

VIKTFÖRLUST, VATTENHALT OCH PLANTAVGÅNG HOS KYLLAGRADE TALLPLANTOR

BO LÅNGSTRÖM

SUMMARY:
WEIGHT LOSS, WATER CONTENT AND MORTALITY OF COLD STORED
SEEDLINGS OF SCOTS PINE

Anlänt till redaktionen 30. 11. 1970

Avsikten med undersökningen var att utreda, hur kylgrade plantors vikt och vattenhalt förändras vid lagring under olika förhållanden samt hur dessa faktorer korrelerar med plantavgången i fält. Försöket utfördes med 3+0-tallplantor under tiden november 1968 — maj 1969 vid konstant lagringstemperatur (+2°C) på tre fuktighetsnivåer (R.H. 70, 85 och 95 %). De c:a 500 plantorna förvarades dels i slutna och dels i öppna plastpåsar med 10 plantor i varje, och dessutom prövades ett transpirationsnedsättande plastämne, Silvaplast, under en del av lagringstiden.

Trots att försöket utfördes i liten skala, visade resultaten mycket tydligt hur lagringsförhållandena inverkar på plantavgången, som varierade mellan 3 och 97 % efter en vegetationsperiod. Plantornas vikt förlust under lagringstiden varierade mellan 2 och 48 % och korrelationen mellan plantavgång och vikt förlust var hög ($r = 0.893^{**}$). Plantornas vattenhalt bestämdes enligt deras transpirationskapacitet i 60°C under 24 timmar och den var på hösten i medeltal 61 % av färskvikten. Efter lagringen varierade den mellan 29 och 62 %. Korrelationen mellan överlevelseprocent och vattenhalt var synnerligen hög ($r = 0.905^{***}$). Bestämning av plantornas vikt förlust eller vattenhalt bör därför i praktiken kunna användas för att kontrollera, att skadlig vattenbrist inte uppstår under lagringstiden även om fortsatta undersökningar behövs för att fastställa hur stor uttorkning plantor av olika slag tål utan nedsatt planteringsresultat. Silvaplast-behandlingen hade ingen påvisbar effekt.

1. INLEDNING

Kyllagring av barrträdsplantor har i allt större utsträckning börjat användas i många skogsbruksländer. Metoden erbjuder många fördelar. Plantorna kan tas upp redan om hösten eller tidigt på våren och sorteras och förpackas färdigt så att distributionen kan ske i takt med efterfrågan. Då plantorna förvaras under kontrollerade klimatförhållanden kan skador av olika slag förebyggas och förhindras. Skottskjutningen på våren kan fördröjas och härigenom kan plantorna transporteras och planteras medan de befinner sig i fysiologisk vila.

Förutsättningarna för framgångsrik lagring av barrträdsplantor har skapats dels genom kylagringsteknikens snabba utveckling under efterkrigstiden och dels genom intensiv forskning i de biologiska förutsättningarna för långvarig lagring av barrträdsplantor (se tex. DEFFENBACHER och WRIGHT 1954, BJÖRKMAN 1956, OSTERMANN 1964, SANDVIK 1965, MULLIN 1966, STEFANSSON 1966, ALDHOUS 1967 samt WILLIAMS och RAMBO 1967).

Även i Finland har man under de senaste åren gjort kylagringförsök, som visar att barrträdsplantor, främst tall, under vissa förutsättningar väl kan lagras över vintern (se YLI-VAKKURI et al. 1968, HÄNNINEN 1970, LÅNGSTRÖM 1970, RÄSÄNEN 1970, RÄSÄNEN et al. 1970). YLI-VAKKURI (1968) och LÅNGSTRÖM (1969) har sammanfattat undersökningsresultaten till rekommendationer för kylagringens utförande i praktiken.

Det är ett välkänt faktum, att uttorkning är den kanske största faran, som hotar barrotsplantor under långvarig lagring. Vattenbrist uppstår dels genom transpiration och dels genom uttorkning. Eftersom transpirationen hos plantor i fysiologisk vila är obetydlig vid låga lagringstemperaturer, beror uppkomsten av vattenbrist huvudsakligen på uttorkning, vars storlek bestäms av ångtrycksgradienten mellan plantorna och den omgivande luften (se KRAMER och KOZLOWSKI 1960 och SANDVIK 1964).

Genom optimering av lagringsförhållandena och emballeringsmetoderna, kan uppkomsten av lagringsskador till stor del förebyggas. Uppkommen vattenbrist kan till en viss gräns kompenseras genom vattenläggning av plantrötterna för en kort tid (YLI-VAKKURI 1957, 1961). Man har även försökt minska uttorkningsrisken genom användning av transpirationsnedsättande ämnen, dock inte hittills på barrträdsplantor under kylagringförhållanden (se ROY 1966, KELLER 1966, 1969 och LEWINSKI 1967). Däremot har DIMPFLEMEIER (1969) fått goda resultat med ett alginatpreparat, Agricol, med stor vattenbindningsförmåga.

