

PVC管在安平港紅樹林復育上之應用

文、圖 ■ 范貴珠 ■ 國立屏東科技大學森林系副教授

葉慶龍 ■ 國立屏東科技大學森林系副教授

一、前言

紅樹林苗木對水深、潮汐及海浪的變動非常敏感，通常淹水地區缺乏苗木初期發育的適合環境，因此無法應用傳統的栽植技術。Dr.Riley在1995年發展了Riley Encased Methodology (REM)，組裝上下2部分的PVC (poly-vinyl chloride) 管，用以保護大紅樹胎生苗抵抗淹水及其他環境逆壓，在傳統栽植技術無法成功的地區，利用此裝入的栽植方法能有效率地建立紅樹林苗木 (Riley and Salgado Kent, 1999；Salgado Kent and Lin, 1999)。

近年來高雄港務局積極開發安平港為輔助港，以發展東南亞、東北亞、大陸、香港及國內之環島、海上觀光遊憩等多功能港口為目標。惟安平港開發破壞了原有紅樹林生育地，因此港務局基於環境保護及生態保育永續經營理念，規劃二處紅樹林復育地點，一處為台南市健康路3段之紅樹林保護區，位於污水處理廠與安平港航行河道間；保護區面積為4.6ha，其中約1.5ha為林相完整之海茄苳純林，樹高約2~4m。另有1ha為每日受潮水影響之深水區，漲潮時淹水深度達1.2~

1.6m左右。由於深水區缺乏紅樹林生長之適合環境，本計畫亦選擇嘗試以PVC管為栽植容器，但礙於栽植環境不同及經費限制，本計畫的栽植方法與REM有所不同。栽植前3年之初期試驗結果已發表 (游芳來等，2000；2001)，本報告則簡要呈現栽植6年後之結果，並說明此栽植方法之適用性及優缺點，以為爾後台灣紅樹林復育工作之參考。

二、材料與方法

1998年7月在台南市健康路紅樹林保護區現場，將直徑為4吋 (10cm) 之PVC管分別切成50及150cm高度，並在每根PVC管上鑽出5~10個小孔，以利管內與外界水分交換。

(一) 50cm PVC管復育栽植

靠近保護區施工便道旁最大淹水高度約50cm，將50cmPVC管插入土中約20cm，直接挖取表層泥濘土壤填入管中；以培育3星期具6~10根健壯新根之五梨跤胎生苗栽植在PVC管上方，共計栽植100支PVC管苗木。

(二) 150cm PVC管復育栽植

將150cm高之PVC管設置在漲潮淹水為



圖1 漂入長竹竿為復育初期深水區苗木死亡主要原因

1.2~1.6m之深水區中，插入土中深度為50cm。各PVC管之間距為1.5m×1.5m，共設置760支PVC管。

由於深水區每日超過百次機動漁船及舢舨快速經過，所引起之大浪沖走新植五梨跤胎生苗。復育初期深水區水面常漂浮大量的漁業及家庭固體廢棄物，尤其是10m長之蚵架長竹竿（圖1），造成深水區150cm PVC管胎生苗栽植2個月後，成活率僅約5%。自1998年11月至1999年11月間，深水區PVC管共補植3次五梨跤及欖李容器苗，苗木成活後定期取樣調查高生長及地徑生長。

三、結果與討論

國外學者建議若需以人工栽植紅樹林苗木時，重新建立適當之水文狀況會較易成功（Lewis and Streever, 2000）；但哥倫比亞的海岸地區以人工方式改變瀉湖水文狀況後，土壤會迅速呈高鹽化狀態、沈澱速度增加及水位會降低，反而造成51,000ha紅樹林死亡率達60%，至少需10年時間進行紅樹林恢復工作（Elster, 2000）。本復育計畫初期面對無適合之栽植生育地時，港務局曾徵詢是

