

# 五種介質對紅檜等四種省產針葉樹穴植 管苗初期生長及水分生理特性之影響

沈 慈 安

## 摘 要

本試驗以：1. 泥炭土—蛭石；2. 泥炭土—牛糞堆肥；3. 泥炭土—炭化稻殼；4. 蛭石—牛糞堆肥；5. 炭化稻殼—牛糞堆肥（容積比各為1:1）等5種配方之介質在v-50（容積：50ml）穴植管容器中培育紅檜、台灣二葉松、香杉、及台灣杉等4種苗木，期能選出最佳之介質，供爾後之育苗作業參考。

4種苗木在含有牛糞堆肥之介質中均有較佳之生長速率，且於一年之育苗期中未發生養分缺乏癥狀；於對照組之泥炭土—蛭石介質及泥炭土—炭化稻殼介質中則生長緩慢，且有缺氮之癥狀，顯示以此2種介質培育苗木需行施肥。介質保水能力則以此2種介質較高，試驗結果顯示此2種介質培育苗木並不需要每日灌溉；以其餘3種介質培育此4種針葉樹種苗木，則需每日灌溉一次以上，以提供苗木生長所必需之水分。苗木之水分生理狀態顯示，以保水力較高之介質培育苗木，在每日灌溉之作業情形下，易導致苗木生長幼弱，缺乏環境逆壓之抵抗能力。故育苗作業之水管理，需視介質之物理性質而釐定其管理標準。由苗木之壓力—容積曲線測試證實，可由苗木之水分生理狀態測試而推知其養分儲藏量，或其光合作用效率，並預測苗木之耐旱能力。本試驗之結果顯示苗木生長於含水率較低之5號介質中，可經環境誘導產生較強之耐旱能力。

綜合以上試驗結果可推論，以v-50穴植管容器培育此4種針葉樹種苗木，以2號、4號及5號介質為佳，而5號介質更具有可完全取代進口材料之優點。

關鍵詞：生長介質，穴植管，針葉樹種育苗，苗木水分生理狀態，壓力—容積曲線。

沈慈安：1988，五種介質對紅檜等四種針葉樹穴植管苗初期生長及水分生理特性之影響，林業試驗所研究報告季刊，4(1)：1-13

## Influence of five growing media on early growth and water status of four coniferous species seedlings grown in dibbling-tubes.

Tse-An Shen

### [Summary]

Five media, i. e. 1:1 (by volume) 1. peat-vermiculite 2. peat-cattils' stool compost; 3. peat-carbonized rice husk; 4. vermiculite-cattils' stool compost; and 5. carbonized rice husk-cattils' stool compost, were used in v-50 (50ml) dibbling-tubes to nurse 4 coniferous seedlings (i. e. Taiwan red cypress, Taiwan red pine, Luanta-fir and Taiwania), to choose a suitable medium for later use on nursing coniferous forest tree seedlings.

Seedlings of all the four tree species performed good in media content manure (cattils' stool compost), no symptom of malnutrition was found; but in medium No. 1(1:1 by volume; peat-vermiculite as control) and medium No. 3 (1:1 peat-carbonized rice husk),

1988年7月送審

1988年11月通過

主審委員：黃瑞祥  
潘富俊

seedlings grew much slower with nitrogen deficiency symptom, showing a need for fertilization. Since these two media retained high level of water content after stopped irrigation, daily irrigation should not be necessary; but for the other 3 media, daily irrigation is recommended for supplying adequate water to support seedling growth. Water status of the seedlings show that frequent irrigation on medium with high water retention capacity resulted in succulent seedlings, which caused poor stress hardiness. It is hypothesized that irrigation schedule on nursery practices should be depending on the physical characteristics of the media. By comparing pressure-volume curves data of the seedlings in two media, I propose that food (carbohydrates) reserves, or photosynthetic efficiency, and stress hardiness could be estimated by this technique. And the result of this study showed that seedlings grown in medium No. 5 have built considerable drought resistance capability, which was induced by drier medium condition.

From these results I conclude, media No. 2, 4, and 5 is better growing media for nursing seedlings of these 4 coniferous tree species in v-50 dibbling-tubes. And medium No. 5 is a good alternative of import materials.

Key words: Growing media, dibbling-tube, coniferous seedlings, seedling water status P-V curves.

Tse-An Shen. 1988 Influence of Five Growing Media on Early Growth and Water Status of Four Coniferous Species Seedlings Grown in Dibbling-Tubes. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series 4(1); 1-13.

## 一、緒言

穴植管育苗法係於7年前引進本省，初期應用於闊葉樹種之育苗（胡大維及簡慶德1983；沈慈安及胡大維1986；陳財輝及胡大維1986）。由於此法所培育之苗木，具有搬運輕便及栽植容易等多項優點，而甚受造林業者之歡迎。目前國內雖尚無此類苗木栽植後之成活率及初期生長表現之報告發表，但以此類苗木在出栽時可保持完整之根系及其育苗期之土壤（介質）而言，當可推測其在栽植後，應可於短時間內，藉著其完整的根系而迅速重建其吸收系統，以繼續其生命並恢復生長（Ritchie 1985）。穴植管系統雖迄今未予應用於本省之紅檜、香杉及台灣杉等主要造林樹種之育苗，然歐美各國多以穴植管類容器培育針葉樹苗木且將之持稱為「Plug」（Balmer 1974；Bamford 1974；Cleary et al 1978；Ferdinand et al. 19774；Greffinius 1974；Hulten 1974；Kinghorn 1974；Reese 1974；Ter Bush 1974）。所以設置此試驗以驗證穴植管育苗法應用於本省主要針葉造林樹種之可行性；同時比較5種混合介質作為針葉樹育苗之用時的優劣，從而選擇適合本省針葉樹種育苗

之介質配方。

## 二、試驗材料與方法

本試驗以目前造林用轉多之紅檜 (*Chamaecyparis formosensis* Matsum)，台灣杉 (*Taiwania Cryptomerioides* Hayata)，香杉 (*Cunninghamia lanceolata* Var. *Konishii* form *Konishii*) 及台灣二葉松 (*Pinus taiwaneensis* Hayata) 等4個樹種為試驗對象，以穴植管容器育苗；本省常用之穴植管規格見圖1，本試驗係使用V—50穴植管。育苗介質計有5種，其混合比例皆為容積比1：1：

1. 泥炭土—蛭石
2. 泥炭土—牛糞堆肥
3. 泥炭土—炭化穀殼
4. 蛭石—牛糞堆肥
5. 炭化稻殼—牛糞堆肥

於75年2月間播種於內盛粗砂之淺塑膠藍中，發芽後5天之內分別移植入裝填上述5種混合介質之穴植管中；每一樹種之每處理移苗20株，重複4次，每樹種計有20株×5處理×4重複=400株，移植後死亡之缺株於一個月內補植；穴植管插置於

