

微生物肥料在海岸劣化地復育樹種之生長促進應用

林業試驗所

林冠穎、李俊佑、劉則言、賴志銘、蘇子豪、王相華、林鴻志

摘要

海岸劣化地區面臨土壤有機碳含量低、土壤結構差和養分缺乏等問題，導致復育樹種的生長困難。本研究探討微生物肥料及生物炭在促進海岸劣化地樹種生長中的應用效果，並評估其對土壤健康與碳庫潛力的影響。試驗於雲林麥寮濁水溪口造林地進行，主要處理包括叢枝菌根菌(arbuscular mycorrhizal fungi)孢子砂、木黴菌(*Trichoderma* sp. TCT768)發酵液及生物炭，針對黃槿(*Hibiscus tiliaceus* L.)、木麻黃(*Casuarina equisetifolia* L.)及瓊崖海棠(*Calophyllum inophyllum* L.)等海岸造林樹種進行處理，並測量苗木生長表現。另也針對試驗地的基線土壤及苗木根圈土壤進行微生物群落分析，以觀察微生物多樣性變化，並推測其對土壤碳循環的潛在影響。

研究結果顯示，基線土壤的有機碳主要集中在0-10 cm的淺層土壤，但整體有機碳含量偏低，僅約0.1%，顯示劣化地土壤碳庫仍有提升之潛力。針對微生物及土壤改良資材的組合處理實驗，發現苗木的生長受微生物處理影響顯著，尤其是叢枝菌根菌孢子砂處理，顯著促進了黃槿苗木地徑和苗高的生長。此外，瓊崖海棠的根部內生菌實驗中，分離出多株具植物促生潛力的共生菌，部分菌株具備植物生長素(Indole-3-acetic acid, IAA)生成、溶磷及ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylate) 脫胺酶活性，其中 *Pantoea ananatis* 菌株在高鹽環境下顯著促進苦楝苗木生長，並提高其光合作用能力，顯示其對鹽分逆境的耐受性具有增強效果。

研究目的

本研究旨在評估微生物肥料及土壤改良技術在海岸劣化地區的應用，以提升復育樹種的存活率與生長量。主要目的包括：

1. 透過不同的微生物肥料組合處理，分析苗木的生長表現，尤其在乾旱逆境環境下的效果。
2. 採集並分析苗木根圈土壤的微生物群落變化，進一步探討其與土壤碳循環的關聯性。
3. 評估土壤改良資材的應用潛力，提升劣化地土壤的有機碳含量及土壤健康。

研究成果

1. **基線土壤與土壤碳測量：**本研究在濁水溪口試驗地進行的基線土壤採樣和碳測量結果顯示，三種不同地表樣態（馬鞍藤、甜根子草、裸露地）對於土壤有機碳貯量影響不大，表明該區土壤有機碳分布較均勻，並未受植被顯著影響。垂直分布上，0-10 cm淺層土壤的有機碳含量最高，顯著高於其他層次，然而整體有機碳含量偏低，僅約0.1% (表1)。這顯示該區域仍有極大潛力作為土壤碳庫，未來透過適當的土壤管理措施可能顯著提升土壤有機碳儲存能力。
2. **苗木生長表現：**本研究對720株黃槿、木麻黃及瓊崖海棠苗木進行了微生物肥料及土壤改良資材複因子組合處理，並於濁水溪口造林試驗地進行4次生長調查。調查結果(圖1)顯示生長6個月後，叢枝菌根菌孢子砂顯著促進了黃槿苗木的地徑生長。木黴菌發酵液對苗木生長的影響相對較小，但當與叢枝菌根菌孢子砂共同處理時，也呈現了正面效果。而生物炭處理則令人意外地對黃槿地徑生長產生顯著抑制效應。這些結果指出，特定微生物肥料在海岸乾旱環境下，對苗木生長有一定的促進作用。
3. **瓊崖海棠根部內生菌試驗：**從瓊崖海棠根部分離出182株菌株，篩選出其中具植物促生潛力的菌株，包括可生成IAA、具溶磷活性及ACC脫胺酶活性的菌株。其中，*Pantoea ananatis* 菌株在鹽分逆境下（電導率1.78 mS/cm）顯著促進了苗木的生長(圖2)，並提升了光合活性（Fv/Fm值）。這表明該菌株可能透過影響寄主植物的乙烯合成路徑，增強了苗木對鹽分逆境的耐受性，進一步顯示其在海岸劣化地區應用的潛力。

