

Lavtryksopbevaring af stiklinger

I. Principper og indledende forsøg

(*Hypobaric storage of cuttings*

I. Principles and preliminary experiments)

H.E. Kresten Jensen¹⁾ og P. Molls Rasmussen¹⁾

Resumé

I beretningen gøres rede for principperne i lavtryksopbevaring (LTO), for et LTO-forsøgsanlæg og for to indledende forsøg med lavtryksopbevaring af stiklinger.

Stiklinger blev opbevaret under lavtryk (6,3, 12,6 og 25,3 kPa) og normalt tryk (101,3 kPa) i ventilerede, befugtede kamre ved bestemte temperaturer fra 1°C til 12°C.

I forsøgene undersøgte dels stiklingernes overlevelse og dels deres evne til at danne rod efter opbevaring i forskellige tidsrum.

I forsøgene indgik stiklinger af *Chrysanthemum × hortorum* L.H. Baily 'Yellow Mandalay', *Hedera canariensis* Wild. 'Gloire de Marengo', *Hibiscus rosa-sinensis* L., *Ligustrum vulgare* L. 'Atrovirens Select', *Rosa* L. 'Sweet Promise' Sonia®.

Stiklingernes holdbarhed var generelt bedre ved 1–2°C end ved højere temperaturer, dog ikke for *Hibiscus rosa-sinensis*, hvor holdbarheden var bedre ved 12°C end ved 1°C.

Ved en opbevaringstemperatur på 1–2°C havde lavtryk lille eller ingen virkning. Ved 6–12°C var holdbarheden derimod tydeligt bedre under lavtryk end under normalt tryk.

Stiklinger af *Hibiscus rosa-sinensis* led kuldeskade ved 1°C. Ved 12°C under opbevaringen blev holdbarheden forlænget fra 2 uger under normalt tryk til 6 uger under lavtryk (6,3 kPa).

Resultaterne tyder foreløbig på, at lavtryksopbevaring især kan få betydning for stiklinger, der ikke tåler lav opbevaringstemperatur.

Nøgleord: Lavtryksopbevaring, opbevaring, stiklinger.

Abstract

The principles of hypobaric storage and a research unit for this are described together with two preliminary experiments.

Cuttings were stored under hypobaric and normal pressures in ventilated, humidified containers at fixed temperatures from 1°C to 12°C. Pressures maintained were 6.3, 12.6, 25.3 and 101.3 kPa equivalent to 47.5, 95, 190 and 760 mm Hg.

¹⁾ Medlemmer af arbejdsgruppen for lavtryksopbevaring af havebrugsprodukter, der består af: A. Skytt Andersen, Afd. f. fysiologisk botanik, KVL., N. Bredmose, Statens Væksthusforsøg, Årslev, H.E. Kresten Jensen, Statens Væksthusforsøg, Årslev, O. Nymark Larsen, Hornum forsøgsstation, Års., H. Mygind, Statens plante-patologiske Forsøg, Lyngby, E. Rasmussen, Årslev forsøgsstation, Årslev, P. Molls Rasmussen, Blangstedgård forsøgsstation, Odense.

Recordings were made on survival and rooting ability following storage of cuttings of *Chrysanthemum* × *hortorum* L.H. Bailey 'Yellow Mandalay', *Hedera canariensis* Wild. 'Gloire de Marengo', *Hibiscus rosa-sinensis* L., *Ligustrum vulgare* L. 'Atrovirens Select', *Rosa* 'Sweet Promise' Sonia®.

Low storage temperatures 1–2°C generally extended storage life over higher temperatures except for cuttings of *Hibiscus rosa-sinensis*, which stored longer at 12°C than at 1°C.

At storage temperatures 1–2°C low pressure had little effect in most cases. At 6–12°C storage life was significantly extended by hypobaric pressures compared to normal pressure.

Cuttings of *Hibiscus rosa-sinensis* suffered cold injury at storage temperature 1°C. At 12°C the useful storage life of cuttings of *Hibiscus rosa-sinensis* was improved from 2 weeks at normal pressure to 6 weeks under hypobaric conditions (6.3 kPa).

Hypobaric storage of cuttings may especially prove useful for cuttings which are sensitive to low storage temperatures.

Key-words: Hypobaric storage, low pressure storage, storage, cuttings.

Indledning

Behovet for en metode

I havebrugserhvervet er der et stort behov for opbevaring af stiklinger af de plantearter, der bruges til potteplanter, landskabsplanter eller afskårne blomster, men faget mangler sikre metoder.

Almindelig køleopbevaring kan bruges til nogle planteslægter som f.eks. chrysanthemum og nelike, men de fleste andre tåler ikke almindelig køleopbevaring. Oftest bruges derfor kun hestand i fugtigt, afsvalet rum i højst 3 dage.

Der er dels et behov for korttidsopbevaring i 1–4 uger som et middel til arbejdsudjævning og akkumulering af en stor mængde stiklinger til levering på en bestemt dato. Dels er der et stort behov for langtidsopbevaring 1–6 måneder. I de fleste kulturer er der en overproduktion af gode stiklinger i sommerhalvåret. I vinterhalvåret producerer moderplantekarterne derimod for få stiklinger og kvaliteten er ikke god.