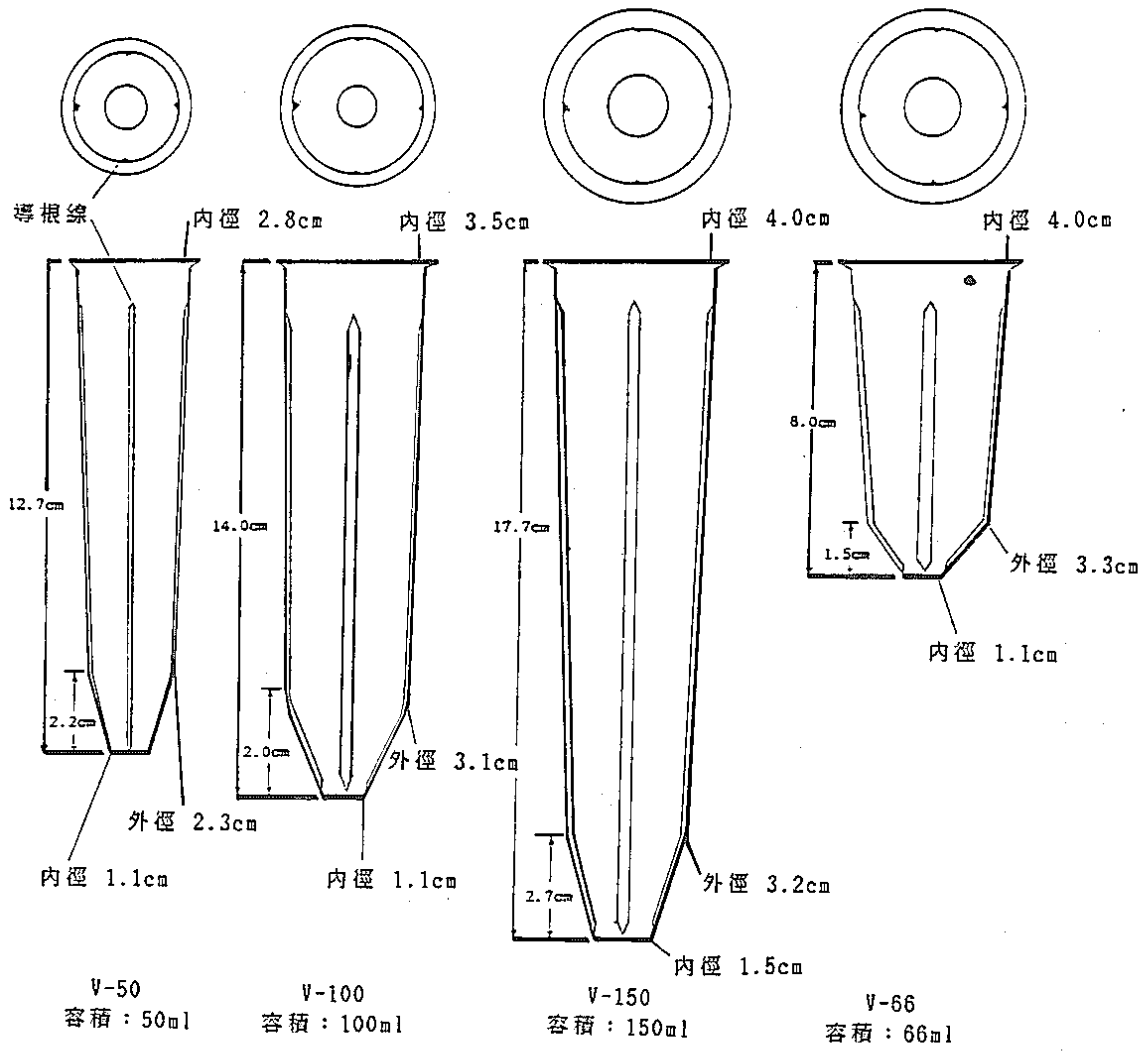


圖 1、國內目前通用之穴植管規格。

方格鐵絲網架上，採逢機區集排列。鐵絲網架置於林試所育林系二樓屋頂之陰棚架下，棚下相對光度約為60%，每日噴灌2次（早上9:00及下午16:00），一年之生長期內未施用任何肥料。

經過一年之生長，分別測定各處理之苗木成活率及每株苗之高生長 (Shoot height)，根頸直徑 (diameter at root collar)，地上部 (Shoot) 及地下部乾物重，並配合於生物量檢定時進行下列試驗：

#### 1. 各混合介質所培育苗木之耐旱性試驗。

分別對此5種混合介質所培育之苗木予以斷水處理，據以了解各介質中之4種樹種苗木於苗圃中之適當灌溉頻度，其方法如下：

(1) 所有苗木經充分灌溉，使其介質儘可能呈飽和含水狀態，於試驗開始前一日之夜間24時灌溉後，即停止灌溉。

(2) 試驗開始日起，連續4日，每日黎明前（早晨4:30~6:30），每一種介質取4株苗（每一重複1株），分別測定苗高，根際直徑，地上部鮮重，並以壓力泵 (Pressure bomb) (Scholander *et al.* 1965, 1967; Ritchie and Hinckley 1975) 測定地上部 (Shoot) 之植株總水勢 (Plant water Potential- $\psi_w$ )；再將根系與介質分離後，介質稱取鮮重後再置於65°C烘箱內，與根系及地上部分別烘至絕乾，以測其乾重並推算含水率，藉以比較此5種介質在斷水後4日內之含水率變化及對植物體水勢之影響。並以僅裝填5種介質，而未栽苗木之穴植管各5支，以同樣處理測定其4日內之含水率變化為對照。試驗期間之日間溫度為28±3°C，夜間為22±2°C，空氣溫度為70±5% (日) / 85±2% (夜)。由於試驗步驟甚為繁雜，4樹種係分2次測試，即第一次測試台灣杉及香杉（5月20日~24日）；第二次測試紅檜及台灣二葉松（6月5日~9日）。

#### 2. 苗木之壓力—容積曲線 (Pressure-Volume Curves) 測試。

經由壓力—容積曲線 (簡稱P—V曲線) 可推測苗木之耐旱能力 (Cheung *et al.* 1975; Kendiko *et al.* 1980)；或推測苗木之同化物累積量 (Accumulation of assimilates) 而比較其光合作用能力之差異 (Ritchie and Shula 1984)。由於試驗甚為耗時而5號介質為完全省產材料配方，且由其初

期生長觀之，取代1號介質 (標準配方) 之可能性甚高。3號介質中苗木生長甚劣 (表1)；2號介質保水力較差 (圖2)；4號介質則失之於過重，故僅以各樹種在1號及5號介質中所有苗木進行比較表，其試驗方法如下：

#### (1) 試驗材料準備：

受測苗木係以1號及5號介質中苗高及直徑平均值苗木各4株 (每重複一株)，充分灌溉後 (灌溉至水分自穴植管下端滴出)，整株苗以塑膠袋盛裝封口，置於冰箱中過夜 (12 hrs)，以減低蒸散並使植物體水勢 ( $\psi_w$ ) 昇高至接近零 (即完全膨潤)。

