

嘉義欣欣水泥廢棄礦區之復舊造林

文/圖 黃秀緞 ■ 林務局嘉義林區管理處作業課技正
李明仁 ■ 國立嘉義大學森林暨自然資源學系教授 (通訊作者)

一、前言

近幾十年來台灣水泥業的採礦活動促進了台灣社會、經濟和文明的發展，但因石灰岩礦產的開發與利用破壞大量的地表，嚴重破壞原有的生態環境，而引起一系列的環境問題。因此，「礦山土地復墾」(Mine Land Reclamation)成為重要的議題。

欣欣水泥公司於民國 68年8月建廠量產，原料係開採自嘉義縣觸口鄉公田村八掌溪上游山區之碳酸鈣 (CaCO_3) 石灰岩礦區。於民國87年限制開採後，礦區已廢棄多年，且欣欣水泥公司亦曾於礦區內進行復舊造林工作，惟造林皆失敗，致礦區石灰岩裸露，而演替為芒草所覆蓋之草生地，對國土保安和景觀生態均有負面影響。廢棄水泥礦區之復舊造林，可以恢復森林

生態系，增進碳吸存(Carbon Sequestration)，提供良好的碳匯 (Carbon Sink)，並提高森林生物多樣性(Forest Biodiversity)。本試驗研究之主要目的乃在探討廢棄水泥礦區之土壤特性及適合復舊造林之樹種，以期恢復廢棄礦區森林生態，增進國土保安功能，並提供廢棄水泥礦區復舊造林技術之參考。

二、研究方法

本試驗採用之造林樹種有相思樹(*Acacia confusa*)、台灣赤楊(*Alnus formosana*)、木麻黃(*Casuarina equisetifolia*)、檸檬桉(*Eucalyptus citriodora*)、雀榕(*Ficus superba* var. *japonica*)、及白千層(*Melaleuca leucadendron*)等6種，其中相思樹苗木係由台大實驗林苗圃所提供之1-0苗。台灣赤楊苗木係由林務局嘉義林管處奮起湖中興苗圃所提供之1-0苗。木麻黃、白千層苗木係由林業試驗所四湖工作站所提供之1-0苗。檸檬桉苗木係由中華紙漿股份有限公司所提供之1-0苗。

試驗樣區位於嘉義縣番路鄉公田村嘉義欣欣水泥礦區 (圖1)，海拔高為753~760m。樣區內之地被植物有台灣馬桑(*Coriaria intermedia*)、相思



圖片／視野創異行銷



圖1 嘉義欣欣水泥礦區試驗樣區（林務局嘉義林區管理處提供）

照片1 欣欣水泥礦區95年度造林前地況（攝影／嘉義大學 陳右農）

照片2 欣欣水泥礦區95年造林狀況（攝影／嘉義大學 陳右農）

| | |
|----|-----|
| 圖1 | 照片1 |
| | 照片2 |



樹(*Acacia confusa*)、木苧麻 (*Boehmeria densiflora*)、加拿大蓬(*Conyza Canadensis*)、雪茄花(*Cuphea ignea*)、波葉山螞蝗(*Desmodium sequax*)、香澤蘭(*Eupatorium odoratum*)、木芙蓉 (*Hibiscus mutabilis*)、糙葉金錦香(*Otanthra scaberrima*)、美洲闊苞菊(*Pluchea carolinensis*)、台灣矢竹(*Sinobambusa kunishii*)、瓦氏尾蕨(*Pteridaceae wallichiana*) 等(照片1)。

造林試驗區分4樣區(15 m × 15 m)，每樣區分6小區(1.5 m × 1.3 m)，各小區種1種樹種有10株苗木為一完全區集，各區集採逢機排列。試驗苗木共計6樹種 × 4區集 × 10株(重複)=240株(照片2)。

試驗期間自95年4月進行造林開始至98年8月止計3年4個月。每年調查造林後苗木成活率、生長量，分析比較各造林樹種之差異，並取樣分析造林地土壤之pH值、氮濃度、有效磷含量、及可置換性陽離子濃度等化學性質。

三、結果與討論

(一) 造林苗木成活率

統計分析結果顯示，各造林樹種之苗木成活率，以木麻黃之95.0 ± 5.77 %為最高，白千層、台灣赤楊、及相思樹次之，雀榕又次之，而以檸檬桉之0 %為最低(表1)。