Med en metode til langtidsopbevaring ville de mange stiklinger, der produceres og kastes bort om sommeren kunne gemmes og blive udnyttet om vinteren eller i det tidlige forår. Arealet til moderplanter ville kunne skæres ned, fordi flere stiklinger fra samme areal kunne blive udnyttet. Forudsætninger er naturligvis, at stiklingerne overlever og bibeholder evnen til at danne rødder og at planternes senere udvikling er normal. Først da kan metoden kaldes sikker. Når stiklingerne tages ud efter opbevaring, skal deres kvalitet væ-

re lige så god, som kvaliteten af de stiklinger, der kan høstes på moderplanterne på det pågældende tidspunkt.

Lavtryksopbevaring (LTO) er en metode, som åbner mulighed for sikker opbevaring af stiklinger i kortere og i længere tid. Ved denne metode kan man opnå både lav respiration og lav ethylenproduktion i plantematerialet under opbevaring (Burg & Burg 1966, Dillely *et al.* 1975) også selv om temperaturen holdes højere end ved almindelig køleopbevaring.

Kontrolleret atmosfære (CA) er en metode, hvis muligheder til stiklingeopbevaring også burde undersøges nærmere.

Fordele ved LTO-metoden sammenlignet med CA-metoden er rent praktisk, at lavtrykket hurtigt og nemt kan afbrydes og genskabes uden tab af virkningen på plantematerialets holdbarhed (Burg 1973).

Endvidere kræver LTO mindre daglig overvågning og justering end CA. Virkemæssigt har LTO den fordel, at den giver et ekstra lavt ethyleniveau i plantematerialet sammenlignet med CA. Også selv om ethylen fjernes ved filtre i CA-anlæg (Dillely *et al.* 1975).

Lavtryksmetodens princip og virkemåde

Princippet i LTO er bl.a. beskrevet af Burg & Burg (1966), Burg (1973), Dillely *et al.* (1975) samt Bredmose (1975).

Metoden består i at opbevare plantemateriale i rum, hvori der skabes følgende klimaforhold:

1. et lavtryk væsentligt under 1 atm.,
2. en bestemt, konstant, ofte lav temperatur,
3. en høj luftfugtighed,
4. et friskluftskifte.

Lavtrykket tilvejebringes ved hjælp af vakuumpumpe. Undertrykket bevirker, at antallet af molekyler pr. volumenenhed af alle tilstedeværende luftarter formindskes proportionalt med tryksænkningen. F.eks. vil en reduktion af lufttrykket til 1/16 atm. bevirke en sænkning af antallet af iltmolekyler til 1/16 af det normale. Herved hæmmes respirationen, idet der er færre iltmolekyler tilgængelige for respirationsprocessen end ved normaltrykket. På tilsvarende måde sænkes koncentrationen af ethylen både i og omkring plantematerialet. Ethylen er en vigtig faktor for forældelsesprocessers begyndelse og videre forløb. Typiske resultater af forældelsesprocesser er modning hos frugt, visning af afskærne blomster, klorose og bladfald hos stiklinger.

En bestemt, konstant temperatur etableres ved at anbringe lavtrykskamrene i et temperaturstyret rum, f.eks. et kølerum. Herved opnås en form for kappekøling, hvilket giver lille fordampning fra plantematerialet. Ved at holde en temperatur, der ligger lige over kuldetålsomhedsgrænsen for den pågældende planteart, sikres, at plantematerialet lagres ved den temperatur, der giver det laveste respirations- og transpirationsniveau som funktion af temperaturen alene.

Høj luftfugtighed er nødvendig for at hindre udtørring af plantematerialet. I lavtrykssystemet sikres en høj luftfugtighed ved befugtning af den indgående friskluftstrøm. En supplerende mulighed er indlægnings af våde kapilærmåtter, der kan afgive vanddamp til luften. Plantematerialet kan emballeres i plast for at nedsætte fordampningen, men dette kan formentlig ændre luftens sammensætning omkring plantematerialet.

Den rette balance mellem udtørring og kondensdannelse synes at være et særlig vigtigt og vanskeligt forhold under LTO. Formentlig er faren for udtørring særlig stor på grund af friskluftskiftet. Hvis f.eks. den relative luftfugtighed i LT-kammeret er 80%, vil vand fra plantematerialet fordampe således, at denne tilstand forskydes mod 100% RH i luften. Uden tvungen luft-

skifte ville dette kun skulle ske én gang, og det ville kun bevirke et lille vandtab fra plantematerialet. Da luften i LTO-systemet bestandig fornyes, vil en kontinuerlig udligningsproces finde sted. Ved høj RH f.eks. 98% vil den mængde vand, der forbruges fra plantematerialet til udligningsprocessen være væsentlig mindre end ved 80% RH. Høj relativ luftfugtighed er derfor vigtig til imødegåelse af udtørring.

Den omstændighed, at antallet af vandmolekyler også falder proportionalt med tryksænkningen, har formentlig kun ringe betydning, fordi trykket i vandmassen i plantematerialet reduceres tilsvarende. Forholdet mellem planternes og luftens damptryk forbliver da det samme. Dog er det muligt, at der er en forskel under selve tryksænkningen, hvor plantematerialets vanddamptryk formentlig er højere end luftens. Det er et forhold, som benyttes til nedkøling af salat med hastig fordampning fra plantemassen som virkemekanisme (Boer 1976).

Vandhinder på plantemateriale kan føre til ophobning af ethylen, da vandhinderne virker som en barriere for ethylenet (Kawase, 1976). Indlægnings af våde stiklinger, for tæt plantemasse eller kondensering af vand på plantematerialet må derfor undgås.

