

第八章 合理化復育方法研擬

國道沿線環境多樣且相互交錯，包含森林、果園、農田、草地、城市、河川、濕地等，惟各類型生態系之完整性以及其保育、復育工作，牽涉到各土地管理單位及保育復育權責單位。若以國道營運管理的角度來看，國道沿線路權範圍，尤其是道路邊坡、交流道及服務區等，總合而言可為貫穿臺灣南北的綠地環境。故本章節係探討國道沿線綠帶環境之營造、改善及復育，作為臺灣淺山地區生物多樣性維護之據點。於8.1節先就過去20年來高速公路局積極辦理生態綠化、種植林地植栽的經驗做回顧分析，再於8.2節就沿線邊坡綠帶的課題，參考本計畫蒐集與調查之生態資料，提出沿線綠帶於外來入侵種防除、抑制，並以生態綠化方式促進邊坡綠帶朝向自然演替的森林環境，期由綠地空間之森林微棲地建置，進而達到生物多樣性保育目的。

8.1 生態綠化成效評估探討

8.1.1 生態綠化介紹

生態綠化是依生態學的自然法則所實施的綠化工程，依據當地潛在植被以人為方式誘導其生長，以加速演替過程，使綠化後的植物社會儘快與其相鄰地區契合，達到極盛相之最終目標 (林文鎮，1993；賴明洲，2007；郭城孟，1994)。亦有學者認為生態綠化是以人為方式加速天然林的再造，Miyawaki(2004)認為依照Clement的演替理論，在日本約需至少150~200年的時間才能將一處貧瘠荒地復原成天然林，甚至更久，而利用生態學的理论在日本各地進行綠化工作，約只需要15-20年的時間就可以形成類似自然環境的森林。

黃瑞祥(1992)曾整理生態綠化與傳統綠化在物種選取、種植、成本效益及目的上等差異(表8.1.1-1)，生態綠化除了在作法上及經濟效益上與傳統綠化方式之差異外，生態綠化更具有CO₂減量、減少空調耗電量(節能)、生物多樣性的生態效益、噪音的控制、微氣候的控制、

沖蝕控制、淨化空氣等功能 (楊錦緞, 陳春盛, 2006)。以節能減碳效益來說, 日本計畫認為擁有多層次、原生植物的森林, 其固碳效益是一般單層次的草地的25-30倍 (Miyawaki, 1998), 故若高速公路周邊以生態綠化的手法來建立多層次、以原生植物為主的森林, 則其減碳效益遠優於人工草皮(表8.1.1-2)。

在歐美國家依生態學的自然法則施作綠化工程已行之多年, 模擬自然環境來進行森林重建、棲地復育等。日本在二次大戰前即注意到德國的生態綠化, 卻到1965年後因大規模開發及自然保育思想的興起, 才開始注意到森林的復育。直至2003年為止, 日本已有超過750處以生態化植生的方式進行(Miyawaki, 2004)。

臺灣二十年前才由林文鎮先生將生態綠化的觀念帶進植生綠化領域, 臺灣最早以生態綠化為名推展綠化工作者當屬觀音工業區(1985-1987年)(詳林文鎮, 1993; 陳芳瑜, 1992), 其後為高速公路的規劃設計將生態綠化融入林地植栽觀念(如國道1號高幼獅—楊梅段1990~1991年; 國道3號關西—新竹段1994年)(葉美秀, 1992; 賴昭蓉, 1997)。而近年來, 由於生態保育及節能減碳的觀念逐漸深植人心, 生態綠化逐漸被重視, 越來越多地區以生態綠化的手法進行環境復育或棲地營造, 雖可能非以生態綠化為名, 但其植生方式採用當地原生種、進行複層植栽、應用多種植物混植等, 即從生態綠化的觀點出發。

表 8.1.1-1 傳統景觀綠化與生態綠化之比較

特質	傳統景觀綠化	生態綠化
樹種搭配	單一或數種植物的逢機堆砌	異齡苗木所構成的複層林, 考慮其演替序列, 及相互依存關係, 由先驅至極相優勢的發展來形成最終植群社會。
樹種選取	多半不限, 以其視覺美化為主要考量	強調原生樹種的使用, 特別是本土適應良好且植栽立地的的潛勢植物
苗木大小與移植	多半以大樹為主, 移植耗工費時, 且經過修剪根系與枝葉之成樹較易死亡及風倒	強調以大苗為主, 沒有小苗之脆弱, 也沒有大樹移植之繁瑣, 且定植方便, 根系發展完整, 具地錨之作用, 宛如膨脹螺絲般緊鎖地面固著力強。
育苗	多半為苗圃商在外育苗, 再將其移植到基地上, 苗木須在適應當地天候後才能成長良好。	以現地育苗為主, 運用植栽容器之優點, 成長至大苗後, 定植在基地上, 可提高適應當地天候, 且定植容易, 存活率高, 又可以累積苗木培育管理經驗。
驗收	以精密標準化規格驗收苗木, 因規格限制, 易造成斷幹殘枝, 樹形不整。	以苗木總數, 定植前客土、施肥及育苗系統、灌溉系統及疏伐等密度控制手段, 分期驗收成果。

特質	傳統景觀綠化	生態綠化
成本效益分析	購買樹木成本大，初期維護費雖低，但後期持續增加。	可大量降低苗木成本，將其投資在維護及改善立地環境之條件，如客土、施基肥、完整育苗系統與噴灌系統，而當苗木一旦成長，因其適應良好，已無須再付額外之費用。
目的	以景觀美化為其附加價值最高評價	達到空氣淨化、防塵、防風之一般目的，以達到一個穩定生態系最終滿意原則，求其有自體調適，自然播種自行更新的功能。
本質	設計者們預先設定，容易造成市場的供調失協，工程的規格化要求趨僵硬而易成為菁英與廠商協商瓜分市場的惡性循環。	開放的運作系統，以改善民眾生活環境品質的長久，持續進行的社會運作以達到修補生態系的目的。