Även under goda lagringsförhållanden kan vattenbrist och respirationsförluster uppkomma då lagringstiden utsträcks till 7—8 månader, vilket är praxis vid vinterlagring av höstupptagna plantor. Det vore därför av yttersta vikt att redan under lagringstiden kunna kontrollera plantornas vitalitet.

I Norge har SANDVIK (1965) konstaterat att plantorna tål en c:a 10 % vikt förlust utan nedsatt planteringsresultat medan RUSTEN (1967) fann, att en vattenhalt hos plantmaterialet, som överstiger 50 % är ett tecken på en tillfredställande vattenbalans. Enligt LÅNGSTRÖM (1970) varierade vattenhalten hos kylgrade plantslag av tall mellan 50 och 75 % av färskvikten beroende på ålder och uppdrivningsteknik. Respirationsförluster har bestämts genom mätning av barrrens sockerhalt (SANDVIK 1964) eller genom mätning av stärkelsemängden i stammen (HELLMERS 1962).

Avsikten med föreliggande arbete var att undersöka hur plantornas vikt och vattenhalt förändras under olika lagringsförhållanden samt hur dessa förändringar korrelerar med plantavgången i fält. Dessutom undersöktes emballa-

gets inverkan på plantornas uttorkning under olika förhållanden samt om vattenförlusten kan minskas genom användning av ett transpirationsnedsättande plastämne.

2. FÖRSÖKSMETODIK OCH -MATERIAL

Undersökningen utfördes i Helsingfors universitets lantbruks- och forstzoologiska instituts klimatkammare i Vik. Den använda klimatkammaren består av ett kylrum med termostatregerad temperatur och i detta rum finns tre skåp, där luftfuktigheten kan regleras inom vissa gränser. Undersökningen gjordes under konstanta temperaturförhållanden på tre olika fuktighetsnivåer, varav en optimal och två suboptimala. Under lagringstiden registrerades temperatur och luftfuktighet i varje skåp kontinuerligt med termohygrografer, vilka kontrollerades med hårhygrometrar samt med en extra termohygrograf, som flyttades mellan skåpen och med jämna mellanrum kontrollerades med en psykrometer. Dessutom kontrollmättes temperaturen en gång i veckan med en kontrolltermometer. Eftersom kamrarna är avsedda för insektuppfödning kunde helt idealiska förhållanden för kylning av plantor inte åstadkommas. Därför kunde den för våra förhållanden optimala lagringstemperaturen $-2 \dots -4^\circ\text{C}$ (se tex. LÅNGSTRÖM 1970) inte uppnås utan förvaringen skedde i en temperatur på cirka $+2^\circ\text{C}$.

Undersökningen påbörjades den 16. 11. 1968 och pågick till den 28. 5. 1969. Under lagringstiden var temperaturen praktiskt taget konstant. I december steg temperaturen från $+2^\circ\text{C}$ långsamt så att den vid årsskiftet var $+3.8^\circ\text{C}$. Då justerades termostaten och därefter hölls temperaturen mellan $+1.8^\circ\text{C}$ och $+2.1^\circ\text{C}$. Vid en lagringstemperatur över nollpunkten är risken för svampangrepp avsevärd och dessutom är plantornas livsfunktioner starkare än vid normal lagringstemperatur (se SANDVIK 1964, 1965).

Luftfuktigheten i de tre lagringsskåpen kunde inte hållas helt konstant. På den mest suboptimala nivån varierade fuktigheten mellan 65–75 % R.H. och var i medeltal 70 %. I följande skåp hölls fuktigheten mellan 80–90 % R.H. och var i medeltal 85 %. Motsvarande variation för tredje skåpet var 90–100 % R.H. Momentant sjönk fuktigheten till cirka 80 % R.H. men medeltalet under lagringstiden var 95 % R.H., vilket är något under optimum i synnerhet med beaktande av den höga lagringstemperaturen.

Plantmaterialet för undersökningen kom från Kankaanranta plantskola i Ahlainen. Plantorna var treåriga frilandplantor (3+0) av lokal proveniens. På 20 slumpmässigt valda plantor mättes längd och rothalsdiameter. Medellängden var 127 ± 6 mm och diametern 3.5 ± 0.1 mm. Skott/rot-förhållandet var 1.93 beräknat på färskvikten, vilket visar, att plantorna inte var speciellt proportionerliga (jämför RÄSÄNEN 1966).