Friskluftskiftet modvirker forskydninger i luftens sammensætning. I et lukket system ville der ophobes den ethylen og CO₂, som plantematerialet afgiver, og iltkoncentrationen ville falde til måske letale grænser i takt med forbruget til respiration. Ved konstant indtagning af en vis mængde friskluft søges opretholdt en balance mellem luftarterne, som ligger nær forholdet i frisk luft.

Tidligere undersøgelser med lavtryksopbevaring af stiklinger

De tidligst rapporterede forsøg med lavtryksopbevaring af plantemateriale er foretaget af Hummel & Stoddard (1957). Deres forsøg viste, at holdbarheden af salat, bladselleri, grønne bønner, tomater og jordbær blev væsentligt forbedret ved anvendelse af et lukket system, hvor trykket holdtes mellem 88 kPa (660 mm Hg) og 101 kPa (760 mm Hg). Imidlertid blev sammenligningen

foretaget mellem alm. køleskab og det lukkede lavtrykssystem. Det er derfor muligt, at den opnåede virkning skyldes andet end det reducerede tryk. Som forfatterne selv er inde på, kan virkningen skyldes højere CO₂ og lavere O₂ i det lukkede system, end i køleskabet.

Siden da har ventileret LTO været prøvet til både frugt, grønsager, afskårne blomster og stiklinger. I det følgende gøres kun rede for forsøg med stiklinger.

Burg (1973) mener på grundlag af egne laboratorieundersøgelser og forsøg udført af firmaet Yoder Bros., at den mulige opbevaringstid for stiklinger kan fordobles eller tredobles ved anvendelse af lavtryksopbevaring. Bløde chrysanthemumstiklinger skulle således kunne opbevares i 6 uger mod normalt 2 uger og hårde chrysanthemumstiklinger i 12 uger mod normalt 3–6 uger i almindeligt kølerum. Nellikestiklinger skulle kunne holde mindst 8 måneder mod normalt 3–4 måneder. Lavtryksbetingelserne var ifølge Burg 8 kPa (60 mm Hg) ved 1–2°C og Burg oplyser, at stiklingerne efter opbevaring rodede og udviklede sig normalt. Resultaterne angives dog uden dokumentation for, hvor stor en andel af de LT-opbevarede stiklinger, der overlevede LTO, samt hvor mange der rodede og blev til normale salgbare planter.

Butters (1976) gør opmærksom på to særlige problemer forbundet med almindelig køleopbevaring af chrysanthemumstiklinger. For det første kan der ske skade på bladene, således at forrådnelse sætter ind. For det andet kan topskuddets meristem blive dræbt (blindness), således at stiklingerne efter rodning udvikler sig til en grenet plante, selvom dette ikke er tilsigtet. Butters (1977) konkluderer ud fra foreløbige undersøgelser, at skade på topskuddets meristem indtræder senere ved opbevaring under lavtryk. Lavtryksbetingelserne var her 6,7 kPa (50 mm Hg) ved 0–2°C og stiklingerne var anbragt i lukket plastpose under opbevaringen. Den længste holdbarhed havde sorten 'Hurricane', der kunne opbevares i 6 uger under lavtryk mod 3 uger uden lavtryk.

Eisenberg *et al.* (1977) har sammenlignet holdbarheden hos urodede stiklinger af *Pelargonium*

× *hortorum* under 3,3 kPa (25 mm Hg) og 101 kPa (760 mm Hg). Standardbetingelserne var 2°C, 95–98% RH og 1,0 luftskifte pr. time. Før opbevaringen blev stiklingerne dyppet i fungicid, tørret og anbragt i plastposer med løs lukning. Ved normalt tryk var stiklingernes holdbarhed 2 uger, mens holdbarheden ved 3,3 kPa (25 mm Hg) (1/30 atm.) var 6 uger. Ved almindeligt atmosfæretryk forekom skudspidsdød, stængelbasisforrådnelse og gulfarvning. Eisenberg *et al.* mener, at den forbedrede holdbarhed skyldes det lavere partialtryk af ilt og ethylen under lavtryk.

Motivering

Arbejdsgruppen for lavtryksopbevaring af havebrugsprodukter konkluderede, at metoden burde efterprøves, udvikles og demonstreres i Danmark med bl.a. stiklinger af flere plantearter end tidligere undersøgt.

Formålet med de to første forsøg har været at belyse virkningerne af forskellige kombinationer af tryk, temperaturer og luftfugtighedsgrader for derigennem at få et indtryk af LTO-metodens potentielle til opbevaring af stiklinger af forskellige plantearter.

De to undersøgelser må betragtes som foreløbige, da de er udført samtidig med teknisk udvikling af lavtryksanlægget. Især har styring af luftfugtigheden været under udvikling.

Materialer og metoder

Til de to forsøg er anvendt dels et LTO-forsøgsanlæg, som er opstillet på Blangstedgård forsøgsstation, dels et formeringsrum, som er indrettet på Statens Væksthusforsøg i Årslev.

I forsøg 1 undersøgte virkningerne af 4 forskellige trykniveauer ved 3 forskellige temperaturniveauer. De 4 tryk var 6,3, 12,6, 25,3 og 101,3 kPa svarende til 47,5, 95, 190 og 760 mm Hg eller 1/16, 1/8, 1/4 og 1 atm. De tre temperaturniveauer var 2°, 6° og 10°C. I undersøgelsen indgik topstiklinger af *Chrysanthemum* × *hortorum* L.H. Baily 'Yellow Mandalay', ledstiklinger af *Hedera canariensis* Wild. 'Gloire de Marengo', bladbærende ledstiklinger fra årsskud af *Ligustrum vulgare* L. 'Atrovirens Select' og ledstiklinger af *Rosa* L. 'Sweet Promise' Sona®.