供試6種樹種在水泥礦區進行造林後38個月之苗木成活率，一般樣區造林成活率前三名依序為木麻黃 (95%)、白千層 (65%)、台灣赤楊及相思樹 (55%)；而以檸檬桉者為最低，顯示檸檬桉極不適合水泥礦區之復舊造林。由此可見，一般樣區之各樹種造林苗木成活率以木麻黃、白千層、台灣赤楊及相思樹為較高。所以，在

表1 嘉義欣欣水泥礦區造林38個月後苗木成活率之Tukey分析

| 樹種 | 成活率 (%) |
|------|---|
| 相思樹 | 55.00 ± 19.14 (48.17 ± 11.54) ^{b1} |
| 台灣赤楊 | 55.00 ± 23.80 (47.72 ± 14.39) ^b |
| 木麻黃 | 95.00 ± 5.77 (80.78 ± 10.64) ^a |
| 檸檬桉 | 0.00 ± 0.00 (0.00 ± 0.00) ^d |
| 雀榕 | 32.50 ± 33.04 (30.06 ± 25.67) ^c |
| 白千層 | 65.00 ± 10.00 (53.84 ± 5.89) ^b |

註：同行數值後英文字母相同者，表示差異不顯著 ($p < 0.05$)。括弧內之數字為角度轉換值

表2 嘉義欣欣水泥礦區造林38個月後苗木之苗高淨生長量之Tukey分析

| 樹種 | 苗高淨生長 (cm) |
|------|-----------------------------|
| 相思樹 | 114.92 ± 40.92 ^c |
| 台灣赤楊 | 197.91 ± 57.49 ^b |
| 木麻黃 | 375.62 ± 43.72 ^a |
| 檸檬桉 | 0.00 ± 0.00 ^d |
| 雀榕 | 53.44 ± 29.28 ^c |
| 白千層 | 191.98 ± 64.41 ^b |

註：字母及符號標記如表1所示

欣欣水泥礦區之復舊造林，可選用木麻黃、白千層、台灣赤楊及相思樹等樹種進行造林工作。究其原因可能是木麻黃、白千層及台灣赤楊均具有放線菌菌根 (*Actinorrhizae*)，而相思樹則能與根瘤菌 (*Rhizobium sp.*) 共生形成具有固氮作用之根瘤，所以可以適應水泥礦區石灰岩之土壤環境。

(二) 造林苗木之生長量

比較欣欣水泥礦區不同樣區各樹種苗木造林38個月後之苗高淨生長量可知，樣區苗木之高生長以木麻黃、台灣赤楊及白千層者為較高，分別為375.62 ± 43.72 cm、197.91 ± 57.49

cm及191.98 ± 64.41 cm，而以檸檬桉之0 mm為最低 (照片3、表2)。其原因可能係木麻黃、台灣赤楊及白千層之苗木均可以和放線菌 *Frankiae* 共生形成放線菌菌根，能固定空氣中之氮供給苗木生長所需之氮元素，所以此3種樹種苗木有較佳之高生長。

由表3分析結果可知，各造林樹種苗木之根頸直徑生長以木麻黃之47.26 ± 7.58 mm為最高，台灣赤楊及白千層者次之，分別為30.16 ± 9.06 mm及23.29 ± 4.86 mm，相思樹、及雀榕者又次之，試驗結果發現檸檬桉造林木全部死亡，顯示檸檬桉不適宜作為廢棄水泥礦區之復舊造林樹種。而以檸檬桉之0 mm為最低。綜合表2和表3之分析結果顯示，木麻黃在低海拔廢棄水泥礦區生長相當良好，所以木麻黃很適合做為低海拔廢棄水泥礦區之復舊造林樹種。

在欣欣水泥礦區之復舊造林38個月期間的苗木生長表現顯示，木麻黃之高生長為最佳，而台灣赤楊及白千層次之，其原因可能是木麻黃除了具有固氮能力之放線菌菌根之外，亦較能忍受乾旱、和高鈣離子等逆境；台灣赤楊和白千層之固氮、耐旱、及耐高鈣能力之綜合表

