjort, fordi der var formodning om, at tilvæksten i de permanente isolerede huse ville ligge væsentligt lavere end i husene med enkeltlag glas i de mørkeste perioder. Denne formodning viste sig at være ubegrundet.

Forskellene i produktionstid var små, der var dog en tendens til længere produktionstid i referencehuset.

Den mest fremtrædende kvalitetsforskel mellem planterne fra de forskellige huse var en mindre kompakt vækst i kanalpladehuset, dette gjaldt også i mindre omfang dobbeltglashuset.

**Nøgleord:** Energibesparelse, væksthustyper, kanalplader, dobbelt glas, isoleringsgardiner, potteplanter, plantekvalitet, produktionstid.

### Summary

An energy experiment with 4 different types of greenhouses was carried out in the winter 1980–81 and was repeated in the winter 1981–82. Three of these greenhouses were insulated. One was insulated with a double layer of glass. Another was insulated with double acrylic (16 mm SDP). The third house was a single layer glasshouse, fitted with an aluminium coated thermal screen (Peritherm) which was drawn at night. The reference house was a single layer glasshouse with a mobile shading curtain, which was drawn at night.

A comparison with the reference house showed the following energy savings for the insulated houses: Double glass 29–32%, double acrylic 39%, and thermal screens 22–24%.

The air humidity was allowed to go as high as 92% RH, but it happened very seldom. On average the air humidity was 80–86% RH in the double acrylic greenhouse and in the double glass house, whereas the levels was 5–10% lower in the 2 greenhouses with single glass. In spite of the high air humidity in the permanently insulated houses, no plant diseases occurred.

Solarimeters mounted in all greenhouses measured sun radiation during the experiment. In the permanently insulated greenhouses the light was reduced by 10–20% compared to the 2 greenhouses with single glass.

Seven different pot plants were included in the experiment: *Chrysanthemum* 'Yellow Mandalay', *Codiaeum variegatum* 'Hollufiana', *Dieffenbachia maculata* 'Compacta', *Ficus benjamina*, *Hedera canariensis* 'Gloire de Marengo', *Kalanchoë blossfeldiana* 'Annette', and *Saintpaulia ionantha* 'Ballet'.

The dry matter production of each plant species was recorded in all greenhouses on the same date. Compared with the reference house 3 of the plant species showed a 5–10% higher production in the double acrylic greenhouse as well as the house with thermal screens. The remaining 4 plant species did not show any differences, between the 3 greenhouses.

In the double glass house the production was considerably lower. In 4 of the plant species the production in the double glass house was 10% lower than in the reference house, the remaining 3 plant species had an equal dry matter content in both houses.

To study the growth in detail, *Tagetes* plants were grown for 3-week periods during the winter in all houses. Due to the difference in light level the growth at the beginning of March was about 5 times higher than the growth in December. The aim of this study was to investigate whether the ratio between the growth in the 4 greenhouses was the same when periods of high light intensity were compared to periods with low light intensity. No characteristic changes with increasing light intensities could be observed between the different greenhouses. The double acrylic greenhouse had the highest dry matter production of all in both the period with the lowest light intensity and the period with the highest light intensity.

The differences between the greenhouses in time of production for the pot plants were generally small. Five of the pot plant species showed tendency towards a longer production time in the reference house while no differences could be seen between the insulated greenhouses. The most remarkable difference in plant quality between the houses could be seen with *Chrysanthemum* and *Kalanchoë*. These 2 plant species were considerably less compact in the double acrylic greenhouse. *Chrysanthemum* was also less compact in the double glass house.

**Key words:** Energy consumption, greenhouse types, double acrylic, double glass, thermal screens, pot plants, plant quality, production time.

### Indledning

Dette forsøgs formål er at undersøge nogle metoder til at begrænse energiforbruget til opvarmning af væksthuse. I forsøgene blev 4 forskellige hus-typer med forskellige former for isolering afprøvet, og det var hovedformålet at klarlægge, hvorledes disse former for isolering indvirkede på plantevæksten.

Da det var et ønske bl.a. at opnå resultater, som

umiddelbart var anvendelige for gartnerierhvervet, valgtes en række almindeligt dyrkede pottplanter som forsøgsplanter. Ud over registreringer af produktionstid og plantekvalitet, som var den erhvervsrelevante del af forsøget, blev der foretaget en lang række andre registreringer.

Da vinterhalvåret har det højeste energiforbrug, ansås det for mest relevant at udføre forsøgene om vinteren. Det blev herved muligt at se,

hvorledes planterne reagerede på en yderligere reduktion af det sparsomme lys, idet man ved forsøgets start var klar over, at isoleringen medførte en lysreduktion.

Forsøget blev gentaget.

Andersen og Christensen (1978) afprøvede isolering med polyethylenfolie i et hus med enkeltlag glas. Dette medførte 15% reduktion af lysintensiteten og en energibesparelse på 23%. For 7 af de 12 slags potteplanter, som indgik i forsøget, medførte denne isoleringsform væsentlige kvalitetsforringelser.

Reiersen og Sebesta (1980) undersøgte produktion af nelliker, snitchrysanthemum og agurker i henholdsvis kanalpladehus og i et væksthuse med enkeltlag glas. Bortset fra 6% lavere udbytte ved en tidligt udplantet (1. januar) agurkkultur var der ingen forskelle. I samme forsøgsanlæg konstateredes 15% lavere lysintensitet i kanalpladehuset.

Damen (1981) sammenlignede et hus med enkeltlag glas og et kanalpladehus til dyrkning af snitroser. Forsøget viste 8% lavere stilkudbytte i kanalpladehuset, og der blev målt 25% lavere lysintensitet i kanalpladehuset.

En svensk undersøgelse (Landgren, 1979) viste, at anvendelse af kanalplader ikke bevirkede lysreduktion i forhold til enkeltlag glas. I samme forsøg kunne der heller ikke konstateres produktionsnedgang ved dyrkning af nelliker (Hilding, 1976).

Zabeltitz (pers. medd., 1980) fandt, at dobbeltglas gav 20% lavere lysintensitet og 10% RH højere luftfugtighed end enkeltlag glas. Luftfugtigheden blev målt ved en temperaturdifferens på 10°C mellem ude- og indetemperaturen. Sebesta og Reiersen (1980a) målte den samme forskel i luftfugtighed mellem kanalpladehus og enkeltlag glas og konstaterede endvidere, at forskellen blev større, når udetemperaturen faldt.

Bjerre og Nielsen (1981) besøgte en række norske gartnerier. I disse gartnerier blev der med godt resultat dyrket tomater, agurker, salat og potteplanter i kanalpladehuse.

Bjerre (1982) undersøgte væksten hos 6 slags potteplanter, som blev dyrket ved forskellige plantetætheder under enkeltlag glas, dobbeltglas

og kanalplade. Resultatet var, at anvendelse af dobbeltglas og kanalplade ikke nødvendiggjorde færre antal planter pr. m<sup>2</sup>, trods en lavere lysintensitet.

Denne litteraturgennemgang tyder på, at især kanalpladehuse har givet en udmærket produktion, trods en lavere lysintensitet end væksthuse med enkeltlag glas. De omtalte forsøg blev foretaget om vinteren.