Forsøg 1 blev begyndt den 4. oktober 1976. Før opbevaring blev alle stiklinger dyppet i 3 min. i en 0.05 pct. opløsning af svampemidlet 'Benomyl'. Der var 18 stiklinger pr. behandling. Under opbevaringen i LTO-kamrene stod stiklingerne frit eksponerede i metalkurve.

Med 5 ugers mellemrum blev partier af stiklinger taget ud til bedømmelse for antal levende og døde. Derefter blev alle overlevende stiklinger stukket i formeringsrummet i ren peralite, der var tilført gødning. Formeringen skete under »tåge« ved konstante forhold mht. temperatur, lysintensitet og daglængde: 23°C, 17–20 W/m² i bordhøjde og 12 timers dag. Hver uge blev stiklingerne vandet med 0,05 pct. Hornumblanding (*Knoblauch* 1973).

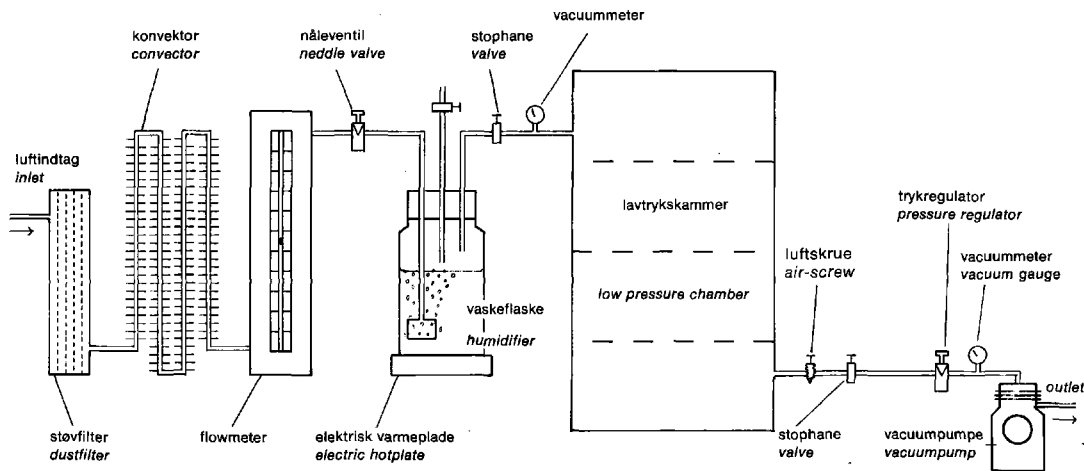
Efter en formeringsperiode på 4–7 uger, afhængig af planteart, registreredes antal levende stiklinger, antal stiklinger med rod samt antal stiklinger med knopbrud, hvor dette var relevant.

I forsøg 2 undersøgtes virkninger af 2 tryk ved 2

temperaturer og 2 luftfugtighedsniveauer. Lufttrykkene var 6,3 kPa og 101,3 kPa (47,5 og 760 mm Hg), og de to temperaturer var 1° og 12°C. De to luftfugtighedsniveauer kunne ikke måles, da måleudstyr ikke var installeret på det tidspunkt. På grundlag af sideløbende undersøgelser kan man imidlertid slutte, at de to niveauer formentlig har været henholdsvis ca. 93% RH og ca. 98% RH. I forsøg 2 indgik stiklinger af *Chrysanthemum × hortorum* og *Hibiscus rosa-sinensis*, og der blev udtaget 20 stiklinger pr. behandling hveranden uge.

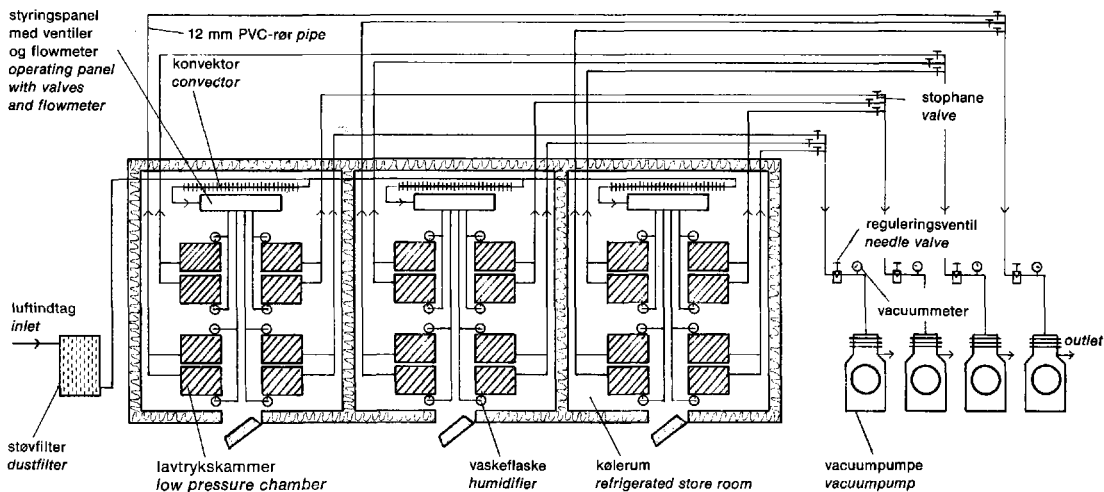
Forsøg 2 blev begyndt 10. maj 1977. I dette forsøg blev stiklingerne ikke dyppet i svampemiddel. Plantemassen pr. rumfang under opbevaringen var væsentlig mindre i forsøg 2 end i forsøg 1.