綜合試驗結果，微生物肥料在提升劣化地區造林苗木生長展現了顯著效果，為未來的海岸林植生復育工作提供了具體的科學依據。未來將持續針對土壤微生物群落及土壤健康進行追蹤監測，進一步探討微生物肥料施用與土壤碳含量及碳循環的關聯性。

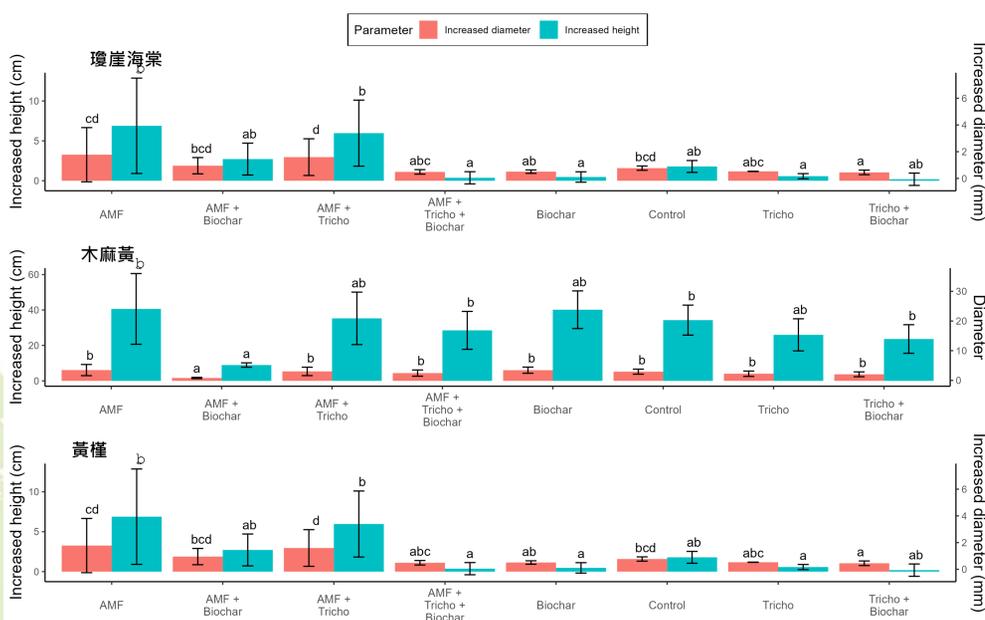


圖1、於麥寮濁水溪出海口乾旱地進行試驗，以叢枝菌根菌孢子砂(AMF)、木黴菌發酵液(Tricho)及生物炭(Biochar)為材料，對瓊崖海棠、木麻黃及黃槿等樹種苗木進行組合處理，經6個月生長後，苗高及地徑淨生長表現出現差異。以不同字母表示在 $\alpha = 0.05$ 下，經Dunn-Sidak test檢定後有差異者。

表1、濁水溪口試驗地各層次基線土壤的碳儲存量。

土壤深度	土壤總碳含量 (%)	有機碳含量 (%)	土壤總碳 (ton/ha)	土壤有機碳量 (ton/ha)
0-5 cm	0.42±0.03	0.15±0.02	3.05±0.21	1.08±0.15
5-10 cm	0.37±0.02	0.12±0.01	2.78±0.27	0.88±0.11
10-20 cm	0.38±0.03	0.12±0.02	5.26±0.39	1.66±0.25
20-30 cm	0.39±0.03	0.12±0.02	5.34±0.45	1.7±0.27
30-40 cm	0.38±0.03	0.12±0.01	5.25±0.5	1.62±0.21
40-50 cm	0.36±0.02	0.11±0.01	4.97±0.4	1.48±0.17



圖2、苦楝 (*Melia azedarach* L.) 苗木經來自瓊崖海棠根部的 *Bacillus subtilis*、*Rhizobium* sp.、*Pantoea ananatis* 等內生菌接種後，於鹽逆境下展現較佳耐受性。