#### (2) P—V 曲線之測定

受測苗木自冰箱中取出後，以吸水紙拭乾葉面水分，自莖基 (root collar) 剪斷 (斷口需甚平整)，測鮮重至0.1 mg，置於內壁事先襯有濕濾紙並經靜置40分鐘之壓力泵中，斷面朝上突出於壓力泵蓋之中孔外，蓋緊蓋後以0.01 Mpa/sec之速率加壓至切面恰好出現水分之時，記錄此壓力，此壓力值即為與植物體水勢平衡之逆壓力。以上步驟必需於剪斷苗莖後之2 min. 之內完成，以求減少誤差至最小。然後以預先測定重量 (測至0.1 mg) 內充吸水紙之塑膠管 (內徑0.7cm, 長2.5cm) 置於斷面上吸水，外再覆以直徑3 cm, 高4.5cm之透明塑膠筒以減少蒸散，同時增加0.5MPa的壓力，維持10分鐘；10分鐘後取下塑膠管測重，以計算吸水之重量，同時減壓使莖基切面之水分回吸至恰好只有微量水分出現於斷面，記錄此新平衡點；由於細胞內水分被壓出減少，原生質 (Symplast) 濃度相對增加，導致水勢降低 (負值更負)，使新平衡點壓力高於前一平衡點。再依前法置一新塑膠管於莖基切面；重複此步驟15~20次，直至每次吸取之水分減少且約略呈等量時為止。最後的壓力值經記錄後，釋放壓力，取出植物體，測重至0.1mg，比較失水的重量與吸水紙累積吸水重量，若誤差大於10%，此次試驗值即須廢棄。如經認定試驗值為有效，即將植物體置於110°C烘箱中48 hrs. 以上以求絕乾重。本試驗中，經測定為無效者計有2株，均分別重行測定。

#### (3) P—V 曲線之導出

以所測之壓力值之倒數 (1/P) 為縱軸，歷次吸水重量對總含水量之百分率為橫軸，標出各值

之座標點，此時所標出之點可分為 2 部分，上半部為曲線，下半部為直線，再依 Schulte and Hinkley (1985) 所述方法 (method PVA) 繪成 P-V 曲線。)

3.5 種介質在穴植管中之物理性質的測定

雖然陳財輝及胡大維氏 (1986) 曾對 7 種混合配方介質之物理性質發表一試驗值，其中包含本試驗所使用之 1、2、3 及 5 號介質。但是筆者以為，混合介質係經由人工裝填於穴植管中，其物理性質應以依照一般育苗時之裝填介質程序裝填於穴植管中之後的狀態為測定對象，故經研究試以下述方法測定之：

(1) 5 種介質分別以一般育苗時之裝填法裝填於穴植管中，即先以介質堆於穴植管上 (穴植管事先排列插置於穴植管架)，連管架提起震擊數次，使介質落入穴植管中再補充介質，再震擊；如此重複數次後，介質已填實不再落下，即將上端穴植管外之多餘介質掃除。此時穴植管下端若有空隙 (因介質經震擊頓落後自下端落下)，雖然在一般育苗時並不影響育苗作業，但為求測定之準確，仍需用填

滿，其法係將此填實之穴植管下端插入介質堆中數次，使介質充塞穴植管之下端所有可見空隙，再以美工刀削平穴植管上下二端以除去多餘介質，並使土面平整，此時穴植管視為完全充滿介質。

(2) 次以此穴植管分別就其中所充介質，測定其總體密度 (bulk density)，乾重，田間容水重等，並以比重瓶法測定各種混合介質之比重而推算其粗孔隙度 (%)，液相容積及細孔隙度等。

(3) 並以此充滿介質之穴植管播種紅豆，以測其萎凋係數之參考值，作為介質水分管理之參數。

三、結果

1. 在 5 種混合配方之介質中，4 個樹種之苗木無論地上部或地下部之形態生長參數均有極顯著之差異；4 個樹種均以在 4 號介質 (蛭石-牛糞堆肥) 中生長最佳，而以在 3 號介質 (泥炭土-炭化稻殼) 中者生長最差。成活率之表現則視樹種而稍有不同；台灣杉及紅檜皆以 3 號介質中者最差，香杉在 5 種介質中成活率無顯著差異，台灣二葉松則以 4 號介質較差 (表 1)。

表 1 五種介質對紅檜等四種樹種幼苗在穴植管中初期生長之影響

介質代號	苗高 (cm)	根頸直徑 (mm)	地上部乾重 (mg)	地下部乾重 (mg)	成活率 (%)
紅 檜					
1*	5.8±2.7 <sup>a**</sup>	0.9±0.3 <sup>c</sup>	229.3±93.6 <sup>c</sup>	134.5±67.4 <sup>c</sup>	95.31 <sup>a</sup>
2	12.5±4.1 <sup>c</sup>	1.5±0.4 <sup>b</sup>	701.8±237.1 <sup>b</sup>	410.2±226.4 <sup>b</sup>	71.88 <sup>b</sup>
3	3.3±1.5 <sup>a</sup>	0.4±0.2 <sup>d</sup>	68.5±43.4 <sup>c</sup>	42.1±24.8 <sup>c</sup>	54.69 <sup>b</sup>
4	18.7±5.2 <sup>a</sup>	1.9±0.6 <sup>a</sup>	1328.6±566.3 <sup>a</sup>	908.3±523.5 <sup>a</sup>	67.19 <sup>b</sup>
5	15.9±5.4 <sup>b</sup>	1.6±0.5 <sup>b</sup>	886.5±295.3 <sup>b</sup>	547.2±28.0 <sup>b</sup>	68.75 <sup>b</sup>
臺灣二葉松					
1	6.4±1.5 <sup>c</sup>	1.2±0.1 <sup>c</sup>	278.7±90.7 <sup>b</sup>	241.7±132.8 <sup>b</sup>	98.44 <sup>a</sup>
2	11.0±2.7 <sup>b</sup>	2.2±0.3 <sup>b</sup>	1250.4±726.1 <sup>a</sup>	859.0±402.7 <sup>a</sup>	95.31 <sup>a,b</sup>
3	4.5±1.5 <sup>d</sup>	0.9±0.2 <sup>d</sup>	115.0±109.4 <sup>b</sup>	92.1±60.3 <sup>b</sup>	82.81 <sup>b,c</sup>
4	13.7±2.9 <sup>a</sup>	2.5±0.3 <sup>a</sup>	1464.4±348.2 <sup>a</sup>	1081.4±427.8 <sup>a</sup>	78.12 <sup>c</sup>
5	13.5±3.2 <sup>a</sup>	2.3±0.3 <sup>a</sup>	1485.2±592.7 <sup>a</sup>	946.3±294.3 <sup>a</sup>	87.50 <sup>b,c</sup>
香 杉					
1	9.4±2.9 <sup>c</sup>	1.4±2.6 <sup>c</sup>	338.7±22.6 <sup>c</sup>	241.3±103.0 <sup>c</sup>	89.06 <sup>a</sup>
2	16.1±4.0 <sup>a</sup>	2.3±0.4 <sup>b</sup>	1094.2±148.1 <sup>b</sup>	732.0±315.0 <sup>b</sup>	90.62 <sup>a</sup>
3	4.6±1.9 <sup>d</sup>	0.7±0.2 <sup>d</sup>	132.0±36.0 <sup>c</sup>	69.7±50.9 <sup>c</sup>	93.75 <sup>a</sup>
4	16.9±3.1 <sup>a</sup>	3.0±0.4 <sup>a</sup>	1791.7±203.2 <sup>a</sup>	1328.0±385.7 <sup>a</sup>	87.50 <sup>a</sup>
5	14.4±4.4 <sup>b</sup>	2.4±0.4 <sup>b</sup>	1151.4±64.3 <sup>b</sup>	777.9±314.2 <sup>b</sup>	84.38 <sup>a</sup>
臺灣杉					
1	5.2±1.4 <sup>c</sup>	1.4±0.3 <sup>c</sup>	309.1±52.5 <sup>c</sup>	183.2±108.9 <sup>b</sup>	93.75 <sup>a</sup>
2	10.0±3.0 <sup>b</sup>	2.2±0.4 <sup>b</sup>	935.0±206.3 <sup>b</sup>	500.7±193.9 <sup>a</sup>	85.93 <sup>a</sup>
3	3.0±1.4 <sup>d</sup>	0.7±0.2 <sup>d</sup>	104.4±21.1 <sup>d</sup>	31.1±22.4 <sup>c</sup>	56.25 <sup>b</sup>
4	11.9±2.4 <sup>a</sup>	2.4±0.4 <sup>a</sup>	1119.7±116.4 <sup>a</sup>	637.5±227.5 <sup>a</sup>	78.12 <sup>a,b</sup>
5	11.0±2.9 <sup>a,b</sup>	2.2±0.4 <sup>b</sup>	811.8±158.5 <sup>b</sup>	589.0±241.6 <sup>a</sup>	84.38 <sup>a</sup>