Plantorna lagrades dels i slutna och dels i öppna plastpåsar. Av plantorna i de öppna plastpåsar behandlades hälften med ett transpirationsnedsättande

ämne, Silvaplast (se LEWINSKI 1967), och den andra hälften lämnades obehandlad. Silvaplastbehandlingen kunde dock utföras först den 10. 2. 1969, då preparatet inte tidigare fanns att tillgå.

Försöksenheten utgjordes av 10 plantor i en plastpåse. Med fyra upprepningar och tre förpackningssätt fördelade på tre fuktighetsnivåer blev det 36 kollin, vilka vägdes var 4. vecka med 0.1 g noggrannhet. Sammanlagt användes cirka 500 plantor för undersökningen. Före och efter vinterlagringen bestämdes vattenhalten hos plantorna enligt transpirationskapaciteten under 24 timmar i $+60^\circ\text{C}$ (se WILDE et al. 1964, RÄSÄNEN 1966). Plantorna kapades vid rothalsen och transpirationskapaciteten bestämdes skilt för skotten och rötterna.

Kyllagringen avslutades den 28. 5. 1969 och då togs en fjärdedel av plantorna i varje försöksenhet för bestämning av plantornas vattenhalt. Samtidigt mättes vattenhalten hos de plantor, som förvarats i frybox över vintern. Resten av plantorna planterades ut på en sandmo av lingo-typ i Ruotsinkylä försöksområde i Tusby.

Fältförsöket lades ut enligt 3×3 romersk kvadrat, där de olika fuktighetsnivåerna var försöksenheter. I varje försöksenhet ingick de tre lagringssätten, så att rutan bestod av tre plantrader á 10 plantor och försöket fick härigenom split-plot-karaktär. På detta sätt representerades varje fuktighetsnivå av 90 plantor fördelade på tre block och förpackningssätten av 9 upprepningar inom dessa tre block. Totalantalet plantor i fältförsöket var 270 st. Planteringen skedde den 30. 5. 1969 och redan i planteringskedet kunde man se att vissa försöksled var helt uttorkade.

Plantorna inspekterades i november 1969 med avseende på plantavgång och vitalitetsklassfördelning. Vid materialbearbetningen har χ^2 -test, korrelations- och regressionsanalys använts.

3. RESULTAT

3.1. PLANTORNAS VIKTFÖRLUST OCH VATTENHALT

Plantförpackningarna vägdes från och med den 18. 11. 1968 med fyra veckors mellanrum till och med den 28. 5. 1969. Viktförlusten under lagringstiden framgår av bild 1. Man kan konstatera att de slutna plastpåsar har förhindrat uttorkning helt och hållet oavsett på vilken fuktighetsnivå lagringen skett. Däremot har avsevärd uttorkning skett i de öppna plastpåsar. Som väntat är viktörlusten störst i 65–75 % R.H., nästan 50 % och minst i 95–100 % R.H., men även där över 20 %. Respirationens andel i viktörlusten kunde inte i detta sammanhang bestämmas. SANDVIK (1964) har konstaterat, att andningen vid $+1^\circ\text{C}$ är fyra gånger större än vid -6°C , varför man i detta fall måste räkna med en viss respirationsförlust.