## Materialer og metoder

### Hustyper

Husene var øst-vest orienterede, fritliggende og havde et grundareal på 8 × 21 m. Bortset fra dækkemateriale og gardiner var husene identiske.

Nr. 1 Reference, væksthuse med et glaslag og skyggegardiner (DGT 4B). Skyggegardiner blev styret efter samme strategi som skyggegardinet i hus nr. 4.

Nr. 2 Væksthuse med 2 lag glas (termoruder, Sedo 2.4).

Nr. 3 Kanalplader af acryl (16 mm).

Nr. 4 Væksthuse med 1 lag glas, som var forsynet med skyggegardiner (DGT 4B) og isoleringsgardin (Peritherm). Isoleringsgardinet var en sort polyethylenfolie med en aluminiumsbelægning på den side, som vendte ud imod glasset. Skyggegardiner var trukket for, når indstrålingen udenfor oversteg 210 W/m<sup>2</sup> (= 0,3 cal pr. cm<sup>2</sup> pr. min.) (styret af caloriestat DGT 6SV). Skyggegardinet og isoleringsgardinet var trukket for om natten, når indstrålingen var under 1 W/m<sup>2</sup>.

### Kulturforhold

I forsøgsperioden herskede der følgende kulturforhold i alle 4 væksthuse:

**Lufttemperatur:** Termostaten var indstillet til 17°C om natten og 20°C om dagen, ventilationen startede ved 28°C.

**Bordtemperatur:** 19°C (termostatindstilling).

**Luftfugtighed:** Der ventileres ved 92% RH.

**Vanding:** Blev styret af en Volmatic fordampningsautomat. Hver gang, der var fordampet 1 mm, blev der vandet med 2 mm. Der blev aldrig

vandet om natten. Planterne dyrkedes på under-vandingsmætter (Vattex).

*Borde:* Rulleborde med bordvarme.

*Gødning:* 0,75% (308 mg/l KNO<sub>3</sub>, 146 mg/l NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 151 mg/l Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 78 mg/l KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 14.4 µl/l 75% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> og mikronæringsstoffer).

CO<sub>2</sub>: 0,0347 l/m<sup>2</sup> pr. min. fra trykflasker, dog kun når vinduerne var lukkede og kun om dagen. Koncentrationerne lå ved en vindhastighed på 4 m/sek. på ca. 800 ppm (vol.) i dobbeltglashuset, mens den lå på ca. 1500 ppm i de 3 øvrige huse, som var langt tættere.

**Tabel 1.** Plantearter, plantetæthed, forsøgsperiode, opgørelsesdato og salgskriterier  
*Plant species, plant density, growth period, date for evaluation, and criterion for sale*

	Antal planter /m <sup>2</sup>	No. plants per m <sup>2</sup>	Forsøgsperiode Period	Dato for gennemgående opgørelse Date for evaluation (see fig. 2)	Salgskriterier Criterion for sale
<i>Chrysanthemum</i> 'Yellow Mandalay'					2 udsprungne blomster (2 open flowers)
1980/81	48,6		29/10-2/1	19/12	
1981/82	48,6		23/10-11/1	18/12	
<i>Codiaeum variegatum</i> 'Hollufiana'					Når plantehøjden er 22 cm (Plant height 22 cm). Når plantehøjden er 17 cm (Plant height 17 cm).
1980/81	32,0		31/10-7/5	10/4	
1981/82	32,0		2/11-22/4	30/3	
<i>Dieffenbachia</i> <i>maculata</i> 'Compacta'					6 blade på hovedskuddet, bladpladen skal være mindst 15 cm lang (i 81/82 kun 4 blade på hovedskuddet). (6 leaves (at least 15 cm long) at the main shoot (in 81/82 only 4 leaves at the main shoot)).
1980/81	37,2		28/10-21/5	28/4	
1981/82	37,2		28/10-19/4	9/2	
<i>Ficus benjamina</i>					43 cm høj (Plant height 43 cm).
1980/81	34,0		22/10-9/4	4/3	
1981/82	34,0		23/10-19/4	10/3	
<i>Hedera canariensis</i> 'Gloire de Marengo'					Det længste skud skal være 33 cm, og det næstlængste skud skal være 23 cm. (The longest shoot 33 cm. The second longest 23 cm).
1980/81	44,7		20/10-12/3	17/12	
1981/82	44,7		16/10-11/2	15/12	
<i>Kalanchoë blossfeldiana</i> 'Annette'					Når der er 4 åbne blomster pr. plante. (4 open flowers per plant).
1980/81	44,7		30/10-10/3	6/2	
1981/82	44,7		30/10-23/2	23/2	
<i>Saintpaulia ionantha</i> 'Ballet'					Når planten har 4 blomsterstande med hver en åben blomst. (4 flower stalks, each with at least one open flower).
1980/81	44,7		29/10-27/1	7/1	
1981/82	44,7		4/11-4/2	20/1	

Varmesystem: Røropvarmning (Nielsen, 1984).

### Plantemateriale

Der blev anvendt 4 arter af grønne pottedplanter og 3 slags blomstrende pottedplanter. Ved forsøgets start havde pottedplanterne et udviklingstrin svarende til nyrodede stiklinger.

Yderligere blev tørstofproduktionen målt i 3-ugers perioder gennem hele vinteren. Dette skete ved, at der hver tredje uge blev anbragt et nyt hold tagetesplanter i husene, samtidig med at det gamle hold blev opgjort. De i alt 5 hold tagetesplanter blev tiltrukket i vækstkammer, således at alle holdene var ens på det tidspunkt, hvor de blev flyttet ud i væksthuse.

Tabel 1 viser plantearter, plantetæthed, forsøgsperiode, dato for gennemgående opgørelse (se opgørelsesmetoder) og salgskriterium.

### Opgørelsesmetoder

Opgørelsen af pottedplanterne skete på 2 måder:

1. *Gennemgående opgørelse.* Da halvdelen af f.eks. *Hederapl*anterne var registreret salgsklare, blev der foretaget en gennemgående opgørelse af *Hedera* for alle 4 huse på samme dag. Der blev registreret tørvægt og friskvægt, og derved blev den biologiske produktion pr. tidsenhed målt. Under denne opgørelse blev der desuden målt bladareal på 2 blade pr. plante, samt disse blades friskvægt. Herved fik man et udtryk for bladenes tykkelse, idet størrelsen mg friskvægt pr. cm<sup>2</sup> bladareal blev beregnet.

2. *Salgsklare planter.* Når en plante opfyldte salgskriteriet (tabel 1), registreredes datoen, og planternes kvalitetsegenskaber bedømtes. I tabel 2 er der med et »X« vist hvilke kvalitetsegenskaber, der blev registreret på de forskellige plantearter. »0« betyder, at egenskaben ikke blev registreret. Da der ikke er vist tabeller med resultater for de i tabel 2 viste egenskaber, vil der ikke blive redegjort nærmere for, hvordan disse registreringer blev foretaget. Dog kræver visse registreringer en forklaring.