\* 五種介質為：1--(1:1)泥炭土-蛭石；2--(1:1)泥炭土-牛糞堆肥；3--(1:1)泥炭土-炭化稻殼；4--(1:1)蛭石-牛糞堆肥；5--(1:1)牛糞堆肥-炭化稻殼。

\*\*同欄內不同混合介質間英文字母不同者，表示其差異達5%顯著水準。

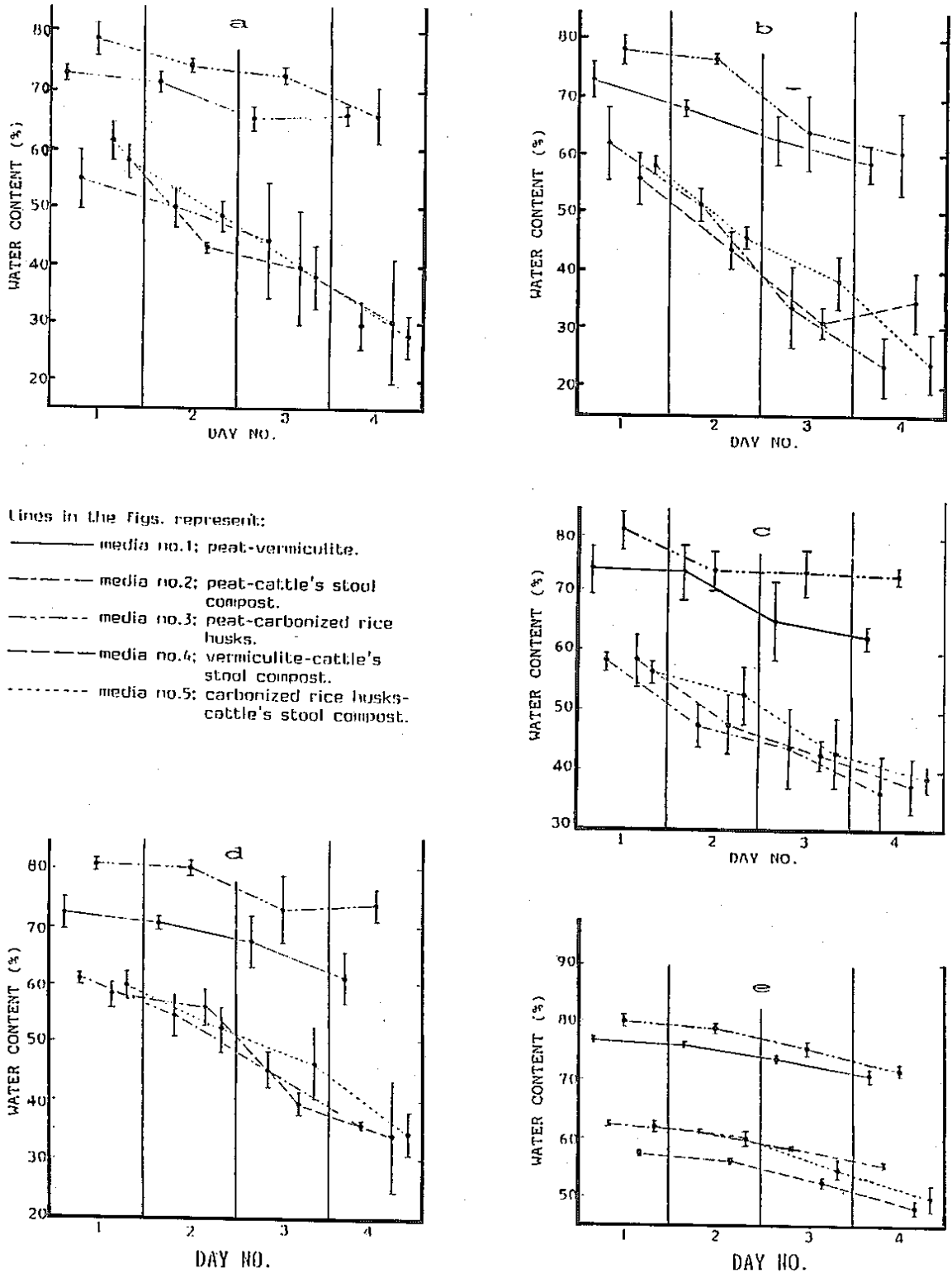


圖2. 穴植管中5種介質在灌溉停止後4日內之含水率變化。(a)紅檜 (b)台灣二葉松(c)香杉 (d)台灣杉 (e)無苗木之對照組。垂直線段表示 $\pm 1.0$  SD。  
 5種介質分別為：  
 1號：泥炭土-蛭石。  
 2號：泥炭土-牛糞堆肥。  
 3號：泥炭土-炭化稻殼。  
 4號：蛭石-牛糞堆肥。  
 5號：炭化稻殼-牛糞堆肥。