Av bilden framgår också att Silvaplast-behandlingen, som kunde utföras

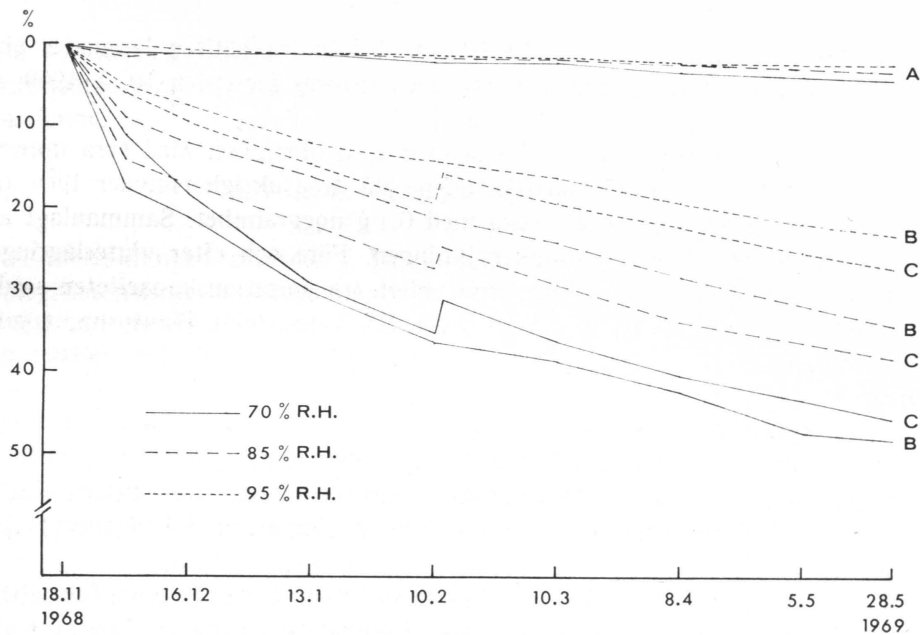


Bild 1. Plantornas viktminskning under kylagringstiden i procent av utgångsvikten i de olika behandlingarna (A = slutna, B = öppen och C = öppen plastpåse + Silvaplast-behandling den 10. 2. 1969) under olika lagringsförhållanden. (R. H.)

Fig. 1. Weight loss of the plants during cold storage in per cent of initial weight in different packing methods (A = sealed, B = open and C = open plastic bag + Silvaplast-treatment added 10. 2. 1969) under different storage conditions (R.H.)

Tabell 1. Försöksplantornas vattenhalt i procent av färskvikten.

Table 1. Water content in per cent of fresh weight of the plant material.

Lagringsmetod Packing method	Lagringsförhållanden - Storage conditions			Medeltal Mean
	70 % R.H.	85 % R.H.	95 % R.H.	
Vattenhalt på våren - Water content in spring				
Sluten plastpåse Sealed plastic bag	60	62	62	61
Öppen plastpåse Open plastic bag	29	45	60	45
Öppen plastpåse + Silvaplastbehandling	31	35	49	38
Open plastic bag + Silvaplast-treatment				
Medeltal - Mean	40	47	57	48
Vattenhalt på våren, lagring i -5°C Water content in spring, stored at -5°C				63.5
Vattenhalt på hösten före kylagring Water content in autumn before cold storage				61

först den 10. februari, inte har haft någon effekt. Vid appliceringen tillfördes vatten i emulsionen och detta ledde till en tillfällig höjning av förpackningarnas vikt.

På hösten bestämdes vattenhalten hos fyra stycken slumpmässigt valda prov á 10 plantor och på våren mättes 10 plantor per förpackningssätt och fuktighetsnivå, sammanlagt 90 plantor, samt de i frysrúm förvarade fyra plastpåsar á 10 plantor. Resultaten framgår av tabell 1.

Trots materialets ringa omfattning kan tydliga tendenser utläsas ur tabellen. Vattenhalten hos plantorna i de slutna plastpåsar är lika hög som före lagringens inledande och som hos de djupfryssta plantorna, cirka 60 %. Däremot är den avsevärt lägre i de båda andra behandlingarna på samtliga fuktighetsnivåer. Tendensen är alltså densamma som i fråga om vikt-förlusten, vilket också är att vänta, eftersom viktminskningen till stor del beror på uttorkning. På basen av dett material kunde skillnader i uttorkningen mellan skotten och rötterna inte påvisas (jämför DEFFENBACHER och WRIGHT 1954 samt TARRANT 1964).

3.2. PLANTAVGÅNG OCH VITALITETSKLASSFÖRDELNING

Planteringsförsöket inspekterades efter en vegetationsperiod i oktober och vid inspektionen klassificerade plantorna i vitalitetsklasser enligt följande:

- 0 = död
- 1 = svag, ej utvecklingsduglig
- 2 = utvecklingsduglig
- 3 = frodig

Tabell 2. Plantavgången i procent efter en vegetationsperiod.

Table 2. Plant mortality in per cent after one growing season.

Lagringsmetod Packing method	Lagringsförhållanden - Storage conditions			Medeltal Mean
	70 % R.H.	85 % R.H.	95 % R.H.	
Sluten plastpåse Sealed plastic bag	33.3	43.3	3.3	26.7
Öppen plastpåse Open plastic bag	93.3	80.0	30.0	67.8
Öppen plastpåse + Silvaplastbehandling	96.7	73.3	70.0	80.0
Open plastic bag + Silvaplast-treatment				
Medeltal - Mean	74.4	65.6	34.4	58.2

Plantavgången i procent framgår av tabell 2 och vitalitetsklassfördelningen framställs på bild 2. Såväl plantavgången som vitalitetsklassfördelningen visar klart att planteringsresultatet i hög grad beror på lagringsförhållandena. En statistik analys av plantavgången visade att skillnaderna mellan fuktighetsnivåerna är signifikant ($\chi^2 = 13.66^{**}$). Likaså är skillnaderna mellan förpacknings-sätten statistiskt högst signifikant ($\chi^2 = 24.18^{***}$).