LTO-anlægget fig. 1 og fig. 2 omfatter 3 individuelt styrede kølerum (2,5 × 2,5 × 2,5 m), hvori der i hvert rum er opstillet 8 lavtrykskamre på hver 234 l (90 × 62 × 42 cm), ialt 24 LTO-kamre.



Figur 1. Principskitse for lavtryksopbevaring, hvor lufttemperatur, luftstrøm, luftfugtighed og lufttryk styres. Før luften går ind i lavtrykskammeret, passerer den gennem et støvfilter, en konvektor, et flowmeter, en nåleventil og en vaskeflaske på varmeplade. På begge sider af lavtrykskammeret findes stophaner, der anvendes sammen med en luftskrue og et vacuummeter, når trykket skal udlignes før åbning af kammeret. På sugesiden passerer luften endvidere gennem en trykregulator, et vacuummeter og vacuumumpen.

Schematic diagram of hypobaric equipment where air temperature, air flow, air humidity and air pressure is controlled. Before entering the low pressure chamber the air passes through a dust filter, a convector, a flow meter, a needle valve and a humidifier on a hot plate. On both sides of the low pressure chamber are valves, which are used together with an air-screw and a vacuummeter, when the pressure has to be settled for opening of the chamber. On the suction side the air also passes through a pressure regulator, a vacuummeter and the vacuum pump.



Figur 2. Diagram over lavtryksanlægget, der omfatter 24 lavtryksskammer fordelt på 3 individuelt styrede kølerum. Diagrammet viser tilslutning af vacuumpumper ved forsøg med 4 trykniveauer på 3 temperaturniveauer med mulighed for 2 luftudskiftningshastigheder eller 2 luftfugtighedsniveauer.

Diagram of the research unit for hypobaric storage. The unit consists of 24 low pressure chambers placed in 3 individually controlled storage rooms. The diagram shows connections of vacuum pumps for experiments with 4 pressure levels at 3 temperature levels and possibility of 2 levels of air flow or 2 levels of air humidity.

Pumpeudstyret består af 3 Neuberger membranvacuum pumper²⁾ med en kapacitet på hver 150 l pr. minut og 1 pumpe med en kapacitet på 50 l pr. minut. Pumperne er via vacuummetre, reguleringsventiler og stophaner direkte tilsluttet de enkelte kamre.

Luftindtag sker fra fri luft gennem et 6 m højt PVC-rør, $d = 100$ mm. Derefter passerer luften et støvfiltter og ledes til 3 konvektorer, en i hvert kølerum, for at justere indgangsluftens temperatur i overensstemmelse med temperaturen i rummet og dermed i lavtryksskammeret. Umiddelbart før luften ledes ind i lavtryksskammerne, føres den gennem en vandsøjle i en 2 l kolbe på varmeplade for at befugte luften.

Formeringsrummet måler 11 m i længden, 3,50 m i bredden og 2,10 m i højden og er placeret i en bygning med betongulv, murstensvægge og eternittag. Vægge og loft er af 9 mm vandfast krydsfinér, malet med hvid Urethan Alkydmalning. Isole-

ring er 100 mm Rockwool A-batts med 'Alukraft' dampspærre.

Dyrkningsbordet måler $8,40 \times 1,20$ og er 70 cm højt. Det er opbygget af trykimprægneret fyrretræ med bund af 6 mm eternitplade, 40 mm sand, plastikfolie samt Vattex-måtte. Som bordben er anvendt betonben af typen Table Top.

Varmeanlægget består af 3 styk 1000 W el-radiatorer styret af fælles rumtermostat, type Danfoss RT 115. Dyrkningsbordet opvarmes ved hjælp af et 900 W el-varmekabel monteret på galv. trådned, placeret i bordets sandlag. Bordvarmen styres af en Thematic termostat med føler (thermistor) placeret i sandlaget.

Ventilationsanlægget omfatter luftkonditioneringscentral fabrikat: Nordisk Ventilator type Climaster ZCB-77 med indbygget køleplade. Kapacitet max. 3000 kcal/h. Kølingen sker enten ved indblæsning af køligere luft fra det fri, eller ved vandkøling. Anlægget styres af en ombygget varmeregulator, fabrikat Dansk Gartneri-Teknik type Lumix 11 W. Såvidt muligt sker kølingen ved indblæsning af køligere luft fra det fri. Når ude-temperaturen overstiger den ønskede temperatur

²⁾ Angivelse af et bestemt handelsnavn betyder ikke en fremhævelse af det pågældende produkt fremfor andre som også kan være egnede.

i formeringsrummet, lukkes der for friskluften, således at der udelukkende foregår recirkulation. Samtidig åbnes der for cirkulation af kølevand gennem den indbyggede køleplade.

Recirkulation af luften kan enten ske kontinuert eller styres (afbrydes) af en Danfoss RT 115 rumtermostat.