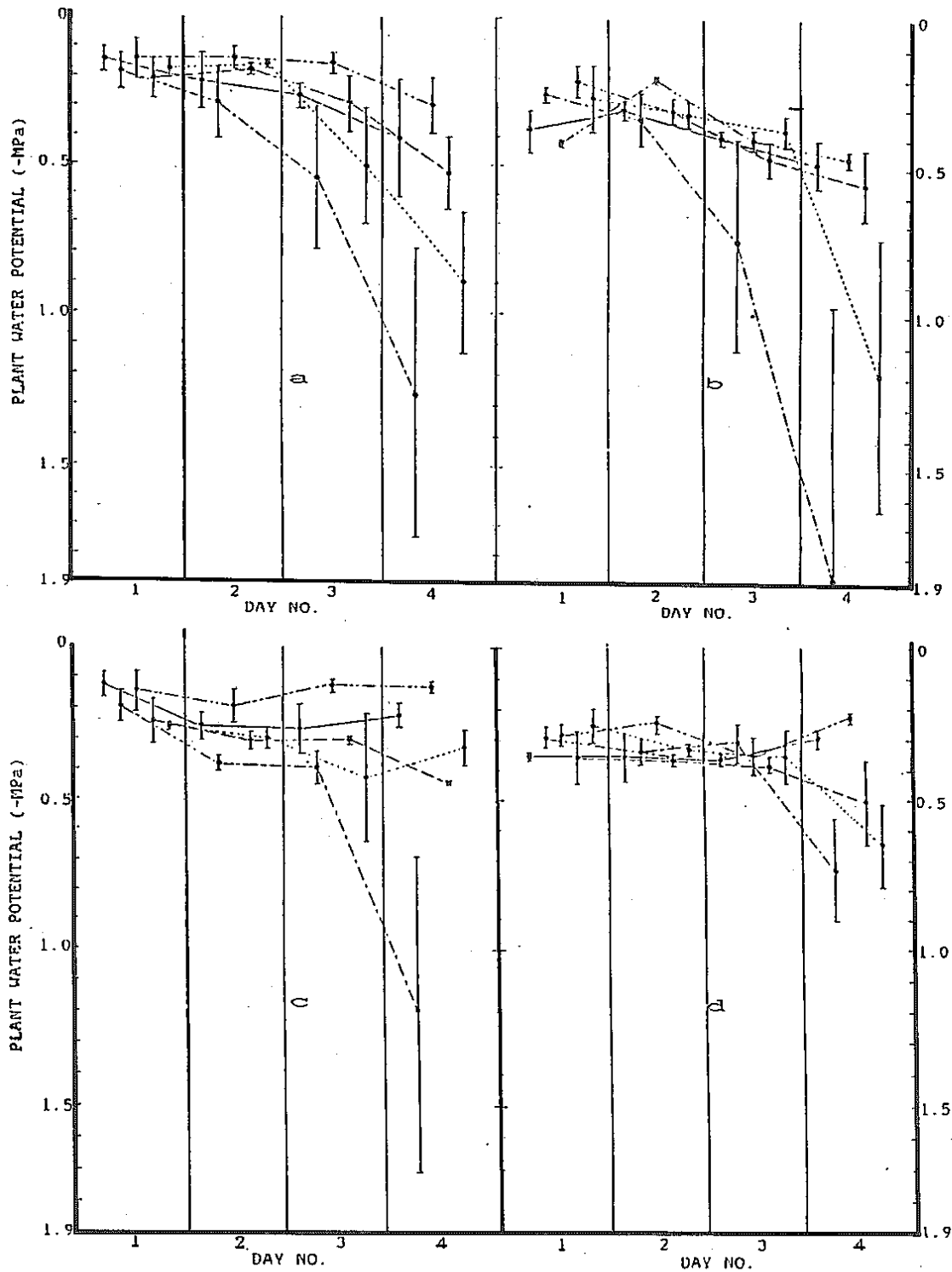


圖3. 穴植管中5種介質在灌溉停止後4日內之苗木水勢(Vw)變化。(a)紅繪 (b)台灣二葉松 (c)香杉 (d)台灣杉 垂直線段表示±1.0 SD。  
 5種介質分別為：  
 1號：泥炭土-蛭石。  
 2號：泥炭土-牛糞堆肥。  
 3號：泥炭土-炭化稻殼。  
 4號：蛭石-牛糞堆肥。  
 5號：炭化稻殼-牛糞堆肥。

2.耐旱性試驗之結果見圖2及圖3，5種介質不論培育此4種樹種中之任1種或未栽植苗木之對照組，均以3號介質（泥炭土—炭化稻殼）之保水性最佳；以對照組而言即使在斷水後4天，仍能保持甚高之含水率（60~74%）。1號介質（泥炭土

一蛭石）在斷水後第4天，其含水率與3號介質間無顯著差異，但前3天則有顯著差異存在。4號介質則無論在對照組或是培育此4種苗木之任一組，皆為保水率最差者。

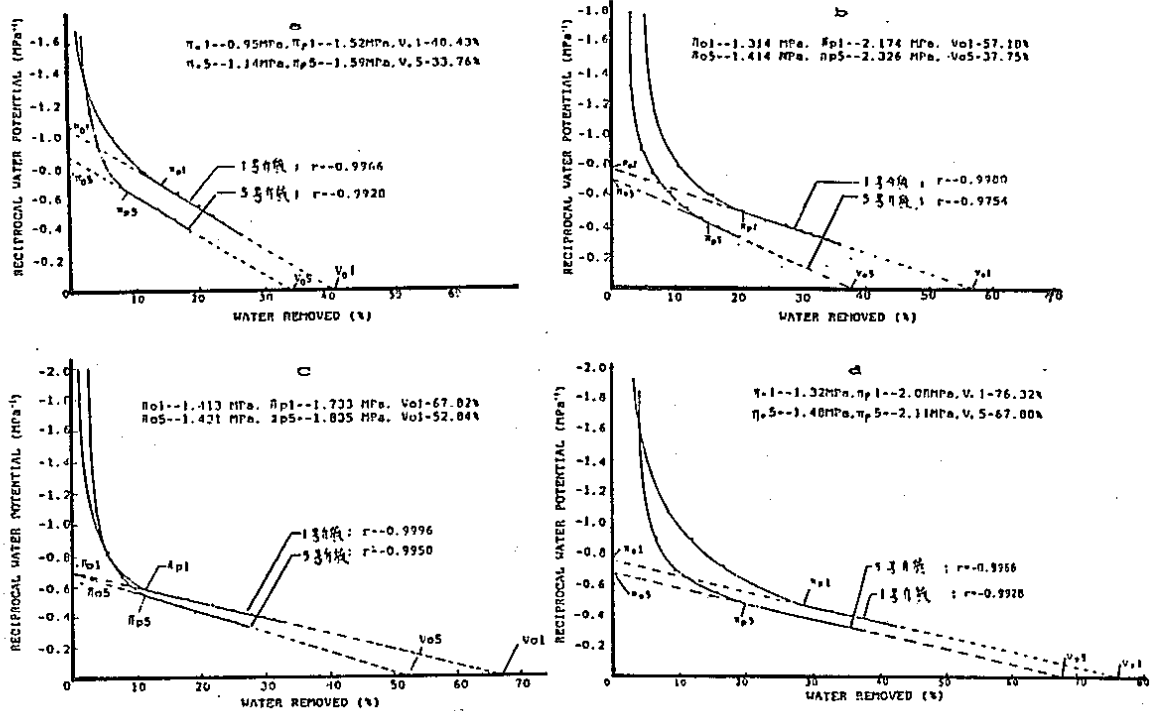


圖4. 1號介質(1:1 泥炭土-蛭石)及5號介質(1:1 炭化稻殼-牛糞堆肥)所培育之(a)紅檜；(b)台灣二葉松；(c)香杉及(d)台灣杉等4種穴植管苗之莖葉部的壓力-容積曲線(P-V curves)。

$\pi_0$  表示完全膨潤狀態之植物水勢。  
 $\pi_p$  表示初發原生質分離時之植物體水勢。  
 $V_o$  表示原生質中所含有效水分所佔之百分率。

3. 4個樹種苗木之壓力—容積曲線（P—V曲線）皆呈相同之趨勢（見圖4），在5號介質中培育之苗木所測得之P—V曲線皆位於1號介質所培育苗木之P—V曲線下方。4個樹種，在5號介質中培育之苗木之 $\pi_0$ 值（完全膨潤時之植株水勢）及