資料來源：黃瑞祥，1992。

表 8.1.1-2 各種植栽單位面積二氧化碳固定量 G_i (kg/m^2)

植栽類型		CO_2 固定量 G_i (kg/m^2)	覆土深度
生態複層	大小喬木、灌木、花草密植混種區 (喬木間距3.0公尺以下)	1200	1.0公尺 以上
	闊葉大喬木	900	
喬木	闊葉小喬木、針葉喬木、疏葉喬木	600	
	棕櫚類	400	
灌木 (每 m^2 至少栽植4株以上)		300	0.5公尺 以上
多年生蔓藤		100	
草花花圃、自然野草地、水生植物、草坪		20	0.3公尺 以上

資料來源：「綠建築解說與評估手冊」(內政部建築研究所，2009 更新版)

8.1.2 生態綠化於國道之現況

本計畫蒐集與國道生態綠化相關之設計圖、竣工圖等文獻，共計約18處路段曾將生態綠化納入其植栽理念，本研究將評估分析其(1)原先植栽(以設計、竣工圖為依據)、(2)現存狀況(現勘、調查結果)、(3)評估及檢討。本計畫已針對此26處生態綠化路段進行現勘，紀錄其現存植被狀況及對照原先設計/竣工圖，提出相關改善建議，結果分述如下，整理如表8.1.2-1。

表 8.1.2-1 國道生態綠化情形

編號	國道	路段	生態綠化里程	結構	時間	設計/竣工資料所列栽植物種	設計單位	層次(註)	樹冠覆蓋度	林下小苗	現存狀況及檢討
1	1 號	汐五段	北:17k+140-25k+243 南:17k+110-25k+232	高架橋下	1994~1995 年栽植	以北部低海拔平原、丘陵常見之植物為主，含喬木 42 種、灌木 31 種及爬藤、地被植物 31 種。	林同棧工程顧問公司	1T,2T,S	60~90%	中等	1. 原先種植的木本植物多仍存在。 2. 林下有自行下種的小樹苗，有助於日後的天然更新。 3. 靠近高架橋下方中央處有日照不足的狀況，植物生長狀況差，僅有耐陰植物生長較好；而在較外緣處，因接收到較多的陽光及雨水，喬木生長狀況較好。
2	1 號	泰山收費站	北:35k+500-36k+400 南:35k+644-38k+368	平面	1991 年栽植	以北部低海拔平原、丘陵常見之植物為主，含喬木 7 種及灌木 5 種。	高公局景觀科	2T,S,H	20~50%	中等	1. 北上路段原先生態綠化植栽消失，以自生樹種及景觀植栽為主。 2. 南下路段的生態綠化樹種仍可發現，其餘原生樹木判斷應為當地自生。 3. 目前為五股~楊梅拓寬計畫工區。
3	1 號	林口交流道	兩側邊坡 40k+400-41k+100	路塹	1991 年栽植	以北部低海拔平原、丘陵常見之植物為主，含喬木 8 種及灌木 5 種。	高公局景觀科	1T,2T,S,H	65~90%	多	1. 本區以杜英為樹冠層最優勢種，生長狀況極佳，原栽植樹種多仍存在，自生種類亦相當豐富，整體而言，生態綠化成效良好。 2. 目前為五股~楊梅拓寬計畫工區。
4-1	1 號	林口一桃園交流道	北:45k+600-46k+600	路堤	1991 年栽植	以北部低海拔平原、丘陵常見之植物為主，含喬木 6 種及灌木 4 種。	高公局景觀科	1T,2T,S,H	70~80%	多	1. 以相思樹、香楠、野桐、白匏子為優勢，其他樹種包括小葉桑、樟樹、紅楠、九芎、無患子等。北側約在 45k+600 處樹種相當多樣。 2. 目前為五股~楊梅拓寬計畫工區。
4-2	1 號	林口一桃園交流道	北:46k+700-48k+410	路堤	1991 年栽植	以桃金娘為主，偶有栽植杜英及少數一兩種原生樹木	高公局景觀科	2T,S	0%	無	1. 僅剩重瓣山黃梔及喬灌木(如榕樹、番石榴、杜英、月橘等)單株散生。 2. 目前為五股~楊梅拓寬計畫工區。
4-3	1 號	林口一桃園交流道	南:43k+660-48k+70	路堤	1991 年栽植	以北部低海拔平原、丘陵常見之植物為主，喬灌木 12~22 種不等。	高公局景觀科	2T,H	0~15%	無	1. 南下路段的生態綠化植栽消失(杜英除外)。 2. 僅剩部分人為栽植的植物(榕、相思樹、七里香、薛荔、臺灣海棗等)。 3. 目前為五股~楊梅拓寬計畫工區。
5	1 號	幼獅一楊梅段	北:65k+450-66k+100	路塹	1991 年栽植	北部低海拔平原、丘陵常見之植物為主，約有喬木 15 種及灌木 8 種。	高公局景觀科	1T,2T,S,H	80~90%	多	1. 兩側邊坡因種植種類多樣，森林冠層、覆蓋度及樹種都朝向較好的天然林結構發展。 2. 目前為五股~楊梅拓寬計畫工區。
6-1	1 號	新竹段	北:78k+379-78k+625 傳統林地植栽	路塹	1989 年設計試驗	以傳統林地植生方式進行(含部分園藝種)，採用 13 種喬木及 11 種灌木進行配置。	中華民國環境工程學會設計	1T,2T,S,H	40~55%	多	以原先栽植的相思樹、大頭茶、青剛櫟、港口木荷為較優勢植物，原種植的引進種(如大葉桉、錫蘭肉桂、紅絨球、巴西野牡丹等)已不適應環境而消失，而香楠、大頭茶、青剛櫟及港口木荷等皆有不錯的生長情形並有小苗生長，有助於後續森林更新。