*Bredde:* To på hinanden vinkelrette målinger på plantens bredeste sted.

*Kompakthed:* Se under Resultater.

*Modenhed:* Hos *Codiaeum* blev stivheden hos det yngste blad (større end 20 cm) bedømt efter en karakterskala.

*Bladfarve:* I princippet som kompakthed. 1 var mest grøn, og 5 var mest gul. Gule planter har højere (*Codiaeum*) salgsværdi end grønne planter.

*Blomsterhøjde:* Blev målt fra pottedkant til toppen af øverste blomsterstand.

### Parcellfordeling

Kun de 2 midterste af husenes 4 langsgående rulleborde anvendtes til forsøgspareller. I hvert hus var der 4 fællespareller pr. plantearter. Parcellfordelingen var randomiseret, dog med den restriktion, at de 4 fællespareller skulle være jævnt fordelt over husets længderetning. Parcellfordelingen var ens i alle 4 huse.

Der var 20 registreringsplanter i hver parcel. 10 planter anvendtes til den gennemgående registrering, og på de øvrige 10 planter blev der registreret produktionstid og kvalitet. Det vil sige, at for hver af de to opgørelsesformer blev der registreret på 40 planter pr. art pr. hus.

### Forsøg med tørstoftilvækst (*Tagetes*)

Planterne blev tiltrukket i klimakamre i 19 dage, inden de blev sat ud i væksthuse. Lyskilden var lysstofrør af typen TL33, den installerede effekt var 240 W/m<sup>2</sup>, og rørene var placeret 1 m over dyrkningsbordet. Daglængden var 16 timer, og temperaturen var 23–25°C. Når tiltrækningsfasen var afsluttet, blev planternes frisk- og tørvægt målt, og når vækstperioden i væksthuse var afsluttet, blev frisk- og tørvægt ligeledes registreret. Derved blev det muligt at måle tilvæksten i væksthuse. Der registreredes på i alt 40 planter pr. hus for hver af de 5 hold, som blev dyrket i vinterens løb.

### Tekniske registreringer:

*Lufttemperatur* blev løbende registreret ved hjælp af temperaturfølere (pt 100) placeret i aspireret box (luft hastighed 1 m/sek.).

*Luftfugtighed* blev målt løbende med vådt og tørt

**Tabel 2.** Kvalitetsegenskaber registreret på slagsklare planter  
*Characteristics recorded at the saleable plants*

	<i>Chrysanthemum</i>	<i>Codiaeum</i>	<i>Dieffenbachia</i>	<i>Ficus benjamina</i>	<i>Hedera</i>	<i>Kalanchoë</i>	<i>Saintpaulia</i>
Højde <i>Height</i>	x	o	x	o	x	x	x
Bredde <i>Broadness</i>	x	o	o	x	o	x	x
Antal sideskud <i>No. of side shoots</i>	x	o	x	x	o	o	o
Antal blomster og knopper <i>No. of flowers and buds</i>	x	o	o	o	o	o	x
Kompakthed <i>Compactness</i>	x	o	x	x	x	o	x
Antal blade <i>No. of leaves</i>	o	x	x	x	x	o	x
Modenhed <i>Ripeness of leaves</i>	o	x	o	o	o	o	o
Bladfarve <i>Leaf colour</i>	o	x	o	o	o	o	o
Antal blomsterstande <i>No. of inflorescences</i>	o	o	o	o	o	x	x
Internodielængde <i>Length of internodie</i>	o	o	o	o	x	o	o
Blomsterhøjde <i>Height of flowers</i>	o	o	o	o	o	x	o
Blomsterstandens bredde <i>Diameter of inflorescence</i>	o	o	o	o	o	x	o
Frisk-, tørvægt og % tørstof <i>Fresh-, dry weight, and % dry matter</i>	x	x	x	x	x	x	x

o = betyder at egenskaber ikke blev registreret »o« means »not recorded«

termometer (pt 100), som ligeledes var placeret i den aspirerede box.

*Lysmåling* blev foretaget med solarimetre (måleområde 250–3000 nm). Solarimetrene, som var placeret oven over topørerne, roterede i et horisontalt plan med en radius på ca. 40 cm. Denne monteringsform blev valgt for at undgå konstante skyggeeffekter fra husets konstruktionsdele. Da skyggegardinets bevægelse i de to enkeltlag glashuse greb forstyrrende ind, blev der valgt kun at medtage timer, hvor den gennemsnitlige lysintensitet lå mellem 10 og 100 W/m<sup>2</sup>.

*Energiforbrug* blev registreret ved at måle fremløbs- og returtemperatur samt vandstrømmen. Disse data blev opsamlet og omregnet til energiforbrug på instituttets EDB-anlæg. Ved hjælp af EDB-anlægget kontrolleredes det løbende, om

der opstod uregelmæssigheder; i så fald blev flowmålerne kontrolleret med en transportabel flowmåler, og temperaturfølerne (pt 100) blev kontrolleret. Alle de omtalte tekniske registreringer blev foretaget løbende over hele forsøgsperioden.

### Resultater

Tabel 3 viser den målte lufttemperatur. Denne har om natten holdt sig på den indstillede minimumsværdi. Dagtemperaturerne har ligget højere end de indstillede værdier, hvilket skyldes indstrålingen fra solen. Det bemærkes, at de 2 huse med permanent isolering har haft lidt højere gennemsnitlige dagtemperatur end de 2 huse med enkeltlag glas.

**Tabel 3. Lufttemperatur**  
*Air temperature*

Periode <i>Period</i>	1/11-80 - 31/3-81		1/11-81 - 31/3-82	
	dag <i>(day)</i>	nat <i>(night)</i>	dag <i>(day)</i>	nat <i>(night)</i>
Reference (hus nr. 1) <i>(reference)</i>	20,6	17,0	20,8	17,0
Dobbeltglas (hus nr. 2) <i>(double glass)</i>	21,1	17,0	21,0	16,9
Kanalplade (hus nr. 3) <i>(double acrylic)</i>	21,0	17,0	21,4	17,0
Gardin (hus nr. 4) <i>(thermal screen)</i>	20,5	17,0	20,3	16,9

I tabel 4 ses det, at de gennemsnitlige luftfugtigheder har ligget ca. 5-10% højere i de permanent isolerede huse. Betragtes natværdierne for de 2 enkeltlag glashuse, ses disse at ligge på samme niveau, selv om isoleringsgardinet var dampstæt (Peritherm), mens skyggegardinet i referencehuset ikke var dampstæt.

Vandforbruget blev målt for de 2 forsøgsperioder. I kanalpladehuset lå forbruget af vandingsvand på 71% af forbruget i referencehuset det første år, det næste år var tallet 56%. For de 2 øvrige huse var forbruget også lidt lavere end i referencehuset.

