

森林復育的 替代性恢復技術

撰文 | 楊宏志（豐年社董事長）

前言

生態復育是協助已退化、受損或毀壞之生態系統恢復的過程。生態系統不僅是有機體的集合，它還反映著過去植物、動物和人類活動共同形塑的演進結果。森林復育的方法受制於氣候、經濟、文化和社會，以及生態系統的類型，任一種方法和技術，皆承載著當代環境、科學、社會和經濟活動的意義。

理論上，生態復育的目標在使生態恢復到未破壞前的狀態，但由於該復育環境已受包括全球氣候變遷及人類活動在

內的影響，該生態復育只能沿著環境變化，恢復到原有的發展軌跡，而不是恢復到原歷史狀況。生態復育對於氣候變化、森林、水文和養分循環、生物多樣性、物種流、能量流以及人類福祉等產生直接或間接影響。因此，進行生態復育必須了解森林環境，專注森林恢復、碳循環、生物量、生物多樣性等情況，提出適宜的作業方法和注意事項。這裡沒有絕對的方式或者單一的修復技術，廣泛應用於各處（Martins SV. 2017）。

本文嘗試在國有林地分區，保留林木經營區外的自然保護區、國土保安區及森林育樂區

等3區執行森林復育，採用替代性復育措施，調整傳統只重視森林資源可持續利用的造林技術，使森林復育發揮生態系統自身的更新潛能或自我再生能力，通過長期自然和可持續監測、評估的過程，加速森林形成。

改造傳統的植樹造林

Revamping Traditional Reforesting

生態復育與經濟造林技術體系不同，關注的樹木種源、多樣基因、地區物種、混淆或純林、陽性或陰性、速生或緩生、樹冠大小、根系競爭等皆有不同。由於目前傳統經濟造



林對於造林地環境調查尚難細緻到每一筆土地的環境狀況，如果以人為方法造林，其結果顯然與森林生態系自然演替的方式及內涵不同。況且在造林的成本上，亦有頗大差異。

再查目前造林工作，為免除林地上非目的物種的競爭，多以整地移除的方式僅保留成林植株，但仍忽視林地上已有演替的幼苗，為使造林地更具生態性，植樹造林工作應停止全面整地，儘量保護範圍內自

然再生的斑點或核出現的區域（Castro J, Zamora R, Hódar JA, Gómez JM., 2002）。以濁水溪季節揚塵侵入地復育為例，就因復育目標在於防治季節揚塵，因此，在造林地大部分已有雜草及構樹、銀合歡等覆蓋的情形下，不應再用人為大面積擾動林地的方式，應以不干擾原生態狀況為原則，針對孔隙地進行群植或團植栽植。又，在破碎森林（Forest Fragment）附近，

自然再生的能量更具機會，在此情況下，宜採彈性靈活的造林方式，隨林地內幼苗的數量而調整。在較差的地方或者在裸露、壓實或侵蝕的土壤中，才考慮增加幼苗量（Martins SV., 2017）。

其次，以等距、均勻和標準化幼苗植栽的傳統造林，在種植初年，該區域苗木仍為低矮現象，這對鳥類遷移傳播種子來說，是不具吸引力的。若同步種植竹或原生陽性速生樹

種，並依鳥種習性考慮其最低限的棲息、覓食、安全等空間，間隔栽植在 20—50 公尺距離的踏腳石（Stepping Stone），吸引鳥類棲息或移動，並散布附近森林的果實種子，促使鳥類棲息地周圍形成自然再生的核（Nuclei of Natural Regeneration）及生物匯聚（Sink）。俟這些孤立的竹或速生樹種樹高或樹冠影響苗木生長時，方以伐除（Martins SV., 2017）的改造造林方式。

在乾旱地，酷曬的海岸，山巔衝風地等區域，可選擇改良式聚水盆，提供苗木一段濕潤時間，以提高成苗率。一年後，聚水盆自行分解，不會造成二次污染。選擇聚水盆，尚可針對造林樹種、樹徑大小與孔徑關係、當地乾旱程度，進一步考量蓄水容量及人力澆灌的可能性。移除檳榔樹，也不再全株砍伐，而留存部分幹根，維持其水土保持作用；移除外來種亦視環境狀況，或保留或移除，因地制宜。

自然再生

Natural Regeneration

自然再生是指生態系統受自然或人為作用，使其結構和功能恢復全部或部分生物多樣性的過程。自然再生取決於三個生態機制：種子雨，土壤種子庫以及葡萄藤和根的再生，其隨著時間的推移依次演替。倘若考慮經濟因素，自然再生無疑是恢復森林最生態，最便宜的方式。如果再生地點或附近地區仍有殘存的森林（即種子源）並且土壤沒有高度退化，那麼該策略將是控制物種組成和幼苗覆蓋率最有效的方法（Martins SV., 2017；Lukaszewicz J, Kopryk W, Paluch R., 2001）。