編號	國道	路段	生態綠化里程	結構	時間	設計/竣工資料所列栽植物種	設計單位	層次(註)	樹冠覆蓋度	林下小苗	現存狀況及檢討	
6-1	1 號	新竹段	北:78k+625-78k+655 土壤種子庫萌發	路塹	1989 年設計試驗	不進行任何植栽，僅進行表土保存。	中華民國環境工程學會設計	1T,2T,S,H	30%	多	1. 藉由保存土壤種子庫，讓植物得以迅速回復，已與周遭植物相當。 2. 採用鄰近森林的植物結構與組成所進行的植栽配置，物種存活率良好，潛在植被適應能力良好。原先種植的種類有 1/2 的比例依舊存在。	
6-1	1 號	新竹段	北:78k+655-78k+685 潛在植被試驗區	路塹	1989 年設計試驗	以低海拔山區平原常見植被為主,共 21 種喬灌木。	中華民國環境工程學會設計	1T,2T,S,H	30%	多	現存植被以當地原生植物為優勢，原先種植的海岸植物多不存在，特別是南部熱帶型海岸植物多為原生於恆春半島，因不適應北部森林之氣候環境而消失。	
6-1	1 號	新竹段	北:78k+685-78k+739 低海拔適宜苗木	路塹	1989 年設計試驗	採用低海拔常見的海岸林植物進行苗木栽植，共 32 種。	中華民國環境工程學會設計	1T,2T,S,H	50~65%	多	原種植的原生植物及傳統林地植栽種類多仍存活，例如濕地松、琉球松、竹柏、烏心石、青剛櫟、小葉饅頭果、大頭茶、海桐等，港口木荷及香楠在部分路段消失。因植生年代久遠，已逐漸朝次生林方向演替，上層優勢以相思樹、構樹、山黃麻、白匏子、棗果榕、濕地松及琉球松為主，林下有香楠、小梗木薑子、小葉桑、大葉楠、珊瑚樹、紅楠、構樹、軟毛柿、野桐、海桐、鵝掌柴、青芋麻、月橘、九芎等喬木及灌木苗木自生，物種歧異度相當高。	
7	3 號	關西—新竹段	70k+584-71k+883、 80k+283-101k+403	路塹、路堤	1994 年栽植	以傳統林地植栽、園藝植物及原生種為主，約有 26 種。	國工局、亞新工程顧問公司、森林開發處	1T,S	70~80%	多		
8	3 號	竹南交流道	118k+070-118k+279、 118k+620-119k+270	路堤	2007 年竣工	建議景觀喬木: 黃槿、羅氏鹽膚木、椴 景觀灌木: 朱槿、杜虹花、三葉杜荊、薜荔 生態喬木: 棗果榕、軟毛柿、小梗木薑子、小芽新木薑子、大葉厚殼桂、香楠、刺杜密、紅楠、鐵冬青、沙朴、雀榕、石朴、無患子、大頭茶、魚木、臺灣雅楠、土楠、火筒樹、山白、海桐、台灣石楠、土密樹、椴、大葉楠、黃連木、瓊崖海棠、山紅楠、奧氏虎皮楠、臺灣梭羅木、屏東木薑子、大明橘、灰木、秀柱花、小西氏灰木、台灣天料木、烏皮茶、長尾栲、柳葉山茶、山黃麻、台灣紅豆樹、薯豆、尾葉山茶、鋸葉長尾栲、猴歡喜、山芙蓉、	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	—	

編號	國道	路段	生態綠化里程	結構	時間	設計/竣工資料所列栽植物種	設計單位	層次(註)	樹冠覆蓋度	林下小苗	現存狀況及檢討
						杜英、赤栲、山豬肉、山羊耳、細脈赤楠、山棕、羅氏鹽膚木、山刈葉、黃槿、蟲屎、止宮樹、毛柿、台灣樹蘭、山欖 生態灌叢: 月桃、柃木、九節木、台灣山桂花、象牙柿、七里香、黃野百合、野雞冠、山柚、三葉杜荊、烏皮九芎、楓港柿、台灣溲疏、魯花樹、山黃梔、交趾衛矛、樹杞、杜虹花					
9	3號	大甲收費站	158k+100-159k+100	路堤	2007年竣工	生態喬木及灌叢建議同竹南交流道	狄斯唐工程顧問公司	南下邊坡北側:2T,S,H	0~60%	無~中等	中興工程顧問股份有限公司(國工局)2003年竣工 採用中部低海拔常見的原生植物喬木如香楠、樟樹、江棗、杜英、雀榕等，灌木如台灣山桂花、杜虹花、台灣溲疏、扛香藤、胡枝子等，挑選喬、灌木各4~20種分區進行混植。 狄斯唐工程顧問公司(高公局中工處)2007年竣工 建議景觀喬木: 黃槿、羅氏鹽膚木、棟 景觀灌木: 朱槿、杜虹花、三葉杜荊、薜荔 生態喬木: 60種原生喬木 生態灌叢: 月桃、柃木、九節木、台灣山桂花、象牙柿、七里香、黃野百合、野雞冠、山柚、三葉杜荊、烏皮九芎、楓港柿、台灣溲疏、魯花樹、山黃梔、交趾衛矛、樹杞、杜虹花 1. 北側之南下邊坡生態綠化區塊已成樹林，種類為此區最多樣的地區。 2. 南側之南下邊坡生態綠化區塊之喬灌木僅存單株零星分布，尚未成林。 3. 北上邊坡之生態綠化北側區塊已消失，南側則有部分棟及椴樹生長良好，為稀疏的樹林，林下仍有樹苗(如海桐、魯花樹、大葉欖仁、台灣樹蘭等)，上層主要為棟及相思樹。
10	3號	大甲工務段址	158k	路堤	2007年竣工	生態喬木及灌叢建議同竹南交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	中興工程顧問股份有限公司(國工局)2003年竣工 採用中部低海拔常見的原生植物喬木如香楠、樟樹、江棗、杜英、雀榕等，灌木如台灣山桂花、杜虹花、台灣溲疏、扛香藤、胡枝子等，挑選喬、灌木各4~20種分區進行混植。