**Tabel 4. Luftfugtighed**  
*Air humidity*

Periode <i>Period</i>	1/11-80 - 31/3-81		1/11-81 - 31/3-82	
	dag <i>(day)</i>	nat <i>(night)</i>	dag <i>(day)</i>	nat <i>(night)</i>
Reference (hus nr. 1) <i>(reference)</i>	74,8	78,4	75,0	80,8
Dobbeltglas (hus nr. 2) <i>(double glass)</i>	82,9	85,7	82,0	83,8
Kanalplade (hus nr. 3) <i>(double acrylic)</i>	84,6	86,6	80,5	82,9
Gardin (hus nr. 4) <i>(thermal screen)</i>	75,0	81,2	73,8	78,2

Energiforbruget i de 4 forsøgshuse er i tabel 5 vist i relative værdier i forhold til referencehuset.

Af tabellen fremgår, at der var god overensstemmelse mellem de 2 år, bedst var kanalplade-

**Tabel 5. Energiforbrug i % af reference**  
*Energy consumption % of reference*

Periode <i>Period</i>	1/11-80 - 1/5-81	1/11-81 - 1/5-82
	Reference (hus nr. 1) <i>(reference)</i>	100
Dobbeltglas (hus nr. 2) <i>(double glass)</i>	71	68
Kanalplade (hus nr. 3) <i>(double acrylic)</i>	61	61
Gardin (hus nr. 4) <i>(thermal screen)</i>	78	76

huset, som begge år lå på 61% af forbruget i referencehuset.

Lys. I figur 1 er indstrålingen vist som % af indstrålingen i referencehuset for de 2 år i månederne november til marts.

Fig. 1 viser, at den gennemsnitlige indstråling har ligget ca. 10-20% lavere i de 2 permanent isolerede huse, dvs. hus 2 og 3, end i de 2 huse med enkeltlag glas, dvs. hus 1 og 4. Bortset fra nogle uregelmæssigheder i november er det indbyrdes forhold mellem husene ens de 2 år. Det skal pointeres, at indstrålingen i referencehuset er sat til 100% for hver måned.

#### *Planterestater*

##### Gennemgående opgørelse

I fig. 2 er de relative tørstofproduktioner vist i et søjlediagram. Tørstofproduktionen i referencehuset er sat til 100% begge år, og dette er gjort for alle 7 plantearter.

Bortset fra *Codiaeum* har det indbyrdes forhold mellem husene været nogenlunde ens for de 2 år. Kanalpladehuset og huset med isoleringsgardiner har i tørstofproduktion generelt ligget en del højere end referencehuset, hvorimod huset med dobbeltglas for de fleste plantearter har ligget betydeligt under referencehuset. Da den gennemgående opgørelse er kendetegnet ved, at alle huse opgøres samme dag, og da der er anvendt samme plantetætheder i alle huse, udtrykker denne opgørelse tørstofproduktion pr. arealenhed pr. tidsenhed.

Fig. 1. Lysintensitet som % af reference (gennemsnit af timer med indstråling mellem 10W/m<sup>2</sup> og 100W/m<sup>2</sup>)  
 Light intensity, percentage of reference (average of hours with an intensity between 10W/m<sup>2</sup> and 100W/m<sup>2</sup>)

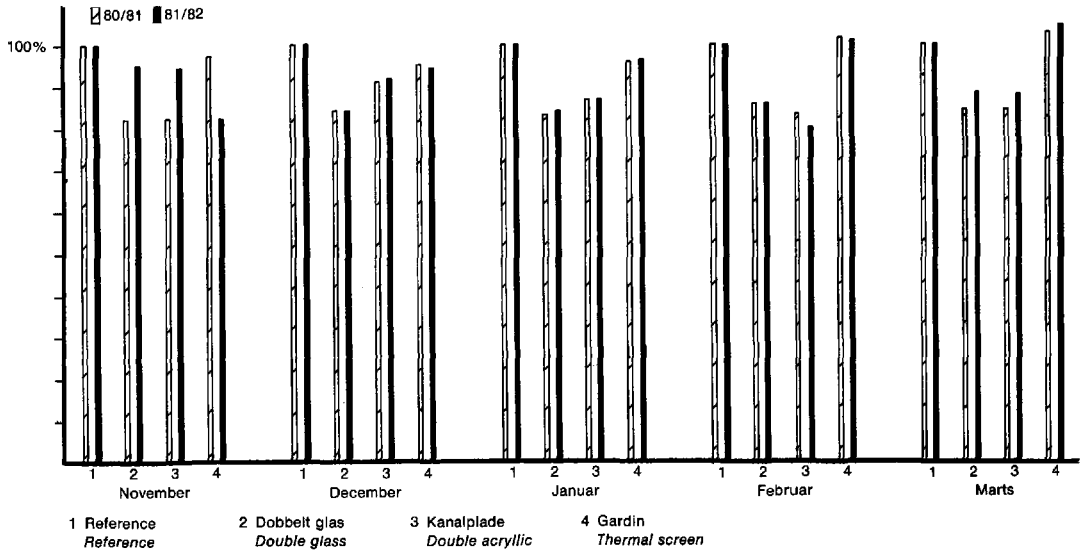


Fig. 2. Tørstofproduktion som % af reference  
 Dry matter production as % of reference

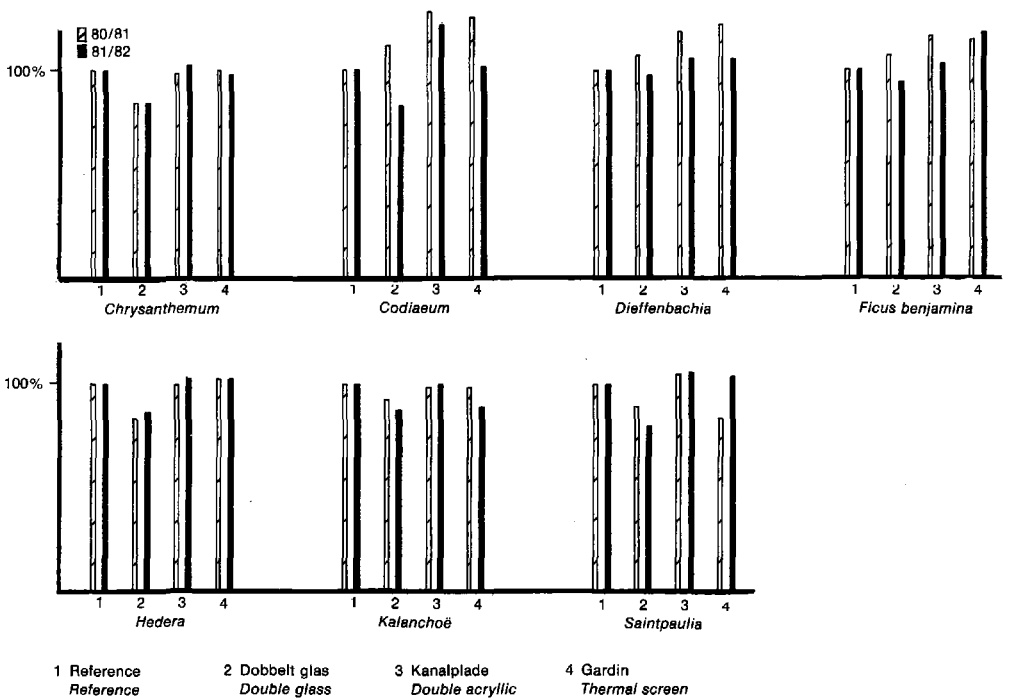
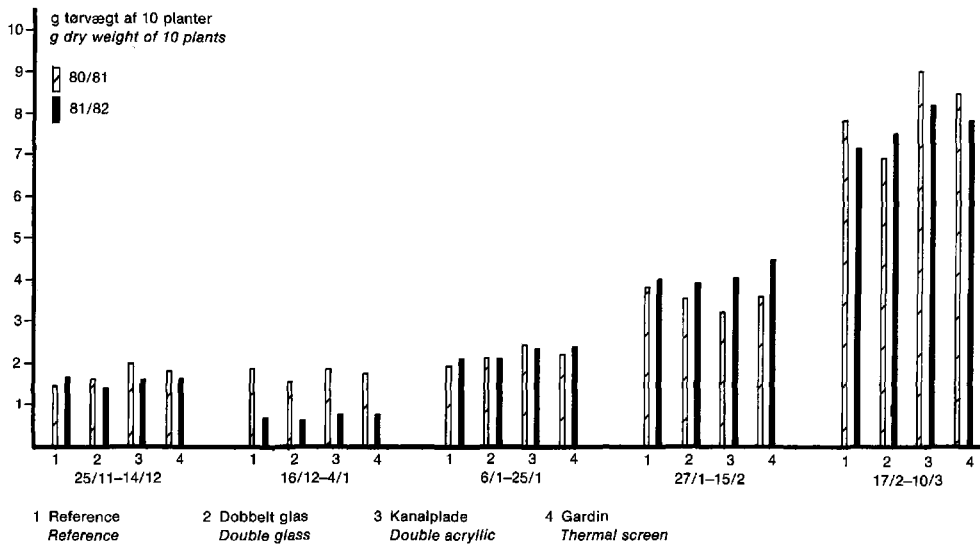