$\pi_p$ 值）發生原生質分離時之植株水勢），均較1號介質中培育者有較大之負值，而其 $V_o$ 值（原生質中之有效含水率）均較低。

4. 5種介質在穴植管中之物理性質列於表2；表2中孔隙量，容重等數值，以5種介質相互比較

表2 五種介質在穴植管中之物理性質

介質代號	飽水重 (g/l)	容積重 (g/l)	比重 (g/l)	孔隙容積 (%)	液相容積 (%)	氣相容積 (%)	細孔隙 (%)	粗孔隙 (%)	萎凋係數** (容積%)
1 <sup>H</sup>	838.87	0.24	2.55	90.51	59.66	30.84	33.49	0.92	3.69
2	1028.98	0.38	2.21	82.87	64.99	17.89	26.16	0.68	9.04
3	585.27	0.12	1.71	93.25	46.97	46.28	29.16	1.59	4.72
4	1015.36	0.42	2.53	83.41	59.63	23.78	30.55	0.78	5.84
5	940.69	0.32	2.09	84.82	62.31	22.51	27.51	0.82	6.64

\* 五種介質為：1：(1:1)泥炭土-蛭石；2：(1:1)泥炭土-牛糞堆肥；3：(1:1)泥炭土-炭化稻殼；4：(1:1)蛭石-牛糞堆肥；5：(1:1)牛糞堆肥-炭化稻殼。

\*\*萎凋係數以紅豆苗實測而得，僅供參考。



時，其大小之趨勢略同於陳財輝及胡大維氏(1986)之結果，但實值則與之相異：容積重及液相容積值大於他們之試驗結果，氣相容積，粗/細孔隙比值則較他們的數據低很多。孔隙度以3號介質最大，2號介質為最小；乾重及容積重則以4號介質為最大，3號介質為最小；比重則以含有蛭石之一號及4號介質為最大，3號介質為最小；以其含有質輕之炭化稻殼使然。

#### 四、討論

4個樹種的苗木，在5種混合配方的介質中之初期生長的差異，是由於此5種混合配方介質之養分含量有極顯著的差異存在(參見附表1；陳財輝、胡大維1986)，在不另施肥料的情況下，1號介質(泥炭土—蛭石)與3號介質(泥炭土—炭化稻殼)之養分含量顯然不足以供應苗木一年之初期生長。雖然依據陳財輝與胡大維氏(1986)之分析結果顯示，1、2、3及5號4種介質(4號介質未在其試驗中使用)之N含量皆已達Cleary等(1978)所建議之土壤養分含量標準：N含量應在0.12~0.23%水準以上；不過4種介質之K元素含量則皆未達建議之80~100 ppm水準；再以P元素含量而言，1號介質之有效性P肥遠低於其餘介質之P肥含量，不過3號介質之P肥含量卻已達Cleary等(1978)建議之15~20ppm標準。可見，單以介質之養分含量而言，似乎並不構成苗木生長受限制之因素(Larson 1974)；但是經過一段時間的灌溉之淋洗作用(leaching)之後，養分的補充即成為極重要的苗圃作業程序。由於穴植管之口徑甚小，固體肥料之施用較為困難，雖可在混合介質之時，添加若干量之固體肥料為基肥，但經過上述之淋洗作用之後，仍將產生養分不平衡之狀況。所以歐美各國對於穴植管之類容器的育苗作業，多以噴灌法注入液體肥料而行葉面施肥或將緩效性肥料拌入栽植介質中。(Brix and Van den Driessche 1974)。

次以此5種介質之保水性觀之，試驗結果似乎與想像的情形相左：孔隙度大的介質通氣性佳，保水力應該會較差。但事實上，在穴植管中，3號介質之孔隙度最大(93.25%)粗細孔隙比也高達1.59；1號介質次之，孔隙度達90%，粗/細孔隙比為0.92，均遠高於其餘3種介質。於停止灌溉後1天，3號介質之含水率即顯著高於其餘介質，而1號介質

含水率雖低於3號介質，卻顯著高於其餘2號5號及4號介質，此趨勢無論是在培育此4種苗木之任一種或是未栽植苗木之對照組中皆然。直至第4天，3號介質之含水率始與1號介質無顯著差異，但仍顯著高於另外3種介質(見圖2)。可見，栽培介質保水力之高低，並不僅由通氣孔隙之大小與多寡決定，尚需視其介質組織等因素而定，此介質組織(texture)正為影響毛細作用最大之因子。混合介質之物理性質極不同於般土壤，其膨鬆的特性就如同經充分耕耘之土壤，其多纖維性非一般土壤所可比擬，由表2所列5種介質之容積重而言，除3號介質稍低外，其餘4種介質應皆在良好介質所需之0.15~0.5g/ml範圍之內；但其導水性(hydraulic conductivity)則有極大之差異，3號及1號介質即可能由於所含泥炭土之導水性不良，使生長其中之苗木在根系—土壤之接觸界面上，存在一分甚為可觀的水分輸導阻抗(Örlander and Due 1986)，而使苗木之初期生長不良。殆至苗木之根系發展較健全時，卻由於苗木植株之幼小而無法適量藉蒸發散作用(evapotranspiration)排除過多之土壤水分，導致植株長期生長於土壤水分過多之環境，而呈幼弱(suculent)之形態，無法建立其對逆境(environmental stress)之耐力(Lavitt 1972)。

由4種苗木在3號介質中，歷經停止灌溉後4天之內之植株水分潛勢(plant water potential)之變化觀之，其育苗期內耐旱能力之誘導，幾乎是等於零，所以即使在培育階段之幼苗期，台灣杉與紅檜苗在三號介質中之成活率僅達55~56%；以此種苗木栽植造林，如遇乾旱環境，其成活機會可能不會太大。

2號、4號及5號介質之孔隙度在82.9~84.8%之間，其中粗孔隙(氣相容積)僅佔17.9~23.8%，較一般常用之1號介質(泥炭土—蛭石)之總孔隙度90.5%及粗孔隙30.9%稍低；所以其根系—土壤接觸界面之導水阻抗較低(Örlander and Due 1986a, 1986b)，使水分較易經由土壤—根系—植物體之路線而散失，導致其土壤之含水率自停止灌溉後1日即迅速降至 $54.75 \pm 2.68\%$ ~ $74.14 \pm 4.18\%$ ；使苗木植株經常處於水分逆壓(water stress)之環境，而誘導出苗木之耐旱能力(Lavitt 1972)。

由4個樹種在1號及5號2種介質中培育之苗木地上部(Shoot)的P—V曲線,可以看出由5號介質中培育的苗木,  $\pi_0$ 值及 $\pi_p$ 值之絕對值皆大於於在1號介質中培育者(香杉之 $\pi_0$ 值例外);而 $V_0$ 值皆低於由1號介質中培育之苗木所測得者。此現象說明了在5號介質中生長的苗,因蒸散效率及光合作用效率較高,而累積了較高量的同化物(assimilates),使其原生質之水分含量減少,意即濃度較高,導致其組織發生原生質分離(incipient plasmolysis)時之水勢( $\psi_w$ )較低,意即可忍受較強之水分逆壓而有能耐過較乾旱之環境。雖然Ritchie and Snula (1984)懷疑苗木可因此而產生耐旱能力,但綜合本試驗之結果應可推論:由於生長於2號、4號及5號介質中的苗木之生長較佳,有較大之總葉面積,導致蒸散效率較高,而使其較常處於逆境之缺水狀況(見圖4),乃誘導其產生耐旱的能力(Levitt 1972; Cheung *et al.* 1975; Kandiko *et al.* 1980)。此種能力,表現於P—V曲線上的,就是較低的 $\pi_p$ 值(絕對值較大)。由此結果,應可證實以P—V曲線測定苗木耐旱能力之可信度。