編號	國道	路段	生態綠化里程	結構	時間	設計/竣工資料所栽植物種	設計單位	層次(註)	樹冠覆蓋度	林下小苗	現存狀況及檢討
11	3號	大甲交流道	163k+470-164+670	交流道	2007年竣工	建議景觀喬木: 小梗木薑子、山欖 景觀灌木: 交趾衛矛、樹杞、仙丹花類、三葉杜荊、文殊蘭、薛荔 生態喬木及灌叢建議同竹南交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	—
12	3號	清水服務區	171k+700-172k+800	路堤	2007年竣工	建議景觀喬木: 瓊崖海棠 景觀灌木: 七里香、三葉杜荊、麒麟花、軟枝黃蟬、長紅假杜鵑、仙丹花類、台灣百合、黃野百合、文殊蘭、薛荔 生態喬木及灌叢建議同竹南交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	採用約8種原生種種植(海桐、軟毛柿、魯花樹、台灣雅楠、蘭嶼胡桐、台灣樹蘭、臭娘子、大頭茶)於休息站周邊。 1. 原先種植種類多仍存在,但仍為苗木(約1m高),有生長不佳的狀況。 2. 目前苗木有生長不佳的狀況,此可能與基地土壤貧瘠及土壤結構有關。
13	3號	沙鹿交流道	175k+700-176k+800	交流道	2007年竣工	建議景觀喬木: 台灣欒樹、台灣赤楠 景觀灌木: 黃野百合、朱槿、魯花樹、軟枝黃蟬、仙丹花、薛荔 生態喬木及灌叢建議同竹南交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	—
14	3號	龍井交流道	182k+400-183k+300	交流道	2007年竣工	建議景觀喬木: 軟毛柿 景觀灌木: 台灣百合、三葉杜荊、長紅假杜鵑、仙丹花類、薛荔 生態喬木及灌叢建議同竹南交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	1. 交流道周邊主要種植6種原生植物(蘭嶼胡桐、魯花樹、海桐、香楠、台灣樹蘭、軟毛柿)。 2. 原先種植種類多仍存在(香楠除外),苗木約1.5m高,有生長不佳的狀況。
15	3號	草屯交流道	216k+900-217k+600	交流道	2007年竣工	建議景觀喬木: 山櫻花、大頭茶 景觀灌木: 杜鵑、烏皮九芎、變葉木類、仙丹花類、薛荔 生態喬木: 羅氏鹽膚木、山漆、軟毛柿、小芽新木薑子、香楠、紅楠、台灣赤楠、大頭茶、紅頭欖李、火筒樹、海桐、土密樹、樟葉槭、菲	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	亞新工程顧問公司及中鼎工程股份有限公司(國工局) 構樹、血桐、白匏子、棟、蟲屎、山黃麻、樹杞、瓊楠、茄苳、樟樹、牛樟、土肉桂、厚殼桂、青剛櫟、軟毛柿、薯豆、香楠、菲律賓饅頭果、小梗木薑子、大葉楠、杜英、黃連木、山漆、鵝掌柴。 狄斯唐工程顧問有限公司(國工局) 生態適生小苗: 大果厚殼桂、糙葉樹、長葉木薑子、土楠、樟葉槭、山红柿、細脈赤楠、珊瑚樹、山豬肉、台灣赤楠、山芙蓉等。

編號	國道	路段	生態綠化里程	結構	時間	設計/竣工資料所列栽植物種	設計單位	層次(註)	樹冠覆蓋度	林下小苗	現存狀況及檢討
						律賓饅頭果、蘭嶼胡桐、台灣海桐、屏東木薑子、長葉厚殼樹、白葉釣樟、白匏子、厚殼桂、克蘭樹、山黃麻、山櫻花、台灣雅楠、山漆、山芙蓉、杜英、蟲屎、稜果榕、台灣樹蘭、小梗木薑子、石斑木、大果厚殼桂、刺杜密、雀榕、無患子、土楠、棟、長葉木薑子、山豬肉、山红柿、大明橘、糙葉樹、水冬瓜、水同木、九丁榕、毛柿、細脈赤楠 生態灌叢：月桃、柃木、九節木、台灣山桂花、樹杞、象牙柿、七里香、黃野百合、野雞冠、山柚、三葉杜荊、烏皮九芎、楓港柿、台灣澗疏、山黃梔、玉山紫金牛					現況： 1. 目前為當地仍存活的樹種為蘭嶼肉豆寇、紅毛饅頭果、十子木、樟葉槭、小葉赤楠、水金京、厚葉石斑木等。樹苗生長狀況尚可。 2. 目前現地樹種與竣工圖上所列種類差異甚大，少了許多原先所列種類及新增部分樹種。
16	3號	南投交流道	224k+000-224k+790	交流道	2007年竣工	建議景觀喬木：山芙蓉、小芽新木薑子 景觀灌木：月桃、軟枝黃蟬、山柚、象牙柿、仙丹花類、薜荔 生態喬木及灌叢建議同草屯交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	目前當地仍存在的樹苗種類包括樟葉槭、台灣海桐、港口木荷、山欖、烏皮九芎、水金京等，小苗生長狀況良好。
17	3號	南投服務區	231k+500-232k+100	服務區	2007年竣工	建議景觀喬木：山芙蓉、火筒樹 景觀灌木：台灣山桂花、月桃、山黃梔、台灣澗疏、台灣百合、文殊蘭、長紅假杜鵑、仙丹花類、薜荔、變葉木類 生態喬木及灌叢建議同草屯交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	—