Fig. 3. Tørstofproduktion målt i 19-dages perioder gennem forsøgsperioden (*Tagetes*)  
 Dry matter production measured in 19 days periods during the experiment (*Tagetes* plants)



### Bladmasse/bladareal

For at få klarhed over, om det lavere lysniveau i de permanent isolerede huse evt. resulterede i tyndere blade, blev bladarealet og de målte blades friskvægt bestemt. Som eksempel kan nævnes, at *Codiaeum* i 1981/82 viste følgende resultater: reference 33,7 mg/cm<sup>2</sup>; dobbeltglas 32,0 mg/cm<sup>2</sup>; kanalplade 33,1 mg/cm<sup>2</sup> og gardinhuset 32,2 mg/cm<sup>2</sup>. Forskellene mellem husene var generelt små. Dvs. den permanente isolering medførte ikke tyndere blade.

### Forsøg med tørstoftilvækst (*Tagetes*)

De mørkeste perioder med den laveste tilvækst findes hos hold 1 og 2 (fig. 3). Det ses, at kanalpladehuset har ligget bedst i disse perioder. Dette viser, at man ikke får større vækstnedgang i de permanent isolerede huse i de mørke perioder end i husene med enkeltlag glas. Dobbeltglashuset (2) ligger lavere end de øvrige huse både ved lave lysintensiteter (hold 2 og 3) og ved de højeste lysintensiteter (hold 5).

### Salgsklare planter

De følgende resultater viser produktionstid og

kvalitet for de salgsklare planter, dvs. de planter, som blev opgjort efterhånden som de blev salgstjenlige.

Fig. 4 viser i et søjlediagram produktionstiden for de 7 plantearter.

Generelt kan der ikke konstateres store forskelle i produktionstider mellem de 4 hustyper, idet det indbyrdes forhold mellem husene har været forskelligt i de 2 år.

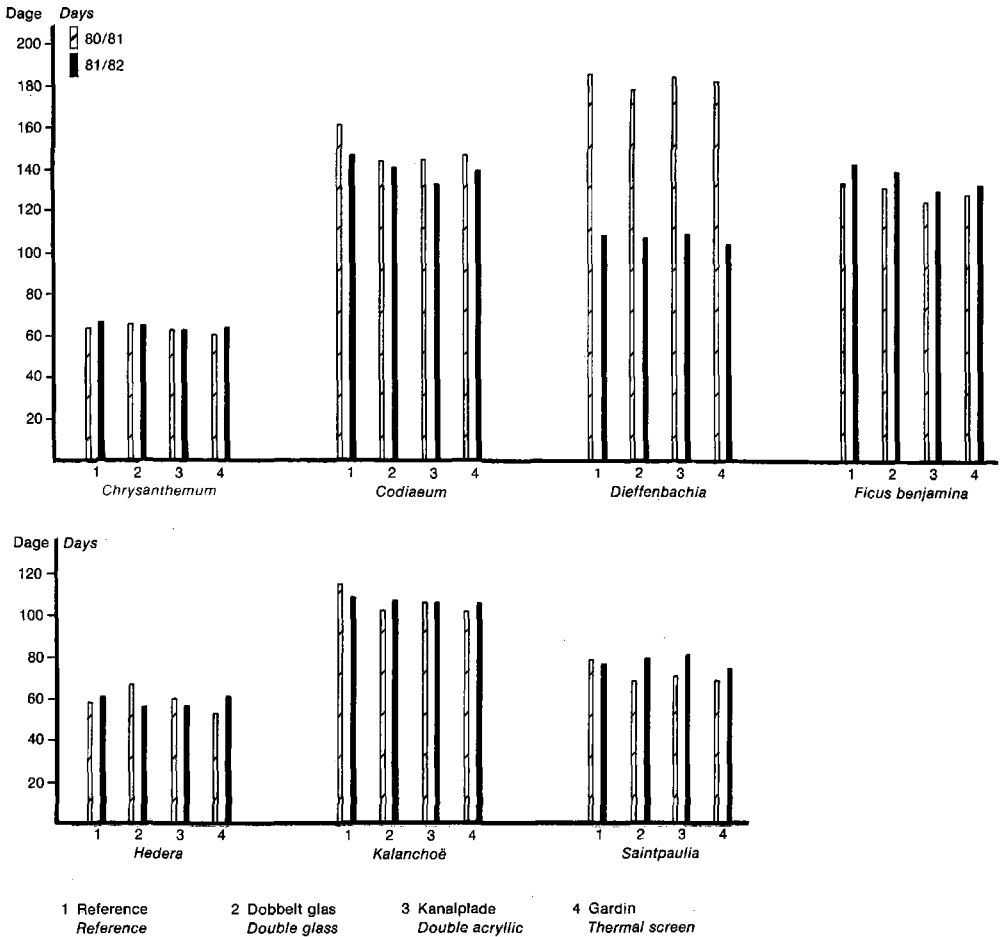
For *Codiaeum*, *Ficus benjamina*, *Kalanchoë* og *Saintpaulia* har der været tendens til de længste produktionstider i referencehuset. For *Chrysanthemum*, *Dieffenbachia* og *Hedera* har der ikke været klare forskelle mellem husene.

Hos *Dieffenbachia* er der store forskelle imellem de 2 år; dette skyldes, at salgskriteriet blev ændret i 1981/82 (se tabel 1).