Vid inspektionen konstaterades ett beaktansvärt snytbaggeangrepp och dess betydelse för plantavgången analyserades. Snytbaggegnag konstaterades sammanlagt på 24 % av plantorna och av de döda plantorna var 25 % så allvarligt angripna att snytbaggen i hög grad hade bidragit till plantornas död. Snytbaggeangreppets fördelningen på de olika försöksledan analyserades med χ^2 -test. Ingen skillnad mellan de olika fuktighetsnivåerna kunde påvisas ($\chi^2 = 0.27$). En jämförelse mellan de olika lagringssätten uppvisade en svag preferens för plantorna i slutna plastpåsar, som statistiskt dock inte kunde säkerställas ($\chi^2 = 4.45$).

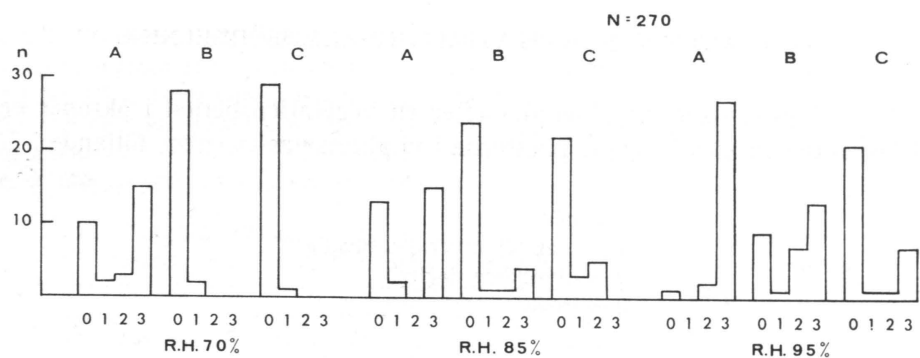


Bild 2. Plantornas fördelning i vitalitetsklasser (0 = död, 1 = svag, 2 = utvecklingsduglig och 3 = frodig planta) enligt lagringsförhållanden och förpackningssätt efter en vegetationsperiod. Förklaringar, se bild 1.

Fig. 2. Distribution of plants in vigour classes (0 = dead, 1 = weak, 2 = surviving and able to grow and 3 = fastgrowing plant,) according to storage conditions and packing methods after one growing season. For further explanations, see fig. 1.

3.3. SAMBANDET MELLAN VIKTFÖRLUST, VATTENHALT OCH PLANTAVGÅNG

På basen av bild 1 (viktförlust), tabell 1 (vattenhalt) och tabell 2 (plantavgång) kan man se, att det råder ett visst samband mellan de olika faktorerna, vilket analyserades med korrelations- och regressionsanalys. Koefficienten för korrelationen mellan plantornas viktförlust under lagringstiden och plantavgång är hög ($r = 0.893^{**}$) och sambandet kan uttryckas med en linjär regres-

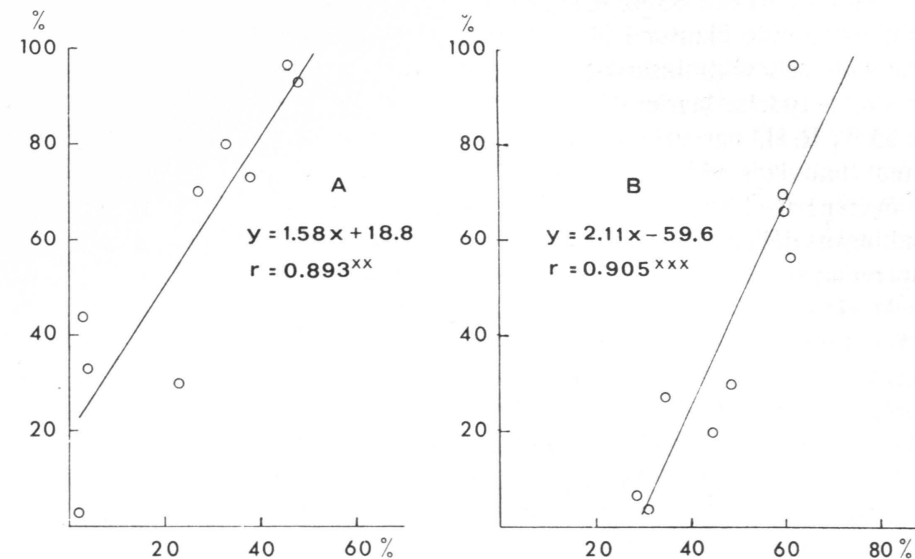


Bild 3. A. Sambandet mellan plantavgång i procent (ordinata) och plantornas viktförlust i procent av utgångsvikten (abskissa). B. Sambandet mellan överlevelseprocent (ordinata) och plantornas vattenhalt i procent av färskvikten (abskissa).