編號	國道	路段	生態綠化里程	結構	時間	設計/竣工資料所列栽植物種	設計單位	層次(註)	樹冠覆蓋度	林下小苗	現存狀況及檢討
18	3 號	名間交流道	236k+800-238k+650	交流道	2005 年竣工	共配植 44 種原生喬、灌木，種類相當多樣。	亞新工程顧問公司及中鼎工程股份有限公司	—	—	—	1. 初步現勘結果，目前北上邊坡未見到苗木存活，南下邊坡苗木存活不良。 2. 目前現存樹種與竣工圖上所列種類差異甚大。
19	3 號	竹山交流道	243k+300-244k+100	交流道	2007 年竣工	建議景觀喬木：台灣肖楠、台灣雅楠、竹類 景觀灌木：台灣溲疏、變葉木類、仙丹花類、薜荔 生態喬木及灌叢建議同草屯交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	初步現勘結果，目前路堤邊坡上的小苗生長狀況良好。需再進一步確認。
20	3 號	斗六交流道	259k+995-260k+595	交流道	2007 年竣工	建議景觀喬木：火筒樹、九芎 景觀灌木：七里香、邊葉木類、仙丹花類、薜荔 生態喬木及灌叢建議同草屯交流道	狄斯唐工程顧問有限公司	—	—	—	—
21	3 號	關廟段	360k-363k	路塹	2009 年完工	採用 6 種喬木及 3 種灌木等原生種苗木進行植栽工作。	皓宇工程顧問公司	—	—	—	1. 種植樹種與設計圖上所列種類有些許差異。 2. 木樁旁邊的小苗多已消失，需注意小苗養護，定時清除小苗周圍強勢的野草，並且進行表土保護及保溼。 3. 外來種問題(如銀合歡多，香澤蘭、小花蔓澤蘭)問題。
22	3 號與 8 號	臺南系統		交流道	2010 年竣工	採用 5 種喬木和 5 種灌木等原生物種進行植栽。	皓宇工程顧問公司	—	—	—	主要種植榕樹、大葉欖仁、相思樹、苦楝、白雞油、稜果榕、山芙蓉、水黃皮、臺灣欖樹。惟因 98 年莫拉克颱風淹大水，小苗被沖走不少。
23	5 號	南港-彭山段	0k+682-0k+832(南港隧道、石碇隧道間)、 3k+482(石碇隧道南口)、 3k+682-4k+032(石碇交流道)、 石碇服務區、 4k+482-4k+632、 5k+682-5+832、 7k+432-7k+682(烏塗隧道北口)、 7k+832-8k+082(烏塗隧道南口)、 8k+700-8k+800	路塹、隧道口、交流道、石碇服務區	2004 年竣工圖	喬木：紅楠、大葉楠、樟樹、臺灣枇杷、牛樟、烏來柯、香楠、杉木、栓皮櫟、烏心石、臺灣蘋果、土肉桂、森氏紅淡比、大葉釣樟、小梗木薑子、山胡椒、臺灣石楠、青剛櫟、臺灣栲、楓香、昆蘭樹、水茄茶、楊梅、樹杞、青楓、杜英、大頭茶、山香圓、領垂豆、九芎、水柳、饅頭果、烏榕、牛奶榕、白匏子、山黃麻、菲律賓榕、稜果榕、白柏、水同木、刺	中興工程顧問公司	—	—	—	—