而再由4個樹種在同一介質之中的P—V曲線比較(圖4),台灣杉與香杉之原生質含水率較紅檜為高,顯示其可適應較為乾旱之生育地;台灣二葉松之 $\pi_p$ 值較其餘樹種為低,更顯示其耐旱能力甚強,是為典型的先驅樹種,至於其 $V_0$ 值並不大,可能是由於木質部內含樹脂之故。紅檜之 $\pi_p$ 值較高(絕對值較小),以生理生態學之意義而言,此特性顯示其苗木耐旱能力較差(Cheung *et al.* 1975),當非陽性樹種。則以往本省大量使用紅檜為皆伐跡地之造林樹種,也許是需要重新檢討的作法。不過此說猶有待更多的試驗予以驗證。

由於5號介質為完全本地產之材料(炭化稻殼—牛糞堆肥),且其物理性質合乎理想(質輕且保水性佳;參見表2),養分含量亦充足(參見陳財輝與胡大維,1986)作為取代一般常用之1號介質(泥炭土—蛭石)之可行性高;而2號及4號介質則失之於過重,不利於搬運及栽植作業;3號介質不利於初期生長。故僅以5號介質所培育苗木進行P—V曲線之測定而與一般常用之1號(泥炭土—蛭石)介質(Brix and Van den Driessche 1974)所培育之苗木比較。由本試驗之結果顯示,其取代

之可行性甚高。

表2之結果與陳財輝及胡大維氏(1986)之試驗值相異之原因,推測係由於本試驗乃以穴植管依常用之填裝法裝填介質,因穴植管係上大下小之楔形(上端內徑2.7cm,下端內徑1.2cm),於裝填之過程中,介質因震擊下落而趨密實;據詢於陳財輝氏,其試驗係以400ml容積之圓筒,依標準測法進行測試,而圓筒之直徑係上下一般大,裝填介質之密實度可能較穴植管中之介質為低,故其容積重值皆低於本試驗之結果,而孔隙度值則較高。雖然不同介質之間的比較,其孔隙度大小之趨勢與本試驗之結果相仿,但是若須依據其孔隙度之實測值而推算保水力及施肥量等,則可能發生誤差。同時由本試驗之結果可知,介質之容積重,孔隙度等性質,因作業方法之差異而變化甚大;作業方法之不正確,將影響介質之保水性等性質,因而影響育苗之成敗,由介質物理性質之測定,可求得在標準狀況下介質在穴植管中之容積重,再配合填裝時介質含水率之快速測定(以紅外線水分測定儀測定,僅須數分鐘),即可推算裝填介質時每單位數量穴植管(通常為100支)應裝填之介質重量,藉以控制介質之物理品質以使育苗作業標準化,進而控制苗木之品質。

水分供應之多寡為苗木生長之最基本限制因子,甚而可成為其致死因子,經由水分管理可控制苗木之生長速率及環境逆壓抗力(郭幸榮 1986; kozłowski 1972; Levitt 1972),而苗木之需水量(Water requirement; 或謂蒸散比, transpiration ratio)實隨土壤含水量之多寡而異,土壤含水量過高或過低,皆使苗木需水量增加(張峻德 1976),故適當之灌溉量為苗圃作業中首需探討者,經由苗木水分生理狀態之測試,即可鑑定灌溉量是否適當。本試驗雖僅對苗木在不同介質中之耐旱性進行初步測試,然可測知以1號及3號介質培育紅檜等苗木,每日2次之灌溉頻度過大,同時可知,對於此4種針葉樹種苗木而言,此5種介質皆有適度之保水性,僅需以1日1~2次之灌溉額即足供苗木正常生長。同時此試驗亦證實,以苗木水分生理狀態之測試,可測定灌溉頻度與灌溉量適當與否,當可用為苗圃水分管理之重要依據。爾後並將繼續進行不同介質中,苗木之需水量及以不同介質培育之苗木,在栽植於林地後之吸水特性研究,以作為育苗

灌溉作業之參考。

由本試驗之結果，可推論，以穴植管育苗法培育針樹苗木是可行的，而且由於管理之集約，預期可減少育苗之成本，並可大量培育品質均一的苗木。同時由於穴植管苗之根系完整，預期可獲得提高成活率之效。再由於此種苗木在搬運及栽植作業上，因重量輕，根系之介質完整，可有方便省工之效。雖如此，在育苗之作業中，仍有不少之問題存在，如介質之配方，施肥方法，灌溉頻度，葉部對灌溉水之阻擋，穴植管上端介質易於沖失等多項問題，在本試驗中尚未予以探討，有待於後續之試驗中予以探討解決。

五、結論

本試驗採用 5 種配方之生長介質就 4 種經濟針葉樹種之穴植管育苗法進行探討，依上述之結果可得結論如下。

1. 紅檜、台灣二葉松、香杉及台灣杉等 4 種經濟針葉樹種可採用穴植管育苗法培育，培育期需時 1 年半至 2 年。

2. 以含有牛糞堆肥之介質培育上述 4 種苗木，於第一年之培育期中，未發生養分缺乏徵狀，顯示

尚無需施用肥料。但在不含牛糞堆肥之 1 號及 5 號介質中，則有施肥之必要。

3. 苗木在 4 號介質中生長最速，2 號及 5 號介質次之。介質之物理性質亦以此 3 種介質為佳。但以材料之來源而言，5 號介質為完全省產材料，較具取代進口材料之潛力。

4. 苗木之苗木水分生理狀態顯示，在含水率較高之 1 號及 3 號介質中，苗木之環境逆壓抗力偏低，故應減少灌溉頻率；其餘 3 種介質亦僅需每日灌溉 1~2 次。此結果亦顯示，育苗作業之水分管理需視介質之物理性質及苗木之需水量而釐定其標準。至於苗木之需水量則需由苗木水分生理特性而予測定。

5. 介質之物理性質受裝填作業方法影響，故以穴植管育苗法培育苗木，介質之裝填作業需確實，以免影響苗木發育。

6. 以壓力箱測定苗木體水勢可即時顯示苗木之水分生理現況，而壓力-容積曲線更可作為檢定苗木光合作用效率及耐旱能力之用，惟此項參數與苗木品質之關係，仍待更多之試驗予以建立。然已可確定者是：壓力-容積曲線可用以比較樹種之耐旱性，而作為不同造林地環境選擇樹種之依據。

附表1. 混合介質之化學性質\*\*

介質代號	氮 N (%)	有機質 (%)	有效性磷 P(ppm)	K	可交換性 Na	陽離子 Ca (ppm)	Mg
1**	0.2108	24.00	3.128	1.630	1.424	17.690	9.930
2	0.8049	37.77	183.408	15.364	5.641	7.198	15.584
3	0.4686	52.22	16.425	2.274	2.076	10.516	7.874
4	0.5790	26.30	176.425	3.664	1.541	17.500	12.757
5	0.7214	28.59	178.324	15.364	4.728	1.010	11.678