選擇以自然再生作為特定地區的修復技術之前，必須對該地再生潛力進行診斷。診斷包括恢復特定區域中的景觀、殘留樹種、密度、分布及距附近森林的距離，再生體的存在和它們的豐富度及土壤種子庫情形。干預措施必須基於計畫目標，根據評估和立地條件，納入復育知識和技能，定期監

測及評估，達成自然再生。

成核技術及組成

Nucleation Techniques & Composition

成核技術^{（註）}是用於退化土地，營造一種人為或自然的植被小核，作為植被再生的恢復技術（Boanares D, Azevedo CSd., 2014）。由於該技術涉及生產者，消費者和分解者，因此傾向刺激或加速自然演替的過程，使其自動恢復可持續性的生態系統（Reis 等人，2007）。植被核（Vegetation Nuclei）具有吸引動、植物聚集、定殖（Colonize The Area）的功能，並將生態環境恢復為多樣化的異質冠層（Boanares D, Azevedo CSd., 2014；Martins SV., 2017）。

成核組成包括有：

1. 幼苗核（Seedling Nuclei）

在人為干擾或隔離的農業和牧場，隨時間推移出現稀疏甚至密集的草類和灌木核，甚至先驅樹種（Pioneer Tree Species），通常形成單一或

數種優勢群落。在緩慢的再生過程中，這種種苗核是使森林恢復更生態，成本更低的方式。依據生態學原理，在核中種植幼苗，並選擇固氮植物，會促進演替過程的小核，隨時間推移而擴展。

核的類型有多種，就種的數量和幼苗之間的距離而言，如在中央和周圍幼苗之間隔50公分種植5棵十字形幼苗，包括4個周邊幼苗和1個中央幼苗形成種子核；或者，可以通過在1公尺邊方格的末端種植4棵幼苗，並在方格中種植1株中心幼苗（Martins SV., 2017）。從生態學的角度，該技術優勢在於，種子核的先驅幼苗如果是先驅物種，由於生長較快，可以為外圍幼苗提供必要的遮蔭。此外，形成核的群落又往往能抵抗氣候，以及食草動物（Herbivores）和害蟲的侵襲（Martins SV., 2017）。

2. 護士灌木（Nurse Shrubs）

傳統造林常把造林前土地存在的植被視為競爭的來源，多半將其刈除，現今則保留該

植被灌木作為護士植物。護士灌木提供微環境特徵的變化，可能有利於林下物種的存活和生長。例如護士植物的陰影及落葉有機物質和氮素，對於生活在低海拔，陽光充足，乾燥地區的幼苗而言，具有保護作用（Castro J, Zamo-ra R, Hódar JA, Gómez JM., 2002）。研究指出（Martins SV., 2017），先驅灌木冠層下的櫟幼苗核與開闊地區的櫟幼苗進行比較發現，在先驅灌木下的櫟苗存活率，比空曠地區高出6.3倍。

在護士植物和目標物種互動中，發現（Hai Ren, Long Yang, Nan Liu., 2008）：

- (1) 護士植物現象，發生在退化生態系統恢復或植物群落演替的初期。
- (2) 在恢復或演替早期階段的護士植物現象，主要是由灌木和灌木叢生的灌木和樹木所照護。
- (3) 護士現象通常發生在成對的原生物種之間。
- (4) 護士植物被認為是改善土壤中氮素狀況，並為灌木和樹木等目標物種提供護

養。

- (5) 護士植物具有比目標物種更好的特性，包括對光的依賴，快速生長，抗不孕症（Infertility Resistant）和耐旱性。
- (6) 早期，目標物種的個體通常小於護士植物的個體。
- (7) 幼苗可以成功地在成年植物周圍建立，以改善某些極端生態影響因素。
- (8) 護士植物被認為在恢復原生生態系統的特性和功能上起著關鍵作用，而且在惡劣的環境早期恢復階段，還可以繼續演替。

植物之間有負效應（競爭和干擾）、中性效應和正效應（促進和互惠）的關係，這是植物群落演替的重要驅力。護士植物是那些促進其冠層下其他植物物種（目標物種）存活、生長和發育的植物，是保護目標植物的建立，利於發芽成長或聚集提供良性微生環境給目標物種。例如，護士植物樹冠結構影響光合有效輻射和緩衝溫度、遮蔽、日照、增加水分、營養供應、改善土壤的

理化性質、防止草食動物、影響土壤中的附生植物和固氮等。護士植物還可以通過植物之間的積極作用，影響群落結構和動態性能，以及特定物種的出現（Hai Ren, Long Yang, Nan Liu., 2008）。

在極端退化的環境中，例如，難吃的護士物種可以安排在放牧嚴重的地方，為小型動物和目標物種的庇護所。與豆科植物共生的固氮菌（如根瘤菌），或者與非豆科植物赤楊、楊梅等共生的固氮菌能改善土壤氮素（Hai Ren, Long Yang, Nan Liu., 2008）。成年植物（Adult Plants）附近可能會增強幼苗生長，改善某些極端生態因素等之護士植物綜合症（Nurse Plant Syndrome）。當然，選擇護士植物應避免那些釋放化感化合物的物種（Release Allelopathic Compound）傷及目標物種（Hai Ren, Long Yang, Nan Liu., 2008）。