Belysning sker med 15 stk. Philips AF 21-404 LC armaturer med hver 4 stk. TL 40/33 lysstofrør, monteret i Polystyrol isoleret lyskasse, op-hængt under loftet. Lysstofrørene er mod dyrkningsbordet afskærmet med glas. Belysningen styres af et UNI 45 kontaktur. Installeret belysning = 240 W/m² ydende 17-20 W/m² i bordhøjde.

Et tågedyseanlæg styres af en tågeautomat fabrikat: Dansk Gartneri-Teknik type FHT med elektronblad.

I formeringsrummet kan holdes konstante forhold mht. lys, temperatur og vanding året igennem. Det er således muligt direkte at sammenligne formeringsevnen hos stiklingeprøver taget ud af lavtryksskamrene på forskellige tider af året.

Resultater

I begge forsøg var virkningen af lavtryk tydeligt afhængig af temperaturniveauet under opbevaringen. Generelt havde lavtryk under opbevaringen kun ringe virkning på stiklingernes holdbarhed ved 1-2°C, hvor holdbarheden som regel var bedst. Ved høj opbevaringstemperatur, 6-12°C, blev stiklingernes holdbarhed derimod klart forbedret ved anvendelse af lavtryk under opbevaringen.

I forsøg 1 kunne stiklinger af *Chrysanthemum* × *hortorum*, *Hedera canariensis* og *Rosa* opbevares i 5 uger og *Ligustrum vulgare* i 10 uger og derefter danne rødder på mindst 75% af stiklingerne. *Tabel 1* viser antal overlevende stiklinger ud af 18 efter opbevaring i 5 uger. Tallene viser klart, at trykforholdene ikke havde nogen betydning ved en opbevaringstemperatur på 2°C, mens antallet af overlevende steg med faldende tryk, når opbevaringstemperaturen var 6 eller 10°C. Af *tabel 2* fremgår hvor mange stiklinger ud af 18 der i forsøg 1 både overlevede og dannede rødder

Tabel 1. Antal overlevende stiklinger ud af 18 efter opbevaring i 5 uger ved 3 temperaturniveauer kombineret med 4 trykniveauer.

Survival following 5 weeks storage at 3 temperature levels and 4 atmospheric pressure levels. Number of cuttings out of 18.

Planteart	Temp.	Atmosfæretryk			
		6,3 47,5	12,6 95	25,3 190	101,3 760
kPa mm Hg					
<i>Chrysanthemum</i>	2°	18	18	18	18
	6°	16	18	14	4
	10°	18	18	6	0
<i>Hedera</i>	2°	18	18	18	18
	6°	18	18	12	12
	10°	18	18	18	4
<i>Ligustrum</i>	2°	18	18	18	18
	6°	18	18	17	5
	10°	18	18	17	2
<i>Rosa</i>	2°	18	18	18	18
	6°	18	17	14	0
	10°	18	12	7	0

Tabel 2. Antal rodede stiklinger ud af 18 efter opbevaring i 5 uger ved 3 temperaturniveauer kombineret med 4 trykniveauer efterfulgt af 4-7 ugers formering.

Number of cuttings which survived and rooted following 5 weeks storage at 3 temperature levels and 4 atmospheric pressure levels. Numbers out of 18.

Planteart	Temp.	Atmosfæretryk			
		6,3 47,5	12,6 95	25,3 190	101,3 760
kPa mm Hg					
<i>Chrysanthemum</i>	2°	17	18	17	18
	6°	10	16	10	0
	10°	14	13	0	0
<i>Hedera</i>	2°	18	17	14	15
	6°	7	9	5	0
	10°	18	16	16	4
<i>Ligustrum</i>	2°	17	16	13	14
	6°	16	17	15	5
	10°	17	16	13	0
<i>Rosa</i>	2°	14	12	14	0
	6°	15	12	2	0
	10°	9	2	0	0

efter opbevaring i 5 uger. *Tabel 2* viser samme tendens som *tabel 1*.

Efter 10 ugers opbevaring var alle stiklinger i forsøget døde med undtagelse af *Ligustrum vulgare*, der overlevede 100% ved 2°C. *Tabel 3* viser, at roddannelsen for disse stiklinger var bedre efter opbevaring under lavtryk. Knopbrydningsprocenten blev derimod ikke påvirket af trykket under opbevaringen.

Tabel 3. Overlevelse, roddannelse og knopbrud i % hos *Ligustrum vulgare* efter opbevaring i 10 uger ved 2°C og formering i 7 uger.

Effect of 4 pressures during 10 weeks storage at 2°C on survival, rooting and bud break in cuttings of Ligustrum vulgare propagated for 7 weeks after the storage period.

	Atmosfæretryk			
	6,3 47,5	12,6 95	25,3 190	101,3 760
	kPa mm Hg			
% Overlevede (Survival)	100	100	100	100
% med rod (Rooting)	83	89	55	50
% med knopbrud (Bud break)	89	89	100	94

I forsøg 2, hvor opbevaringstemperaturerne var hhv. 1° og 12°C, var det tydeligt, at 1°C var for koldt for stiklinger af *Hibiscus*. Her døde alle stiklinger af kuldeskade inden første udtagning efter 2 uger. Ved 12°C overlevede hibiscusstiklingerne længere, og som det fremgår af *tabel 4* havde lavtryk her en meget positiv virkning. Ved 101 kPa (760 mm Hg) kunne hibiscusstiklinger opbevares 2 uger med bibeholdelse af evnen til at danne kallus og/eller rødder. Ved lavtrykket 47,5 mm Hg kunne hibiscusstiklinger derimod opbevares i 6 uger ved 12°C, altså en tredobling af lagertiden for hibiscusstiklinger som følge af lavtryk.