\* 資料取自陳財輝與胡大維 (1986)。4 號介質係由作者測定。

\*\*1: 泥炭土1: 蛭石1。  
 2: 泥炭土1: 牛糞堆肥1。  
 3: 泥炭土1: 炭化稻殼1。  
 4: 蛭石1: 牛糞堆肥1。  
 5: 牛糞堆肥1: 炭化稻殼1。

## 引用文獻

- 沈慈安、胡大維 1986 耳葉相思樹扦插繁殖之研究  
林業試驗所研究報告季刊 1 (1) : 25-30。
- 胡大維、簡慶德 1983 一種新的容器—穴植管育苗法  
簡介 文化森林 9 : 10-14。
- 郭幸榮 1986 台灣杉苗木之種源及其重要生理性狀  
台灣大學博士論文。
- 陳財輝、胡大維 1986 混合介質對三種固氮樹種穴植  
管苗木初期生長之影響 林業試驗所研究報告季刊  
1 (3) : 71-79。
- 張峻德 1976 台灣泡桐苗木之吸水特性及施肥與土壤  
水分對其生長之影響研究 農林學報 25 : 47-61。
- Balmer, W. E. 1984. Containerization in the  
Southeast. Pages 38-41 in "Proceedings of the  
North American containerized forest tree seed-  
ling symposium." (P. W. Tinus, W. I. Stein,  
and W. E. Balmer eds.) August 26-29, 1974.  
Denver, Colorado. 458p.
- Bamford, A. H. 1974. Development of the British  
Columbia container program. Page 53-58. in "Pr-  
ceedings of the North American containerized  
forest tree seedling symposium." (R. W. Tinus,  
W. I. Stein, and W. E. Balmer eds.) August  
26-29, 1974. Denver, Colorado. 458 p.
- Brix, H. and R. van den Driessche. 1974. Mineral  
nutrition of container-grown tree seedlings.  
Pages 77-84. in "proceedings of the North Ame-  
rican containerized forest tree seedling sympos-  
ium." (R. W. Tinus, W. I. Stein, and W. E.  
Balmer eds.) August 26-29, 1974. Denver,  
Colorado.
- Cheung, Y. N. S., M. T. Tyree, and J. Dainty.  
1975. Water relations parameters on single leaves  
obtained in a pressure bomb and some ecologi-  
cal interpretations. Can. J. Bot. 53 : 1342-1346.
- Cleary, B. D., R. D. Greaves, and P. W. Owston.  
1978. Seedlings. Pages 64-97. in "Regenerating  
Oregon's Forests" (Cleary, B. D., R. D. Greaves,  
and R. K. Hermann eds.) 1978. Oreg. State Univ.  
School of For. USDA, For. Serv.
- Ferdinand, S. I., W. C. Kay, and A. K. Hellum.  
1974. Container program in Alberta. Pages 44-52.  
in "Proceedings of the North American conta-  
inerized forest tree seedling symposium." (R. W.  
Tinus, W. I. Stein, and W. E. Balmer eds.)  
August 26-29, 1974. Denver, Colorado. 458p.
- Greffenus, R. E. 1974. Containers in the Rockies  
and Plains. Pages 42-43. in "Proceedings of the  
North American containerized forest tree seedling  
symposium." (R. W. Tinus, W. I. Stein, and W.  
E. Balmer eds.) August 26-29, 1974. Denver,  
Colorado. 458 p.
- Hulten, H. 1974. Containerization in Scandinavia.  
Pages 20-28. in "Proceedings of the North  
American containerized forest tree seedling sy-  
mposium." (R. W. Tinus, W. I. Stein, and W.  
E. Balmer eds.) August 26-29, 1974. Denver,  
Colorado. 459 p.
- Kandiko, R. A., R. Timmis, and J. Worrall. 1980.  
Pressure-volume curves of shoots and roots of  
normal and drought conditioned western hem-  
lock seedlings. Can. J. For. Res. 10 : 10-16.
- Kinghorn, J. M. 1974. Principles and concepts in  
container planting. Pages 8-18. in "Proceedings  
of the North American containerized forest tree  
seedling symposium." (R. W. Tinus, W. I.  
Stein, and W. E. Balmer eds.) August 26-29,  
1974. Denver, Colorado. 458 p.
- Kozloski T. T. 1972. Water Deficits and Plant  
Growth. Vol. III. Plant responses and control  
of water balance. (editor) Academic Press, New  
York, and Londn.
- Larson, P. R. 1974. The upper limit of seedling  
growth. Pages 62-76. in "Proceedings of the  
North American containerized forest tree seedling  
symposium." (R. W. Tinus, W. I. Stein, and W.  
E. Balmer eds.) August 26-29, 1974. Denver,  
Colorado. 458 p.
- Levitt, J. 1972. Responses of Plants to Environ-  
mental Stresses. Academic Press, New York and  
London.
- Örlander, G., and K. Due. 1986a. Water relations  
of Scots pine seedlings grown in peat as a  
function of soil water potential and soil temper-  
ature. Stud. For. Suec. No. 175. 13 p.
- Örlander, G., and K. Due. 1986.. Location of  
hydraulic resistance in the soil-plant pathway in  
seedlings of Pinus sylvestris L. grown in peat.  
Can. J. For. Res. 16 : 115-123.
- Reese, K. H. 1974. Container production in Ontario.  
Pages 29-37. in "Proceedings of the Nortn

- American containerized forest tree seedling symposium.' R. W. Tinus, W. I. Stein, and W. E. Balmer eds.) August 26-29, 1974. Denver, Colorado. 458 p.
- Ritchie, G. A. 1985. Root growth potential: principles, procedures, and predictive ability. *in* 'Proc. : Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests.' (Duryea, M. L. ed.) Oct. 16-18. 1984. For. Res. Lab., Oregon State Univ., Corvallis. USA. 143 p.
- Ritchie, G. A., and T. M. Hinckley. 1975. The pressure chamber as an instrument for ecological research. Pages 165-254. *in* 'Advances in Ecological Research.' (A. Macfadyen edit.) Academic Press, New York, and London.
- Ritchie, G. A., and R. G. Shula. 1984. Seasonal changes of tissue-water relations in shoots and roots systems of Douglas-fir seedlings. *For. Sci.* 30 (2) : 538-548.
- Scholander, H. T., H. T. Hammel, E. D. Bradstreet, and E. A. Hemmingsen. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science (Wash.)*, 148 : 339-346.
- Scholander, H. T., H. T. Hammel, E. A. Hemmingsen, and E. D. Bradstreet. 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 51 : 119-125.
- Schulte, P. J., and T. M. Hinckley. 1985. A comparison of pressure-volume curve data analysis techniques. *J. Exp. Bot.* 36(171) : 1590-1602.
- Ter Bush, F. A. 1974. Container Boom in the Northwest. Pages 59-60. *in* "Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium." (R. W. Tinus, W. I. Stein, and W. E. Balmer eds.) August 26-29, 1974. Denver, Colorado. 458 p.
- Tyree, M. T., and H. T. Hammel. 1972. The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure-bomb technique. *J. Exp. Bot.* 23 : 267-282.