現場調查是護士植物研究的基礎。通常，護士植物樹冠下的物種豐富度高於空曠地

區。因此，通過護士植物和目標物種種間關聯來近似估計植物之間的護理關係，瞭解護士植物對目標物種種子發芽、存活率、生長率、適應性的影響，並結合微生環境的觀察（Hai Ren, Long Yang, Nan Liu., 2008）。但是，不可否認的是護士植物的生態生理和形態方面的結構和功能機制，護士植物與代表不同演替階段的目標物種結合生長情形（Hai Ren, Long Yang, Nan Liu., 2008），以及，目標物種的生態要求和回應不相容生態環境的能力（Hai Ren, Long Yang, Nan Liu., 2008）也不能忽視。

3.先驅灌木（Pioneer Shrubs）

先驅灌木是第一群進入已被破壞的生態系統中定殖的灌木。先驅物種通常適應強，生長快，種子產量大，有較高擴散能力等特點。先鋒群落（Pioneer Community）有改變土質，吸引動物和為其他植物、動物營造適合的生育環境的能力。因此影響許多不同生態系統中的復育成效

（Martins SV., 2017）。

4.植物殘體（Plant Residue）


在高度退化地區，保留土壤和植物枯枝落葉層是一種生態且低成本的復育選擇。植物殘體返還土壤環境的利益有：

- (1) 提供地表覆蓋，減少土壤顆粒的分離，及吸收雨水，降低侵蝕。
- (2) 回收前期植物生長中去除的養分。
- (3) 增加土壤有機碳及有機成分。

5.直接播種（Direct Seeding）

直接播種似乎是一種高成本的復育方法，然而不可否認的是，在裸露土壤的惡地或礦區，該地已經喪失復原力或復育非常低的情況下，確有必要直接播種在合適的棲息地和微氣候的條件下，同時，選擇豆科植物與根瘤菌共生，或與幼苗核一起種植（Martins SV., 2017），應是適宜的做法。但仍應審慎選擇，而不是在每種情況下使用。

結論

當實施森林復育後，應該想像我們森林的未來，希能達成國有林地各分區計畫設定的目標。若以替代性森林復育的多種技術，誘發符合生態系統持續再生的功能，不失為一種聰明的選擇。為使本土森林生態復育措施能有科學實證的資料，行政支援、復育工具、調適性的技術等，亦應廣泛的關注與提升，進而掌握在哪些森林復育手段在哪些特定地區是最好的選擇；以及，哪種土壤、氣候、微氣候及環境不斷動態變化中，採用何種目標物種是理想的生態效果，期使森林復育綠化臺灣。

【註】

成核技術通常有 6 種，分別是人工棲息 (Artificial Perches)，土壤移位 (Soil Transposition)，種植島上 (Plantation in Islands)，安德森種群 (Anderson Groups)，自然棲息 (Nat-

ural Perches) 和自然更新 (Natural Regeneration) (Boanares D, Azevedo CSd., 2014)。每種技術都有許多促進功能，當這些功能同時發生時，會在退化地區產生各種共同作用 (Boanares D, Azevedo CSd., 2014)。

1. 人工棲息：

在退化地區設置 (Insertion) 人工棲息地，有助於在基質 (Substrate) 增加繁殖體 (Propagules) (主要由附近森林中的鳥類散佈) 加速植物的演替；設置天然棲息地也具同樣目標，將小樹和灌木種植在退化的地區，而不是安置人工設備 (Artificial Devices)。

2. 土壤移位：

從原生森林中獲取的表層土壤或覆蓋其上的枯枝落葉層，除有營養和有機物質外，還含有豐富的種子庫。該種子庫不僅有先驅樹種，而且還有草本、灌木、附生種。因此，森林表層土／枯枝落葉層 (Top Soil / Litter Set) 是森林豐富及多樣性的呈現，如以土壤移位至退化區域，應有刺激觸發自然再生 (Natural

Regeneration) (Martins SV., 2017)。

3. 種植島上：

是指在退化地區等距密植不同植物物種 (草、灌木、藤本植物和樹木) 的栽植法。島上種植的特點是形成小核 (島)，及具有快速開花和結實的形式，從而有利於吸引傳粉媒介，分散，捕食和分解作用。這營造了適合其他物種的定殖、再生和繁殖的環境。如果計畫使用遺傳變異性大的植物，則將取決於最初可用的遺傳物質。

4. 安德森種群：

安德森種群包括關鍵樹種 (在該地區自然發生的樹種) 種群種植，有助於增加遺傳變異性。

5. 自然棲息：

自然棲息使用與漿果樹的種植有關。這些物種能夠吸引多種動物，促進退化土地內部種間的成核成用。

6. 自然更新：

沒有人為干預，只將該地區隔離，留給自然再生。

(參考文獻請逕洽作者)