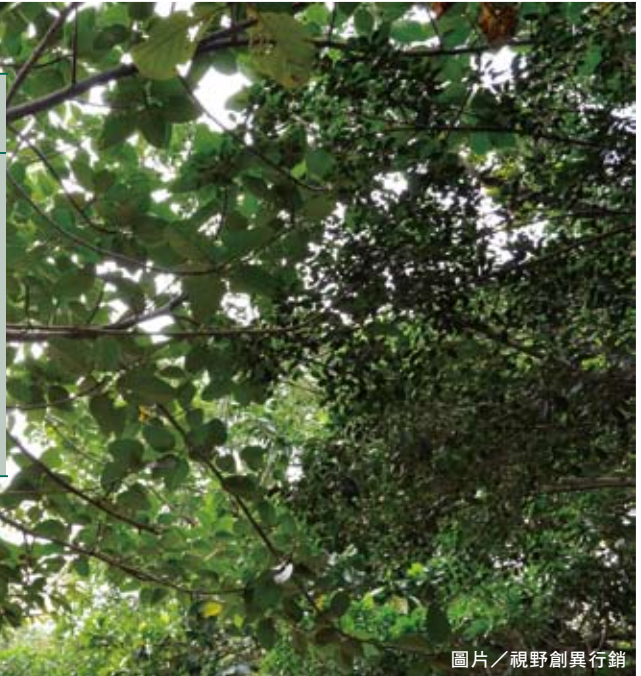


照片3 造林38個月後苗木之生長情形 (攝影／潘怡帆)

表3 嘉義欣欣水泥礦區造林38個月後
苗木根頸直徑淨生長量之Tukey分析

| 樹種 | 根頸直徑淨生長量 (mm) |
|------|----------------------------|
| 相思樹 | 16.81 ± 2.13 ^{cd} |
| 台灣赤楊 | 30.16 ± 9.06 ^b |
| 木麻黃 | 47.26 ± 7.58 ^a |
| 檸檬桉 | 0.00 ± 0.00 ^e |
| 雀榕 | 11.68 ± 2.46 ^{de} |
| 白千層 | 23.29 ± 4.86 ^{bc} |

註：字母及符號標記如表1所示



圖片／視野創異行銷

現可能較木麻黃差，所以苗木高生長量較低。許多學者之研究結果亦顯示，大頭茶菌根之接種也可增進大頭茶苗木之生長；而外生菌根對宿主林木之生長突均有顯著之促進作用。

在復舊造林38個月期間，各樹種苗木高生長和根頸直徑生長之整體生長量表現顯示，木麻黃、台灣赤楊及白千層之生長量較佳，而相思樹和雀榕之也有良好之生長量。因此，預期此5種樹種在石灰岩礦區可有良好之生長。

欣欣水泥礦區土壤化學性質分析顯示，土壤之鈣離子含量相當高 ($10.1 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)，且呈鹼性 (pH 8.15)，此乃因水泥礦區之石灰岩主成分為碳酸鈣所致。土壤中之含氮量 (0.14 %)、有效磷 (0.78 ppm)、可置換性鉀濃度 ($0.15 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$) 均偏低，顯示廢棄水泥礦區之土壤相當貧瘠，不利於林木及植物之生長。因此，苗木之生長發育必須仰賴其根部之固氮作用和對土壤礦物質之分解及吸收能力。

四、結語

廢棄水泥礦區土壤含有相當高量之鈣離子，但其氮、磷、鉀之含量則偏低，屬於鹼性且貧瘠之生育地，不利於林木之生長。本研究於嘉義縣番路鄉公田村嘉義欣欣水泥之廢棄礦區，採用相思樹、台灣赤楊、木麻黃、檸檬桉、雀榕、白千層等六種樹種進行38個月之復舊造林試驗。試驗結果顯示，6種樹種之造林成活率以木麻黃為最高，白千層、台灣赤楊及相思樹次之；而生長量則以木麻黃之生長量最佳，而台灣赤楊和白千層也有良好之生長量。本研究證實木麻黃、白千層為良好之水泥礦區復舊造林樹種，對森林生態系之重建具有正面價值。▲

參考文獻 (請逕洽作者)

謝誌

感謝行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處計畫經費補助