否需將深水區填土以利復育紅樹林？惟基於經費與時間考量，且顧及填土工程過於浩大，亦可能造成河道淤積而遭致漁民抗爭等，乃首次嘗試以PVC管在深水區復育紅樹林，盡量避免產生各種無法預期的問題。

本計畫在不考慮填土工程的原則下，以PVC管提供苗木生長之土壤，但苗木栽植初期成活率僅有5%。經過不斷補植及定期清理垃圾後，保護區周圍之不銹鋼圍籬在2000年8月始架設完成，第3年開始深水區五梨跤苗木才較穩定生長。經過6年復育時間，大致結果說明如下：

（一）50cm PVC管復育栽植

靠近施工便道旁之淹水深度較淺，此區離漁船出入之水道較遠，1998年7月栽植在50cm PVC管之五梨跤胎生苗亦較成熟健壯，第2年茂盛的支持根即深入土壤，可支持樹體之穩定性及吸收養分（圖2）。第3



圖2 便道旁50cm PVC管苗木第2年支持根已深入土壤



圖3 50cm PVC管苗木第6年樹高可達320cm

年後稚樹即產生胎生苗，各項形質生長均較150cmPVC管者為佳。栽植6年後，2004年9月調查之樹高將近320cm（圖3），1年之樹高淨生長約80cm，生長勢與直插胎生苗於土壤

者並無差異；惟地際直徑則一直維持在40mm，顯示此樹種的主幹增粗生長能力有限。Salgado Kent及Lin（1999）在佛羅里達海岸以不同栽植方式復育大紅樹之研究結果顯示，無論是栽植在土壤的傳統方法、以直徑1.5吋之半長（half-length）PVC管栽植者或栽植在竹筒內者，苗木均全數死亡或成活率僅達1.5%。而以同樣直徑之全長（full-length）PVC管栽植者，苗木之初期成活率達87%，8個月後之苗高淨生長僅為16.6cm。本復育計畫以50cmPVC管栽植五梨跤苗木，至今稚樹之茂盛支持根將PVC管包住而未影響觀瞻，已成為淹水區域復育紅樹林的良好示範（圖4）。

圖4 6年生健壯五梨跤茂密支撐根已將PVC管包住





(二) 150cm PVC管復育栽植

1998年11月栽植在深水區150cmPVC的五梨跤容器苗，由於淹水深度較大，且根系生長受限於管徑而呈停滯狀態；在2001年11月調查之高度為80.6cm，地徑為35.8mm，雖然生長緩慢，但少數健壯稚樹已長出一些支持根。至2002年12月調查時，因每日進出水道的漁船相當頻繁，長期造成PVC管中的土壤從排水孔中流出，整株苗木已陷入管中，因此量測的高度生長反而有降低情形。在2003年3月將PVC管用砍刀輕輕敲破，9月調查時管內根系已稍微自行撐破PVC管，因此地徑生長均有增加現象。深水區靠近航行水道處因船筏進出頻繁，激起波浪常夾帶泥沙已使此區土壤增高，因此五梨

跤支持根較早深入土壤，並長出6~8支的胎生苗（圖5）。150cmPVC管五梨跤稚樹在栽植6年後，因支持根已開始接觸底層土壤吸收養分，有些健壯稚樹生長始較微明顯增加（圖6）；深水區150cmPVC管五梨跤1年之樹高淨生長為20.9cm，地徑淨生長僅略微增加4.4mm。雖然整個深水區所栽植的紅樹林生長緩慢，但漲潮時遠眺仍呈現相當優美之水上森林景觀（圖7）。