Som vist i *tabel 5* og *6* var holdbarheden af chrysanthemumstiklinger bedre ved 1°C end ved 12°C. Ved lav temperatur havde lavtryk ingen virkning (*tabel 5*). Ved høj temperatur under opbevaringen overlevede stiklingerne derimod læn-

Tabel 4. Antal hibiscusstiklinger ud af 20 med rod eller kallus efter opbevaring ved 12° i 2, 4 eller 6 uger ved 2 tryk og 2 luftfugtighedsgrader (RH) og formering i 7 uger.

Number of hibiscus cuttings out of 20 with roots or callus following storage at 12° for 2, 4, or 6 weeks at 2 pressures and 2 levels of air humidity followed by 7 weeks of propagation.

LTO-periode (Storage period)	6,3 kPa 47,5 mm Hg		101,3 kPa 760 mm Hg	
	lav RH	høj RH	lav RH	høj RH
2 uger (2 weeks)	20	20	20	20
4 uger (4 weeks)	20	20	1	9
6 uger (6 weeks)	20	20	0	0

Tabel 5. Antal chrysanthemumstiklinger ud af 20 med rod efter opbevaring ved 1° C i 2, 4, eller 6 uger ved 2 tryk og 2 luftfugtighedsgrader (RH) og 4 ugers formering.

Number of chrysanthemum cuttings out of 20 with roots following storage at 1° C for 2, 4, or 6 weeks at 2 pressures and 2 levels of air humidity followed by 4 weeks of propagation.

LTO-periode (Storage period)	6,3 kPa 47,5 mm Hg		101,3 kPa 760 mm Hg	
	lav RH	høj RH	lav RH	høj RH
2 uger (2 weeks)	20	20	20	20
4 uger (4 weeks)	20	20	20	20
6 uger (6 weeks)	19	18	20	10

Tabel 6. Antal chrysanthemumstiklinger ud af 20 med rod efter opbevaring ved 12° C i 2, 4 eller 6 uger ved 2 tryk og 2 luftfugtighedsgrader (RH) og 4 ugers formering.

Number of chrysanthemum cuttings out of 20 with roots following storage at 12° C for 2, 4, or 6 weeks at 2 pressures and 2 levels of air humidity followed by 4 weeks of propagation.

LTO-periode (Storage period)	6,3 kPa 47,5 mm Hg		101,3 kPa 760 mm Hg	
	lav RH	høj RH	lav RH	høj RH
2 uger (2 weeks)	18	20	17	20
4 uger (4 weeks)	15	17	0	0
6 uger (6 weeks)	0	0	0	0

gere under lavtryk end under normaltryk (tabel 6). De to luftfugtighedsniveauer i forsøg 2 gav ikke store forskelle omend der måske navnlig for *Hibiscus* var en tendens mod bedre holdbarhed ved den højeste luftfugtighed.

Diskussion

Resultaterne fra forsøg 1 og 2 er i store træk i god indbyrdes overensstemmelse. I begge forsøg havde lavtryk virkning ved høj opbevaringstemperatur, men ringe eller ingen virkning ved lav temperatur, hvor holdbarheden generelt var bedst. I begge forsøg kunne chrysanthemumstiklinger opbevares i 5–6 uger, men ikke længere.

Resultaterne stemmer ikke overens med dem, som er beskrevet af *Burg* (1973). Ifølge *Burg* skulle holdbarheden af chrysanthemumstiklinger ved lav temperatur være 2–3 gange længere under lavtryk end under normale trykforhold. I vort forsøg 1 skulle chrysanthemumstiklingerne altså have haft en holdbarhed på 10–15 uger under lavtryk, 47,5 mm Hg, og den bedste lagertemperatur, 2°C. Dette var imidlertid ikke tilfældet. Forskellen kan skyldes, at *Burg* (1973) sammenligner med alm. køleopbevaring, hvor vi sammenligner med kappekølet, ventilret og befugtet atmosfære. Der er dog grund til at fremhæve den forskel, der er mellem andres og vore resultater. Også *Butters* (1977) og *Eisenberg et al.* (1977) rapporterer virkning af lavtryk ved lav temperatur, mens vi kun undtagelsesvis fik virkning af lavtryk ved lav temperatur.

Ser man bort fra temperaturniveauer er der god overensstemmelse mellem den 2–3 gange længere holdbarhed af hibiscusstiklinger i vort forsøg 2 og den forlængelse af holdbarhed som følge af lavtryk fundet med andre plantearter af de samme forfattere.

Generelt må man nok sige, at den periode stiklinger kunne opbevares under lavtryk i vore forsøg var kortere end ventet, navnlig på baggrund af de meget lovende resultater fra Amerika beskrevet af *Burg* (1973).

Årsagerne til, at holdbarheden under lavtryk var mindre end ventet, og at lavtryk ikke gav store udslag ved lav temperatur, kan være flere. For det første er det muligt, at *Burg's* optimisme

med hensyn til lavtryksmetodens potentielle har være for stor. Som tidligere nævnt er resultaterne ikke dokumenterede og som nævnt af *Butters* (1977) har det ikke endnu været muligt at reproducere dem og dermed verificere dem.