編號	國道	路段	生態綠化里程	結構	時間	設計/竣工資料所列表植物種	設計單位	層次(註)	樹冠覆蓋度	林下小苗	現存狀況及檢討
						杜密、臺灣赤楊、槲木、羅氏鹽膚木、無患子、山刈葉、軟毛柿等 48 種；灌木：筆筒樹、長梗紫麻、杜虹花、密花芋麻、糊櫨、水冬瓜、九節木、大明橘、鬼紗櫨、灰木、雞屎樹、水京金、紅果金粟蘭、烏來杜鵑、筆羅子、臺灣杪櫨、山棕、假矜木、米飯花、臺灣溲疏、水雞油、金毛杜鵑、小花鼠刺、呂宋芙蕖、野牡丹、臺灣山桂花、水麻、玉葉金花、華八仙、交趾衛矛、水麻、三葉五加、烏皮九芎、十大功勞、臺灣黃楊、臺灣山芙蓉、燈稱花、雨傘仔、臺灣天仙果等 39 種。					
24	6 號	全綠化區段	10k+645-27k+256	含國姓交流道及高架橋下	2004 年細部設計圖	清列 111 種原生生態小苗，以每 100m ² 面積之生態綠化喬木樹種選用種數在 15 種以上。	中興工程顧問公司	—	—	無~少	<ol style="list-style-type: none"> 16k+900~17k+300(國姓交流道)：現況小苗種類包括台灣肉桂、杜英、宜梧、檜樹、台灣赤楠、刺杜密、台灣海桐、構樹、紅淡比、森式紅淡比、土密樹、春不老、榔榆、九芎、香楠、台灣欒樹、榔榆、台灣肖楠、糙葉樹、青剛櫨、楓香、苦楝、烏白、羅氏鹽膚木等。苗木生長狀況除宜梧、檜樹、構樹、九芎、榔榆、糙葉樹生長良好外，其餘生長狀況不佳，甚至有枯亡之情形。 21k+000~21k+400(高架橋下)：PE12 墩柱端，僅土肉桂存活，其餘皆為小花蔓澤蘭與野牽牛等藤本植物纏繞。PE13 墩柱端，無生態小苗，地面貧瘠乾燥。 23k+600~23k+900(高架橋下)：現況小苗種類包括榔榆、無患子、雀榕、榕樹、苦楝、小葉桑、五葉松、九芎、楓香等，雖設有澆灌系統，但無發揮效用，地面貧瘠乾燥，苗木生長情況不佳。 24.2k 國姓二號(隧道西口機房前)：現況小苗種類包括無患子、榕樹、雀榕、小葉桑、樟樹、楓香、山櫻花、榔榆、烏心石、台灣五葉松、九芎等，生長情況良好。 自生小苗有蓖麻、構樹、山黃麻、相思樹、血桐等。 地表乾燥，部分有澆灌系統，但無發揮作用。 外來種問題(小花蔓澤蘭多)

編號	國道	路段	生態綠化里程	結構	時間	設計/竣工資料所列栽植物種	設計單位	層次(註)	樹冠覆蓋度	林下小苗	現存狀況及檢討
25	8 號		13k+300-13k+700	路堤	2007 年完工	清列 15 種喬木及 8 種灌木之生態小苗，植生單元至少 7 種樹種以上。	皓宇工程顧問公司	2T,S,H	70~85%	少	生態綠化區植被生長狀況很好，2007 年完工至今已成林，且有抑制銀合歡的成效。
26	10 號	燕巢至旗山段	14k+000-17k+000	路塹、路堤	2007 年施工	採用約 3~4 種原生種及園藝種混植。	皓宇工程顧問公司	—	—	—	1. 有部分區塊小苗多已消失/死亡，需注意小苗養護，定時清除強勢的野草，並且進行表土保護及保溼。亦有部份區塊(如西行 14k+000 處)苗木生長狀況良好、雜草較少，應與其後續維管作業有關。 2. 香澤蘭、銀合歡等強勢外來種在此區分布甚多，需多加注意。

資料來源：本計畫整理 註： 1T：第一喬木層、2T：第二喬木層、S：灌木層、H：草本層
—：僅苗木及地被

8.1.3 生態綠化成效評估目的及方法研擬

自1990年代起，開始應用生態綠化進行高速公路周邊植栽，陸續在一些路段進行生態綠化植栽或實驗比較。本計畫即針對施作年限較久如汐五、林口及國道1號78k+500或特殊效益如國8設置植物樣區進行更進一步的調查，經由樣區調查之結果，找出影響生態綠化成效差異之原因。期藉由此分析過程，建立一套能回饋至日後國道生態綠化工作的相關機制及建立成效評估指標。

(1) 國道1號 汐五段高架橋下

(a) 原先植栽

以北部低海拔平原、丘陵常見之植物為主，含喬木42種、灌木31種及爬藤、地被植物31種，將喬木、灌木與地被於各生態綠化分區中做複層組合，植栽種類多樣性相當高。

(b) 現存狀況

因汐五段採六種分區，每個分區混植種類不盡相同，為了解其不同分區混植是否會有差異，於民國98年12月3日及4日進行現地取樣調查，於A、B、C、D、F區各設兩個樣區調查其上本及地被層，結果如表8.1.3-1。

以現存狀況而言，原先種植的木本植物多仍存在，且林下有自行下種的小樹苗，有助於日後的天然更新。靠近高架橋下方中央處有日照不足的狀況，植物生長狀況差，僅有如稜果榕、山桂花、姑婆芋、月桃等耐蔭植物在此區生長較好；而在較外緣處，因接收到較多的陽光及雨水，喬木生長狀況較好(圖8.1.3-1)。

(c) 評估及檢討

(i) 此區當時的植栽種類及配置相當優良，具有喬、灌木及草本層的多樣原生植物，故原先種植之樹木多仍存在且成林。目前森林層次具第一喬木層、第二喬木層、灌木層(草本植物稀疏)及樹冠鬱閉度約60~90%。