### Tørstofprocent

For ingen af de 7 plantearter kunne der påvises statistisk sikre forskelle mellem de 4 huse. Forskellene mellem de 4 huse var små, og der var ingen tendenser til, at tørstofprocenten generelt lå højere i nogle huse end i andre.

Fig. 4. Produktionstid i dage  
Time of production in days



### Kompakthed

De salgsklare planters kompakthed blev bedømt efter en karakterskala med karaktererne 1, 3 og 5, hvor 5 var den mest kompakte plante. Kompaktheden blev bedømt på plantearterne *Chrysanthemum*, *Dieffenbachia*, *Ficus benjamina*, *Hedera* og *Saintpaulia*. For hver af disse plantearter blev der lavet en karakterskala. Ved hjælp af fotografier var det muligt at gøre skalaerne ens begge år.

Undersøgelserne viste, at *Chrysanthemum* havde en væsentlig mere kompakt vækst i de 2

enkeltlag glashuse end i dobbeltglashuset og kanalpladehuset. *Hedera* udviste også den mest kompakte vækst i referencehuset. Hos *Ficus benjamina* og *Saintpaulia* var der ingen iøjnefaldende forskelle mellem husene, mens *Dieffenbachia* havde størst kompakthed i kanalpladehuset. Betragtes gennemsnittet af de 2 år, kan det generelt siges, at de 2 enkeltglashuse producerede de mest kompakte planter, men der var store forskelle i det indbyrdes forhold mellem husene i de 2 år.

De enkelte plantearter

I det følgende bliver de 7 plantearter gennemgået enkeltvis. Denne gennemgang er en vurdering af de salgsklare planters kvalitetsegenskaber.

#### *Chrysanthemum*

Der kunne ikke konstateres forskelle i produktionstid mellem de 4 huse. Kvaliteten var væsentlig dårligere i kanalpladehuset og dobbeltglashuset end i de 2 enkeltlag glashuse. Denne kvalitetsnedgang skyldtes en mindre kompakt vækst samt lidt færre antal blomster.

#### *Codiaeum*

Produktionstiden var ca. 5 dage længere i referencehuset end i de 3 øvrige huse. I referencehuset udviklede planterne et bedre farvespil i form af mere gule blade, bladfarven i de isolerede huse var overvejende grøn. Dvs. en lidt længere produktionstid, samt lidt bedre kvalitet kendetegnede referencehuset. Men bortset fra bladfarven var der ingen kvalitetsforskelle mellem de 4 huse.

#### *Dieffenbachia*

Der var ingen forskelle i produktionstiderne mellem de 4 huse. Planterne i kanalpladehuset var lidt mere kompakte og havde flere sideskud pr. plante end i de øvrige huse.

Sidst i forsøgsperioden kunne der konstateres solsvidninger på bladene i dobbeltglashuset og i kanalpladehuset; dette skyldtes, at der ikke anvendtes skyggegardiner i disse 2 huse.

Generelt var plantekvaliteten bedst i kanalpladehuset.

#### *Ficus benjamina*

Produktionstiden var et par dage længere i referencehuset og i dobbeltglashuset end i de 2 andre huse. Der var ingen kvalitetsforskelle imellem husene.

#### *Hedera*

Bortset fra at planterne i referencehuset var lidt mere kompakte end i de øvrige 3 huse, kunne der ikke konstateres kvalitetsforskelle. Der kunne ikke fastslås nogen sikker forskel i produktionstid.

#### *Kalanchoë*

På grund af sygdomsangreb i 1981/82 er kvalitetsvurderingen foretaget på basis af kun 1 års resultater, og er derfor behæftet med større usikkerhed. De isolerede huse havde et par dage kortere produktionstid end referencehuset. Planterne i kanalpladehuset havde en betydelig mere ranglet vækst pga. højere blomsterstande end i de øvrige huse.

#### *Saintpaulia*

Der kunne ikke fastslås sikre forskelle i produktionstid mellem husene. Planterne i dobbeltglashuset havde en væsentlig lavere tørvægt pr. plante og en ca. 20% nedgang i antal blomster og knopper end de øvrige 3 huse. Bortset herfra var der ingen forskelle.

#### Diskussion

Det statistiske grundlag har ikke været helt tilfredsstillende, idet det kun var økonomisk muligt at bygge et væksthuse af hver slags. For at bøde på denne mangel, blev forsøget gentaget.

#### Lufttemperatur

I de permanent isolerede huse (2 og 3) var temperaturen om dagen 0,2–1,1°C højere end i husene med enkeltlagglas. Dette skyldes formodentlig, at varmetabet er 30–40% lavere i de permanent isolerede huse, mens indstrålingen kun er reduceret med 10–20%.

#### Luftfugtighed

Da det på forhånd var klart, at permanent isolering ville medføre højere luftfugtighed, blev den højest tilladelige luftfugtighed fastsat til et højt niveau, nemlig 92% RH. Herved undgik man energitab ved ventilation, idet denne grænse praktisk talt aldrig blev nået.

Da permanent isolering medfører højere temperatur på dækkematerialets indvendige side end tilfældet er for et enkelt glaslag, vil der kondenseres mindre vanddamp ved permanent isolering. Dette forklarer den højere luftfugtighed ved anvendelse af permanent isolering.

Ved en temperaturforskelle mellem ude og inde på 35°C konstaterede *Schockert* (1979) luftfugtig-

heder i dobbeltglashus på 80% RH og 62% RH i et væksthuse med enkeltlag glas.

I tabel 4 ses det, at de 2 huse med permanent isolering har ligget højest i luftfugtighed, dette gav dog ikke anledning til sygdomsmæssige problemer.

Planterne fra de permanent isolerede huse med høj luftfugtighed kunne tænkes at have svært ved at klare omstillingen til stueklima. Der er dog ikke noget, der tyder på dette; men en systematisk holdbarhedsundersøgelse ville være ønskelig.

#### Vandforbrug

Især isolering med kanalplade medførte lavt vandforbrug. Dette kan forklares ved nedsat fordampning fra planterne, idet der ikke fjernes så meget vand ved kondensation på dækkematerialets indvendige side i kanalpladehuset, som tilfældet er i et hus med enkeltlag glas (se foregående afsnit om luftfugtighed). En nedsat vandoptagelse kunne nedsætte næringsstofoptagelsen. Tegn på fejlernæring kunne dog ikke konstateres.

#### Energiforbrug

Det ses af tabel 5, at samtlige isolerede huse har haft et betydeligt lavere energiforbrug end referencehuset. En undersøgelse af luftskiftet (Skov & Bjerre, 1981) viste, at kanalpladehuset og de 2 huse med enkeltlag glas lå på samme niveau, mens dobbeltglashuset havde ca. dobbelt så stort luftskifte som de øvrige huse, dvs. det var langt mere utæt. Dette forklarer, hvorfor dobbeltglashuset har et højere energiforbrug end kanalpladehuset.