Fig. 3. A. Connection between mortality (ordinate) and weight loss in per cent of initial weight of plants (abscissa). B. Connection between survival in per cent (ordinate) and water content on fresh weight basis of the plants (abscissa).

sionskvation, som framgår av bild 3. Denna visar att plantavgången stiger snabbt vid ökande viktförlust och då denna blir 50 % är dödligheten total. Av bilden framgår även, att överlevelseprocenten sjunker synnerligen snabbt då plantornas vattenhalt minskar ($r = 0.905^{***}$). Då vattenhalten sjunker från 70 % till 30 % minskar överlevelseprocenten från 100 till 0. Eftersom materialet är litet måste siffrorna dock betraktas som ungefärliga men tendensen är i alla fall mycket klar. Mellan plantornas vikt och vattenhalt råder stark korrelation ($r = 0.939$), vilket är naturligt, då de är olika uttryck för vattenbristen hos plantorna.

4. DISKUSSION

Det är ett välkänt faktum, att plantornas fysiologiska tillstånd ofta har större betydelse för planteringsresultatet än deras morfologiska egenskaper och framför allt har uttorkningens skadliga inverkan påvisats i en mängd arbeten (se tex. KOZLOWSKI 1966 och GÜRTH 1970).

Det är därför inte överraskande att plantavgången med beaktande av de extrema lagringsförhållandena i detta försök varierar från 3 till 97 %. Det är dock anmärkningsvärt, att dödligheten hos plantorna i de slutna plastpåsar,

som lagrats i 70 och 85 % R.H., är avsevärt mycket högre än plantavgången hos motsvarande plantor i 95 % R.H., trots att skillnaderna både i fråga om vattenhalt och viktminskning är obetydliga. I övrigt visar resultaten tydligt hur stor betydelse lagringsförhållandena har för plantringsresultatet. Inte ens vid 95 % R.H. har uttorkningsskador hos plantorna i de öppna plastpåsar kunna undvikas vid denna alltför höga lagringstemperatur, vilket stämmer väl överens med tidigare erfarenheter (se tex. SANDVIK 1965). Silvaplastbehandlingens dåliga effekt avviker inte mycket från erfarenheterna av kylagring av perenna trädgårdsväxter, som behandlats med ett liknande plastämne (jämför de HAAS och WENNEMUTH 1962).

De stora variationerna i både viktförlust och vattenhalt hos plantorna i de olika försöksleden visar tydligt, att dessa faktorer är goda indikatorer på förändringar i plantornas vattenbalans och att dessa i hög grad beror på lagringsförhållandena. Under liknande omständigheter har BJÖRKMAN (1956) noterat 0–40 % viktförlust hos kylagrade plantor med växlande plantdödlighet som följd. FAULKNER och ALDHOUS (1957) fann ett lineärt samband mellan vattenhalt och överlevelseprocent hos kylagrade barrträdplantor. Vid 110 % vattenhalt beräknad på torrvikten var överlevelseprocenten 70 och vid 40 % vattenhalt var motsvarande siffra mindre än 5 %. Även de HAAS och WENNEMUTH (1962) har hos olika trädgårdsväxter påvisat, att graden av uttorkning beror på lagringstidens längd, lagringstemperatur och luftfuktighet. Enligt dem började skador uppkomma vid c:a 10 % viktförlust, av vilken en fjärdedel utgjordes av respirationsförluster och resten av uttorkning. Enligt ROHMEDE (1961) kan uppkomsten av vattenbrist under lagringstiden inte bara förhindras utan under vissa förhållanden har en ökning av plantornas vattenhalt med 2–6 % och ett förträffligt planteringsresultat konstaterats.

Man har alltså i flera arbeten påvisat, att plantornas viktförlust och vattenhalt är starkt beroende av lagringsförhållandena och att dessa i sin tur påverkar plantavgången. Resultaten av föreliggande undersökning stöder helt dessa tidigare erfarenheter men eftersom försöksmaterialet är litet måste siffervärdena betraktas med en viss försiktighet. Det är dock klart, att både bestämningen av plantornas viktförlust genom vägning och vattenhalt enligt transpirationsskapaciteten i praktiken kan användas för att under lagringstiden kontrollera plantornas kondition och avslöja eventuell uttorkning innan allvarliga skador hunnit uppstå. Resultaten visar i enlighet med tidigare erfarenheter, att uppkomsten av vattenbrist under optimala förhållanden praktiskt taget helt kan förhindras. Därför måste även en liten förändring i plantornas vattenbalans anses vara ett tecken på, att fara för uttorkning föreligger samt, att en höjning av den relativa luftfuktigheten genom sänkning av temperaturen eller ökning av den absoluta luftfuktigheten genom bevattning måste företas.