表 8.1.3-1 汐五段生態綠化分區調查結果

分區	樣區	種植特色	調查現況
A 區	濱江街 A、瑞湖街 A	紅楠、杜英、軟毛柿、青剛櫟四種喬木，三種灌木。	紅楠、杜英、軟毛柿、 <u>青剛櫟</u> 、 <u>烏榕</u> 、 <u>稜果榕</u> 、 <u>構樹</u> 等喬木； <u>春不老</u> 、 <u>臺灣山桂花</u> 、 <u>山黃梔</u> 等灌木。
B 區	濱江街 B、瑞湖街 B	僅有香楠、江某、樹杞和無患子四種喬木，三種灌木	<u>香楠</u> 、 <u>樹杞</u> 、 <u>無患子</u> 、紅楠、 <u>稜果榕</u> 、 <u>烏榕</u> 、 <u>烏柏</u> 、 <u>血桐</u> 等喬木； <u>石荳舅(山橘)</u> 、 <u>紅仔珠</u> 等灌木。
C 區	濱江街 C、瑞湖街 C	大葉楠、臺灣朴樹和任選三種喬木，三種灌木	<u>臺灣朴樹</u> 、 <u>烏榕</u> 、 <u>鐵冬青</u> 、 <u>稜果榕</u> 、 <u>樹杞</u> 、 <u>血桐</u> 、 <u>臺灣欒樹</u> 、 <u>菲律賓榕</u> 、 <u>烏柏</u> 、 <u>茄苳</u> 等喬木； <u>石荳舅</u> 、 <u>月橘</u> 、 <u>春不老</u> 等灌木。
D 區	濱江街 D、瑞湖街 D	菲律賓榕、山香圓和任選三種喬木，三種灌木	<u>菲律賓榕</u> 、 <u>山香圓</u> 、 <u>厚皮香</u> 、 <u>頷垂豆</u> 、 <u>青楓</u> 、 <u>構樹</u> 、 <u>紅楠</u> 、 <u>小葉桑</u> 、 <u>血桐</u> 等喬木； <u>石荳舅</u> 、 <u>牛奶榕</u> 、 <u>春不老</u> 等灌木。
F 區	民權東路 F、力行路 F	任選四種喬木、三種灌木	<u>構樹</u> 、 <u>稜果榕</u> 、 <u>小葉桑</u> 、 <u>羅氏鹽膚木</u> 、 <u>血桐</u> 、 <u>菲律賓榕</u> 、 <u>小梗木薑子</u> 、 <u>杜虹花</u> 、 <u>相思樹</u> 、 <u>臺灣朴樹</u> 等喬木； <u>春不老</u> 等灌木。

註 1：植物加底線者為竣工圖上配植種類且目前於該樣區仍有生長者。

註 2：原先配植之草本植物因其生長期間短，故未再探討其是否存在。



圖 8.1.3-1 汐五高架橋下的生態綠化

- (ii) 種植區域位於高架橋下方，受高架橋遮蔽較易日照不足及缺水，草本植物稀疏，地表多見裸露貧瘠，建議將路面雨水導入，及許多裸露之路段可加強綠化植生工作，以多樣的耐陰性植物為主(如稜果榕、山桂花)，幫助表

土保護及增加土壤肥力。

- (iii) 一些生長過好的喬木，恐影響高架橋上的用路人，建議定期修剪，未來植生綠化時應考慮腹地及當地狀況，如要避免樹木生長過高而影響行車安全，建議選擇植栽時則應盡量以小喬木、灌木為主。

(2) 國道1號 林口交流道

(a) 原先植栽

以北部低海拔平原、丘陵常見之植物為主，含喬木8種(如杜英、野桐、香楠、江某、青剛櫟)及灌木5種(如山黃梔、桃金娘、柃木)。

(b) 現存狀況

本研究於2009年12月4日進行此區生態綠化樣區調查，兩個樣區及現勘資料顯示，本區以杜英為樹冠層最優勢種，生長狀況極佳，原栽植樹種多仍存在，自生種類亦相當豐富。整體而言，生態綠化成效相當良好(圖8.1.3-2)。現因國道1號五股-楊梅拓寬計畫，多已位於工區之中。

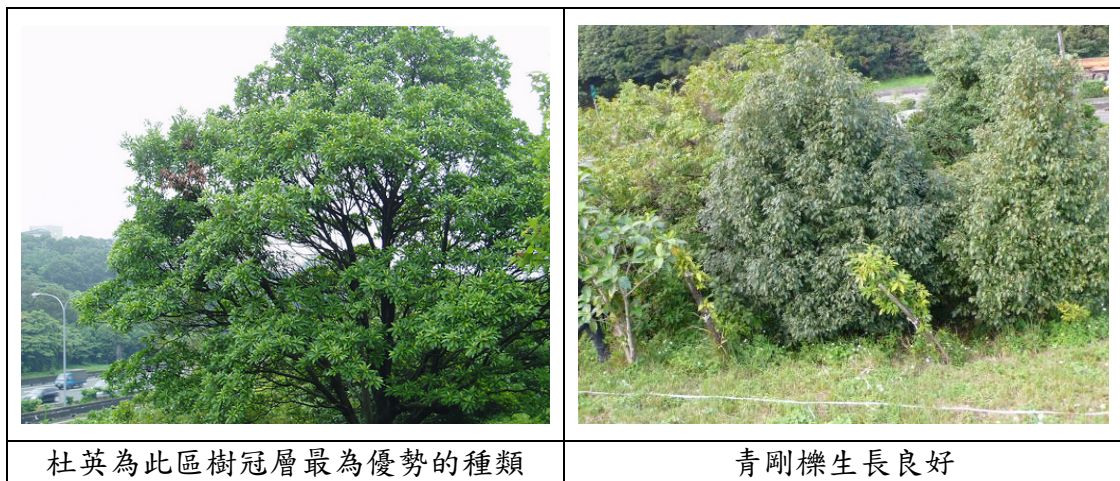


圖 8.1.3-2 林口交流道的綠化情形

(c) 評估檢討

當地植被狀況相當好，層次結構完整(具第一喬木層、第二喬木層、灌木層、草本層)、樹冠鬱閉度高(65-95%)，且植生種類為當地潛勢植被、林下小苗多，可自行更新演替

(3) 國道1號 78k+500東側邊坡生態綠化試驗區

(a) 原先植栽

國道1號新竹段78k+500東側邊坡曾於民國78年進行四種植生方式的試驗計畫，並設置四個試驗區，並於民國79年進行栽植一年後之調查。四個試驗區的植生方式參考中華民國環境工程學會(1990)試驗研究計畫報告書，植生方式分別為：