De 22–24%, som gardinisolering reducerede energiforbruget med på døgnbasis, blev opnået ved en halvering af energiforbruget om natten; om dagen sparedes der naturligvis intet. Det er derfor vigtigt at bemærke, at der ved gardinisolering ikke må spares på kedelkapacitet og varmerør. Nielsen (1981) konstaterede en kraftig stigning i energiforbruget, når gardinet blev trukket fra om morgenen. Dette forklares ved, at glasset og de kolde konstruktionsdele blottes.

#### Lysforhold

De gennemsnitlige lysintensiteter i fig. 1 er base-

ret på de lyse timer. Kun timer med intensiteter under 100 W/m<sup>2</sup> blev medtaget for at undgå skyggegardinets indvirken, idet der kun var monteret skyggegardin i husene med enkeltlag glas.

Søjlediagrammet (fig. 1) viser 10–20% reduktion i de 2 permanent isolerede huse i forhold til enkeltlag glas. Det ses, at forholdet mellem de 2 huse med permanent isolering varierer en del fra måned til måned. Der er en påfaldende god overensstemmelse mellem de 2 år, når november lades ude af betragtning.

Denne overensstemmelse tyder på, at den månedlige variation mellem husene ikke er tilfældig. Det er dog ikke muligt at give nogen tilfredsstillende forklaring på dette forhold.

Til sammenligning blev der i et norsk forsøg (Sebesta & Reiersen, 1980b) målt 10,8 ± 3% lysreduktion i et kanalpladehus i forhold til et hus med enkeltlag glas.

Endelig skal det nævnes, at lysmålingen blev foretaget med solarimetre med et følsomhedsområde på 250–3000 nm. Der er ikke taget højde for den mulighed, at kanalplader har en anden transparenens over for sollys end glas (Landgren, 1971).

#### Plantevækst

I den gennemgående opgørelse er tørstofproduktionen valgt som udtryk for husenes værdi til planteproduktion, idet denne størrelse direkte fortæller hvor stor fotosyntese, der har været.

For plantearterne *Chrysanthemum*, *Hedera*, *Kalanchoë* og til dels *Saintpaulia* er der et karakteristisk forhold mellem husene (fig. 2). Referencehuset, kanalpladehuset og gardinhuset ligger på samme niveau, mens dobbeltglashuset ligger 10–15% lavere.

For *Codiaeum*, *Dieffenbachia* og *Ficus benjamina* er der ikke særlig god overensstemmelse mellem de 2 år. Referencehuset og dobbeltglashuset har ligget på linie, mens kanalpladehuset og gardinhuset har ligget 10–20% højere.

Generelt kan det siges, at kanalpladehuset lå højest, herefter fulgte gardinhuset og referencehuset, og lavest lå dobbeltglashuset. Det sidstnævnte kan i nogen grad skyldes den lavere CO<sub>2</sub>-koncentration. Der skal gøres opmærksom på, at *Chrysanthemum*, *Hedera*, *Kalanchoë* og

*Saintpaulia* hovedsageligt har haft deres vækstperiode om efteråret, mens *Codiaeum*, *Dieffenbachia* og *Ficus benjamina* også fik gavn af lyset om foråret (se tabel 1, dato for gennemgående opgørelse).

Bladenes tykkelse blev ikke påvirket af lysreduktionen i de permanent isolerede huse. I en undersøgelse blev der hos *Ficus benjamina* konstateret færre og tykkere blade hos planter dyrket i fuld sol, sammenlignet med planter dyrket under 50% skygge (Joiner et al., 1980). I dette forsøg lå lysintensiteterne i det uskyggede væksthuse dog 4-8 gange højere end i vore forsøg. Lorenz og Wiebe (1980) undersøgte det specifikke bladareal (cm<sup>2</sup> bladflade pr. g friskvægt) hos salat og fandt, at lysniveauerne 70, 37 og 18 W/m<sup>2</sup> bevirkede specifikke bladarealer på henholdsvis 6,5; 8,1 og 9,1 cm<sup>2</sup>/g. Omregnes det specifikke bladareal til bladmasse i mg/cm<sup>2</sup> ses det, at en halvering af lyset har bevirket en reduktion i bladenes tykkelse på 20%. I dette forsøg har lysniveauerne ligget omtrent som i vore forsøg, men vore forsøg viste ingen forskelle.

I forsøget med tørstoftilvækst (*Tagetes*) (fig. 3) synes årstiden ikke at have påvirket det indbyrdes forhold mellem husenes produktionsevne. Det må dog gøres klart, at valget af plantestørrelse ved udflytning i husene er afgørende for tilvæksten. Meget små planter vil opnå en positiv nettofotosyntese under lysforhold, hvor nettofotosyntesen hos store planter ville blive negativ.

#### Salgsklare planter

Spørgsmålet om, hvorvidt det er nødvendigt at øge planteafstandene i de permanent isolerede huse, er indgående undersøgt det første år, forsøgsanlægget var i funktion (Bjerre, 1982). Konklusionen var, at det var unødvendigt.

I modsætning til den gennemgående opgørelse og tilvækstforsøget, er der i vurderingen af de salgsklare planter især lagt vægt på kvalitetsegenskaber, som er af betydning for planternes salgsværdi. De salgskriterier (tabel 1), som var grundlaget for beregning af planternes produktionstider, stammer fra gartnerierhvervet. Da der selvfølgelig er store forskelle mellem de enkelte gartnerier med hensyn til produktionstid, bør

sammenligning af produktionstiderne fra dette forsøg med tal andre steder fra ske med forsigtighed.

I vurderingen af de salgsklare planters kvalitet blev der foretaget en lang række registreringer (f.eks. højde, bredde, antal sideskud m.m.) (se tabel 2) for at fastslå, om de forskellige hustyper bevirkede karakteristiske forskelle i planternes udseende. Det ville være fejlagtigt at tro, at man ud fra disse gennemsnitstal kan slutte sig til, hvordan f.eks. den typiske *Ficus benjamina* fra et dobbeltglashus ser ud. Dertil var variationerne inden for de enkelte huse for store. Den registrering på planterne, som giver det mest rimelig skøn over planternes markedsværdi, er egenskaben kompaktthed. En kompakt plante letter håndteringen i forbindelse med forsendelse og salg, og er pænere i kundernes øjne.

#### Produktionstider

Under Resultater (fig. 4) er der nævnt, at 4 af de 7 plantearter har vist tendens til de længste produktionstider i referencehuset, mens de øvrige ikke viser tydelige tendenser. Variationerne mellem resultaterne fra de to år er generelt så store, at det for de fleste plantearter er svært at udtale sig om forskelle, som er mindre end 5%.

#### Tørstofprocent

Ved forsøgets start forventedes der en lavere tørstofprocent i de permanent isolerede huse; forsøget viste ingen sikre forskelle imellem husene.

#### Kompakthed

*Chrysanthemum* og *Kalanchoë* var de eneste plantearter, der såvel ved registreringen som under forsøget havde en så løs vækst, at dyrkning i kanalpladehus umiddelbart måtte frarådes.

Hos *Kalanchoë* blev der ikke direkte registreret kompaktthed, men de høje blomsterstande gav et ranglet udseende. Det må dog bemærkes, at en mere hensigtsmæssig vækstform hos disse 2 plantearter sandsynligvis ville kunne opnås ved at holde en lavere temperatur og ved retardering.