På basen av denna undersökning kan inga gränsvärden för en tolerabel, icke skadlig viktminskning eller vattenförlust ges. Tidigare har nämnts, att en viktminskning av c:a 10 % inte skadade plantorna (de HAAS och WENNEMUTH

1962 samt SANDVIK 1965). I denna undersökning ledde en motsvarande viktförlust till en avsevärd plantavgång men den låga överlevelseprocenten måste dock även delvis anses bero på den höga lagringstemperaturen och dessutom kan det använda plantslaget ha bidragit till den stora plantavgången. Det vore dock av största vikt, att bestämma uttorkningstoleransen för de viktigaste plantsortimenten, vilken troligen varierar betydligt eftersom betydande skillnader i vattenhalt mellan olika sortiment kan förekomma (se LÅNGSTRÖM 1970).

I praktiken är det enklare, att väga plantbuntarna än att mäta plantornas vattenhalt och då i viktminskningen dessutom ingår respirationsförlusterna, är vägningen ett bra sätt, att kontrollera att skadlig vattenbrist inte uppkommer under den långa lagringstiden. Genom försök i större skala kunde man med denna försöksmetodik experimentellt bestämma hur stark uttorkning plantor av olika slag tål utan att ta skada. På basen av detta kunde man avgöra hur lång tid plantorna kan lagras under vissa förhållanden och omvänt hur plantorna bör förpackas för att tåla lagring en viss tid under givna förhållanden; givetvis med beaktande av de övriga förutsättningarna för framgångsrik kylagring av barrträdplantor, såsom lagringsmognad, fungicidbehandling mm.

LITTERATURFÖRTECKNING

- ALDHOUS, J. R. 1967. Cold storage of seedlings. Nursery investigations. Forestry Commission. Report on forest research for the year ended March, 1966.
- BJÖRKMAN, E. 1956. Om lagring av tall- och granplantor. Summary: On storage of pine and spruce plants. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift (4), 465–483.
- DEFFENBACHER, F. W. & WRIGHT, E. 1954. Refrigerated storage of conifer seedlings in the Pacific Northwest, Journal of Forestry 52, 936–938.
- DIMPFLMEIER, R. 1969. Agricol, ein neues Mittel, um Forstpflanzen bei der Lagerung und beim Transport frisch zu halten. Forstwiss. Cbl., 80–96.
- FAULKNER, R. & ALDHOUS, J. R. 1957. Nursery investigations. Forestry Commission. Report on forest research for the year ended March, 1957, 34–36.
- GÜRTH, P. 1970. Wachstum und Wasserhaushalt von Fichtenerschulplflanzen unterschiedlicher Qualität nach der Verpflanzung in das Freiland. Allg. Forst- und Jagdzeitung 141, 160–172.
- de HAAS, P. G. & WENNEMUTH, G. 1962. Kühllagerung von Baumschulgehölzen. Gartenbauwiss. 27, 199–246.
- HELLMERS, H. 1962. Physiological changes in stored pine seedlings. Tree Planters' Notes 53, 9–10.
- HÄNNINEN, T. 1970. Talvivarastoinnin vaikutus männyn taimien kehityskelpoisuuteen. Examensarbete.
- KELLER, T. 1966. Some physiological implications of antitranspirants. Sexto congreso forestal mundial. Madrid.
- 1969. Laborversuche über den Einfluss von Antitranspirantien auf den Gaswechsel junger Koniferen. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen, 32–43.
- KOZLOWSKI, T. T. 1966. Physiological implications in afforestation. Sexto congreso forestal mundial. Madrid.
- KRAMER, P. J. & KOZLOWSKI, T. T. 1960. Physiology of trees. 642 pp. New York. Toronto. London.