En årsag til at lavtryk i en del tilfælde ikke virkede ved lav temperatur i vore forsøg kan være mangelfuld kontrol over luftfugtigheden. Plante-materialet kan have været for vådt med vandhinder, der hindrer udveksling af luftarter (*Kawase*, 1976). Herved kan fjernelse af ethylen være blevet hæmmet, og netop dette er et væsentligt element i lavtryksmetoden. En anden mulighed er, at behovet for ilt er lavt ved lav temperatur. Den fortynding af antallet af iltmolekyler, der sker ved tryksænkning kan muligvis af den årsag miste noget af sin effekt. Denne mulighed imødegås dog af *Eisenberg et al.* (1977) og *Butters'* (1977) dokumenterede virkning af lavtryk ved lav temperatur.

En tredje mulighed er, at springet mellem udtagningerne i forsøg 1 var for store og tiden i forsøg 2 for kort til at virkningen af lavtryk ved lav temperatur kunne komme til udtryk.

En fjerde mulighed er, at trykket skal være endnu lavere end 6 kPa (47 mm Hg) for at give en tydelig virkning ved lav temperatur.

En forklaring på den generelt lidt korte holdbarhed for de forskellige stiklingetyper i forsøg 1 kan være det sene tidspunkt på året, hvor stiklingerne blev taget, koblet med mangelfuld kontrol over luftfugtigheden.

I øjeblikket har arbejdet med LTO-metoden resulteret i en mulighed for en forbedret korttidsopbevaring af navnlig hibiscusstiklinger, men endnu ikke i nogen sikker langtidsopbevaring. Nye forsøg på mere optimale årstider og med en forbedret teknik er nødvendige for en mere sikker vurdering af LTO-metodens potentielle til stiklinger. Indtil videre fører litteraturen og de to foreløbige undersøgelser til følgende konklusion.

Konklusion

Virkingen af lavtryk under opbevaring af stiklinger i ventilerede, befugtede kamre er større ved høj opbevaringstemperatur end ved lav opbevaringstemperatur.

Ved høj opbevaringstemperatur (6°–12°C) er holdbarheden klart bedre under lavtryk end under almindelige trykforhold. Ved lav opbevaringstemperatur (1°–2°C), hvor holdbarheden ofte er bedst, har lavtryk mindre eller ingen virkning, når man ser på antallet af stiklinger, der overlever og danner rødder.

På denne baggrund ser det ud til, at LTO-metoden har sit største potentiel til opbevaring af stiklinger, som ikke tåler lav temperatur.

Dette udelukker dog ikke, at LTO-metoden også kan få betydning til opbevaring af stiklinger, der med fordel kan lagres ved lav temperatur. Vore egne resultater viser, at roddannelsen kan være bedre, og i litteraturen angives, at planterens senere udvikling kan være bedre efter lavtryksopbevaring ved lav temperatur.

Det synes sikkert, at korttidsopbevaring af stiklinger kan forbedres for nogle plantearter ved hjælp af lavtryksmetoden. Som vist tåler stiklinger af *Hibiscus rosa-sinensis* ikke lav opbevaringstemperatur (1°C). Ved 12°C er holdbarheden i ventilerede, befugtede kamre 2 uger ved normalt tryk, men 6 uger under lavtryk.

Det er endnu for tidligt at drage konklusioner med hensyn til LTO-metodens potentiel til langtidsopbevaring af stiklinger. Der foreligger endnu for få dokumenterede resultater af forsøg udført på relevante årstider og med optimal teknik.

Litteratur

- Boer, W.C.* (1976). Qualitätssicherung von Schnittblumen beim Absatz. *Gartenwelt* 76(23): 486–87.
- Bredmose, N.* (1975). Lavtryksopbevaring af havebrugsprodukter. *Ugeskrift for Agronomer og Hortonomer*. 4(50): 963–966.
- Burg, S.P.* (1973). Hypobaric Storage of cut flowers. *HortScience* 8(3): 202–205.
- Burg, S.P. and Burg, E.A.* (1966). Fruit Storage at Sub-atmospheric Pressures. *Science*, 153:315.
- Butters, R.E.* (1976). Promise of longer storage under low pressure confirmed in UK. *The Grower* 86:195.
- Butters, R.E.* (1977). Low pressure storage of flowers and cuttings can extend life. *Horticulture Industry*. April 1977: 305.
- Dilley, D.R., Carpenter, W.J. and Burg, S.P.* (1975). Principles and applications of hypobaric storage of cut flowers. *Acta Horticulturae* 41: 249–268.
- Eisenberg, B.A., Staby, G.L. and Fretz, T.A.* (1977). Low pressure vs. Common Cold Storage of Geraniums. *Research cirkular* 226: 17–19. Ohio Agric. Res. and Development Center, Wooster, Ohio.
- Hummel, C.E. and Stoddard, E.S.* (1957). Methods of improving food preservation in home refrigerators. *Refrigerating Engineering*. 65(6): 33–38, 69, 71.
- Kawase, M.* (1976). Ethylene Accumulation in Flooded Plants. *Physiol. Plant*. 36: 236–241.
- Knoblauch, F.* (1973). Gødningsvand til containerkulturer, koncentration og kontrol. 1090. meddelelse fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Erkendtlighed

Arbejdsgruppen for lavtryksopbevaring af havebrugsprodukter støttes af Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd (J.nr. 513–5169, 513–6551, 513–8086, 513–8132).

Manuskript modtaget den 30. maj 1978.