圖6 深水區少數健壯PVC管五梨跤稚樹支持根數量多



圖5 深水區退潮時可見五梨跤支持根已漸深入土壤中



圖7 漲潮時遠眺深水區呈現優美之水上森林景觀

本復育計畫所栽植之五梨跤能在淹水缺氧環境中生長，主要是因主幹上可長出支持根供氣體交換之用。國外紅樹林復育計畫使用REM方法，亦建議應栽植具有支持根之大紅樹（*R.mangle*）始有成功機會（Riley and Salgado Kent, 1999；Salgado Kent and Lin, 1999）。本計畫於1998年11月曾在150 cm PVC管栽植欖李苗木，第1年成活率可達80%且開花結實；但此樹種缺乏呼吸根，加上每年5~6月份時毛蟲將整株葉片啃食殆盡，至2004年9月時高度仍維持在50~60cm；此外，深水區150cmPVC管中有少數海茄苳及水筆仔苗木，此2種紅樹林亦不具由樹幹往下生長之支持根，而且不耐長期淹水環境；2004年7月初敏督利颱風侵襲，上述3種紅樹林PVC管呈傾斜狀態，且少數已淹水而死亡；推測3樹種未來僅能在PVC管中殘存，生長量不會明顯增加，甚至最終會全數死亡。

四、結論與建議

本研究為台灣首次應用PVC管在淹水區域中栽植紅樹林之計畫，初期因為復育區環境過於惡劣，苗木幾乎完全無法成活。經過研究人員不斷努力補植，而且港務局配合環境清理維護工作，至今深水區仍能呈現優美之水上森林景緻。復育成效與REM方法相較雖未遜色，但各研究計畫之生育環境及管理方法均不同，無法主觀進行優劣比較。僅將此法之適用性及優缺點說明如下：

1. 通常深水區並不適合紅樹林生長，除非如安平港開發已破壞稀有五梨跤生育地，僅剩健康路紅樹林保護區可勉強進行復育，否則勿輕易嘗試。
2. 採用PVC管在健康路保護區復育栽植五梨跤胎生苗，6年後成活率約65~70%；優點是較填土栽植或REM方法節省經費及勞力，缺點則為PVC管徑限制苗木生長。此栽植方法日前受法國熱帶及亞熱帶農業研究組織CIRAD邀請，將初步結果發表在



圖8 深水區之吳郭魚棲息地數量較復育前大量增加



Bois et Forêts des Tropiques (BFT) 期刊 (Fan, 2002), 供紅樹林復育學者參考。

3. PVC管只適合栽植有支持根之五梨跤，而欖李、海茄苳及水筆仔等樹種無支持根固定土壤則不適合；尤其深水區吳郭魚棲息地數量增加（圖8），若遇到颱風搖動樹冠及PVC管，則會傾斜導致苗木死亡。
4. 五梨跤雖可應用PVC管栽植，但適合在污染或淹水深度約50~70 cm處，而且PVC管應採用較易脆裂之材質。
5. 五梨跤以PVC管栽植第1~2年期間，每年6月時約70%遭小白紋毒蛾（*Orgria postica*）和青枯葉蛾（*Trabla vishnou*）幼蟲啃食葉部，而毛蟲的危害隨著稚樹年齡增加而減少；主要是因為葉片養分含量減少，而二次代謝物濃度增加，或者單寧含量隨著葉齡增加，致使植物組織不再是昆蟲的美食，故遭致危害程度較輕微，因此毛蟲危害可視為紅樹林生態系有機養分

圖9 PVC管及五梨跤支持根附生之藤壺日漸增加



循環的一部分

(Farnsworth and Ellison, 1991; Anderson and Lee, 1995; Vega-Cendejas and Arreguin-Sanchez, 2001); 噴灑化學藥劑會污染水源及環境，因此不建議任何防治措施，大多數受啃食苗木在次年即可恢復生長。

6. 深水區吳郭魚棲地大量增加已造成一些PVC管傾倒，加上藤壺附生在PVC管及五梨跤支持根上日漸增加（圖9），對林木將來之生長影響仍須繼續觀察。
7. 若要將PVC管栽植方式應用到其他復育區，事先需評估生育地各項環境因素，實施時亦需要專業之經驗與技術。▲