- LEVINSKI, E. v. 1967. Die Anwendung transpirationshemmender Kunststoffdispersionen bei Nadelbaumpflanzungen. *Der Forst- und Holzwirt* 22, (4).
- LÅNGSTRÖM, B. 1969. Kyllagring av plantor. *Skogsbruket* 39, 268–269.
- 1970. Pakkaustapojen vaikutuksesta talvivarastoitujen männyn taimien istutuskel-
poisuuteen. Summary: The effect of packing methods on the field survival and growth
of winter-stored plants of Scots pine. *Silva Fennica* 4, 68–90.
- MULLIN, R. E. 1966. Overwinter storage of baled nursery stock in Northern Ontario. *The
Commonwealth Forestry Review* 45 (3), 125.
- OSTERMANN, M. 1964. Weitere Erfahrungen mit der Triebverzögerung bei Baumschulpflanzen
durch Tiefkühlung. *Der Forst- und Holzwirt* 19, (18).
- ROHMEDER, E. 1961: Zur Frage der Kuhlhauslagerung forstlicher Jungpflanzen. *Allg. Forst-
zeitschrift* 16, 463–464.
- ROY, D. 1966. Effects of a transpiration retardant and root coating on survival of Douglas-
fir planting stock. *Tree Planters' Notes* 79, 10–12.
- RUSTEN, A. 1967. Kjølslagring og emballering. *Arsskrift for Norske Skogsplanteskoler* 1966,
132–137.
- RÄSÄNEN, P. K. 1966. Metsänviljelyä varten kasvatettujen havupuiden taimien arvostelu-
perusteista ja luokitusmenetelmistä. *Metsätal. aikakausi* 83, (4).
- 1970. Nostojankohdan, pakkaustavan, varastointiajan pituuden ja kastelun vaiku-
tuksesta männyn taimien kehitykseen. Summary: The effect of lifting date, packing,
storing and watering on the field survival and growth of Scots pine seedlings. *Acta
Forestalia Fennica* 112, 1–27.
- RÄSÄNEN, P. K., KOUKKULA, A. & YLI-VAKKURI, P. 1970. Pakkauksen, varastoimisen ja
valeistutuksen vaikutus männyn taimien istutuskelpoisuuteen. Summary: The effect
of packing, storing and heeling-in on the field survival and growth of Scots pine seed-
lings. *Silva Fennica*, 4, 46–67.
- SANDVIK, M. 1964. Refrigerated storage of coniferous plants during winter. The first session
of the joint working party on the techniques of forest extension and restoration. Dup-
likat.
- 1965. Fra panteseng till plantegrop. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 63,
287–297.
- STEFANSSON, E. 1966. Lagring av plantor. *Skogsodling och skogsodlingsmekanisering i Norr-
land*. Stencil.
- TARRANT, R. F. 1964. Top and root moisture content of stored Douglasfir planting stock.
U.S. Forest Service Research Paper PNW-13, 1–8.
- WILDE, S. A., VOIGT, G. K. & IYER, I. G. 1964. Soil and plant analysis for tree culture.
New Delhi, Kharagpur and Calcutta.
- WILLIAMS, R. D. & RAMBO, R. 1967. Overwinter cold storage of red and white pine trans-
plants successful in northern Indiana. *Tree Planters' Notes* 18, (2).
- YLI-VAKKURI, P. 1957. Tutkimuksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. Summary:
Investigations into the packing and transportation of plants. *Comm. Inst. For. Fenn.*
49.
- 1961. Taimien suojeleminen noston ja istutuksen välisenä aikana. *Kasvinsuojeluseuran julk.*
21.
- 1968. Taimien varastoinnista kylmähuoneissa yli talven. *Metsätal. aikakausi* 85, 266–
267.
- YLI-VAKKURI, P., RÄSÄNEN, P. & HILLI, A. 1968. Taimien talvivarastoinnista ja sen vaiku-
tuksesta männyn taimien istutuskelpoisuuteen. Summary: Overwinter cold-storage
and its effect on the field survival and growth of planted Scots pine. *Acta Forestalia
Fennica* 88, 1–40.

SUMMARY:

WEIGHT LOSS, WATER CONTENT AND MORTALITY OF COLD STORED SEEDLINGS OF SCOTS PINE

The aim of this study was to investigate how the weight loss and water content of cold stored plants depend on the storage conditions, and if there is a clear connection between these factors and the field survival of the planting stock. The experiment was carried out in a climate chamber at about +2°C and at three moisture levels (about 70, 85 and 95 % R.H.) from November 1968 to May 1969. Three year old seedlings of Scots pine (average length 127 ± 6 mm, diameter 3.5 ± 0.1 mm and the top/root-ratio of fresh weight 1.93) were stored in open and sealed plastic bags. In addition a transpiration retardant named Silvaplast was used. There was 10 plants in each plastic bag and the bundles were weighted every 4. week. The water content was determined as transpiration capacity (24 h, 60°C) from selected plant samples before and after storage. The remaining 270 seedlings were planted out and inspected after one growing season.

*Although the experiment was made in a small scale, the results showed very clearly that plant mortality, varying between 3 and 97 %, was due to the storage conditions. The weight loss ranged between 2 and 50 % and the correlation between the weight loss and the mortality in the field was high ($r = 0.893^{**}$). The water content of the seedlings was about 61 % of fresh weight in the autumn and varied after storage from 29 to 62 %. The correlation between water content and survival was very high ($r = 0.905^{***}$). Thus the determination of weight loss or water content could be a useful method in observing the changes of water balance of the seedling stock during winter-storage. Further investigations are needed to show the tolerable rate of drying out for different sorts of plants. The Silvaplast-treatment had no visible effect either on the drying out or on the field survival.*