Resultaterne for de salgsklare planter kan sammenlignes med et forsøg, som blev udført i 1979-80 i samme forsøgsanlæg. Dette år var refe-

rencehuset dog ikke forsynet med skyggegardiner (Bjerre, 1982). Fra disse resultater bemærkes bl.a. mere gul bladfarve hos *Codiaeum* i referencehuset, mere kompakte *Hedera* i referencehuset, længere blomsterstande hos *Kalanchoë* i kanalpladehuset.

Ved en samlet vurdering af plantevæksten er der ikke noget, der tyder på, at lysreduktionen i kanalpladehuset har bevirket en nedgang i produktionssevne. I dobbeltglashuset var der dog for visse planters vedkommende en lavere produktion end i kanalpladehuset.

Det er sandsynligt, at pottedplanter med deres lave bladarealindex ikke vil give samme respons på en lysreduktion som f.eks. agurker og roser. I et norsk (Reiersen, 1981) og et hollandsk (Damen, 1980) forsøg, som blev refereret i indledningen, blev der påvist en 6% nedgang i høstudbyttet i en agurkkultur, som blev udplantet i januar i et kanalpladehus, og en 8% nedgang i stilkudbyttet i en rosenkultur, ligeledes i kanalpladehus. I begge tilfælde sammenlignedes med et enkeltlag glashus. I begge disse forsøg kunne de nævnte udbyttenedgange kun konstateres i vintertiden.

Den energibesparelse på 39%, som kunne konstateres i kanalpladehuset, kunne opnås uden produktionsnedgang. Det samme gælder gardinisolering, hvor besparelsen dog kun lå på 22–24%. Dobbeltglashuset har for flere plantearter vedkommende haft en lavere produktion end referencehuset, og energibesparelsen har kun ligget på 29–32%. Ud fra et vækstmæssigt synspunkt kan kanalpladehuset og gardinisolering anbefales som de bedste løsninger.

Denne undersøgelse har ikke vist, at en lysreduktion på 10–20% om vinteren er uden vækstmæssig betydning. Den har derimod vist, at de forskellige former for isolering medfører store ændringer i de klimatiske forhold i væksthuset. De forhold, som evt. kan forklare, at man ikke kan se nogen effekt af lysreduktionen ved permanent isolering, er 1) en højere dagtemperatur; 2) en højere bladtemperatur (målt i andre forsøg; 3) evt. den højere luftfugtighed; 4) en bedre lysfordeling i kanalpladehuset (diffust lys).

Den investeringsmæssige side vil ikke blive behandlet her, blot skal det gøres klart, at det, der

spares i energi, helst skal kunne betale den øgede investering.

### Konklusion

1. Kanalplader reducerede energiforbruget med 39%, dobbeltglas med 29–32% og isoleringsgardiner med 22–24% i forhold til et referencehus med et lag glas og skyggegardiner (som anvendtes til isolering om natten).
2. Luftfugtigheden lå 5–10% RH højere i de 2 huse med permanent isolering end i de 2 huse med enkeltlag glas. Til trods for, at isoleringsgardinet var damptæt, kunne der ikke konstateres forskelle mellem de 2 huse med enkeltlag glas.
3. Den højere luftfugtighed i de permanent isolerede huse bevirkede ingen sygdomsangreb.
4. Den permanente isolering reducerede indstrålingen til 80–90% i forhold til husene med et glaslag.
5. Den permanente isolering øgede dagtemperaturen med 0,2–1,1°C i forhold til enkeltlag glas.
6. Kanalpladehuset og huset med isoleringsgardiner havde generelt højere tørstofproduktion end referencehuset. Dobbeltglashuset havde generelt lidt lavere tørstofproduktion end referencehuset.
7. Sammenlignes tørstofproduktionen ved høje og lave lysintensiteter, kunne der ikke konstateres større produktionsnedgange i de permanent isolerede huse end i husene med enkeltlag glas.
8. Der kunne ikke konstateres sikre forskelle i produktionstid mellem de 3 isolerede huse. Der var tendens til længere produktionstider i referencehuset end i de øvrige huse.
9. Bortset fra en mindre kompakt vækst hos *Kalanchoë* og *Chrysanthemum* i kanalpladehuset og hos *Chrysanthemum* i dobbeltglashuset var der ingen nævneværdige forskelle i plantekvalitet mellem de 4 huse.

### Litteratur

Andersen, H. & Christensen, O. V. (1978): Energibesparelser Søhus 1976–77. Gartner Tidende 94, 132–134 og 152–154.

- Bjerre, H.* (1981): Energiforsøg med potteplanter. *Gartner Tidende* 97, 96–97.
- Bjerre, H.* (1982): Plantetæthedens indflydelse på plantekvalitet og produktionstid hos 6 potteplantearter. *Tidsskr. Planteavl*, 86, 389–398.
- Bjerre, H. & Nielsen, O. F.* (1981): Kanalpladehuse i Norge. *Gartner Tidende* 97, 319.
- Damen, P. C.* (1981): Telen onder duoplaat. *Vakblad voor de Bloemisterij*, 36(32); 34–35, 37.
- Hilding, A.* (1976): Första nejlikefloret kom något tidliger i glashus. *Viola* 24, 12.
- Joiner, J. W., Johnson, C. R. & Krantz, J. K.* (1980): Effect of light and nitrogen and potassium levels on growth and light compensation point of *Ficus benjamina* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105, 170–173.
- Landgren, B.* (1971): Åldringstester på täckningsmateriel til växthus. Institutionen för Lantbrukets byggnadsteknik (LBT), Specialmeddelande 4.
- Landgren, B.* (1979): Växthusklimatet undersöks. *Viola* 20, 8–9 og 11.
- Lorenz, H. P. & Wiebe, H. J.* (1980): Effect of temperature on photosynthesis of lettuce adapted to different light and temperature conditions. *Scientia Horticulturae* 13, 115–123.
- Nielsen, O. F.* (1981): Energiforbrug i nye væksthustyper. *Statens Planteavlsmøde* 1981, 27–31.
- Nielsen, O. F.* (1984): Teknisk beskrivelse af energihusene ved Institut for Væksthuskulturer.
- Reiersen, D. & Sebesta, Z.* (1980): A comparison of the effect of single glass and double acrylic sheating on plant growth and development. *Acta Horticulturae* 115, 401–408.
- Schockert, K.* (1979): Gewächshäuser mit Doppelbedachung. *KTBL-Schrift* 236. Udgivet af Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. 110 pp.
- Sebesta, Z. & Reiersen, D.* (1980a): A comparison of single glass and double acrylic sheating with respect to heat loss and effect on plant environment. *Acta Horticulturae* 115, 409–416.
- Sebesta, Z. & Reiersen, D.* (1980b): Varmeforbrug og klimaforhold i et væksthuse kledd med doble acrylicplater sammenliknet med enkelt glass dekke. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 59, nr. 9, 20 pp.
- Skov, O. & Bjerre, H.* (1981): Metoder til måling af luftskifte i væksthuse. *Gartner Tidende* 97, 640–641.

Manuskript modtaget den 28. marts 1983.