(i) 78k+379-78k+625林地植栽樹種試驗區

以傳統林地植生方式進行，採用13種喬木及11種灌木進行配置。

(ii) 78k+625-78k+655土壤種子庫萌發試驗區

不進行任何植栽，僅進行表土保存(收集最上層的腐植土及第二層風化的土壤，約10-15公分深度)及表土鋪覆(厚度至少1-2公分，並覆蓋稻蓆以固定之)，並事先將可能干擾種子萌發的蔓性藤本除去，讓土壤裡的種子庫自行萌發。

(iii) 78k+655-78k+685潛在植被植栽試驗區

根據生態復育之觀點，採用附近森林樹種的野生小苗，並模擬其自然狀況種植於樣區中，以縮短植物社會經破壞後回復演替所需的時間。共選取12種喬木及9種灌木植物，苗木比例是參考鄰近森林林下狀況而設定的，種植位置亦依照植物的生態習性進行配置。

(iv) 78k+685-78k+739低海拔原生適宜種植物苗木試驗區

採用低海拔常見的海岸林植物進行苗木栽植試驗，海岸植物由於能適應海風及高鹽分土壤的嚴苛環境，故推測其環境的忍耐力較其他植物為強。採用植生種類共約32種(如黃槿、欖仁、蘭嶼海桐、大葉山欖、蘭嶼樹杞、大葉山欖、臺灣海桐等)。

(b) 現存狀況

試驗區種植後經過一年的觀察，民國79年曾初步提出樣區植物生長狀況及苗木存活率，民國83年及92年又再次調查各試驗區植栽狀況，與原先生態資料比較分析(鍾金龍等，2004)。因此本計畫為與民國83年、92年的資料進行比對，於民國98年10月再次進行此試驗區的調查(圖8.1.3-3)。彙整民國83年、92年及98年的調查資料，進行評估分析及比較(詳表8.1.3-2)。

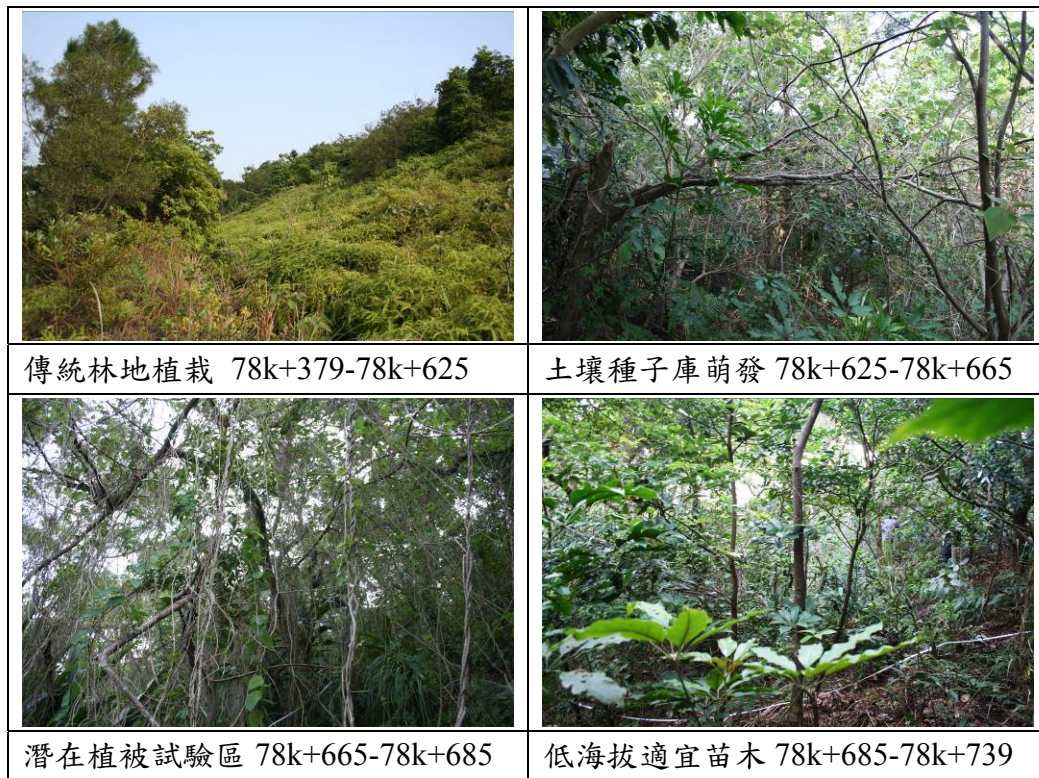


圖 8.1.3-3 國道 1 號 78k+500 東側邊坡生態綠化試驗區的植被

(i) 第一試驗區(林地植栽樹種試驗區)：

以原先栽植的相思樹、大頭茶、青剛櫟、港口木荷為較優勢植物，原種植的引進種(如大葉桉、錫蘭肉桂、紅絨球、巴西野牡丹等)已不適應環境而消失，而香楠、大頭茶、青剛櫟及港口木荷等皆有不錯的生長情形並有小苗生長，有助於後續森林更新。

(ii) 第二試驗區(土壤種子庫萌發試驗區)：

藉由保存土壤種子庫，讓植物得以迅速回復，已與周遭植物相當，此與國工局(2004)所提到的「開發時保留表層土壤對於植被回復是最有效的資源」的推論是一致的。

(iii) 第三試驗區(潛在植被植栽試驗區)：

採用鄰近森林的植物結構與組成所進行的植栽配置，國工局(2004)曾認為此區的生長狀況最好，物種存活率良好，潛在植被適應能力良好。原先種植的種類有1/2的比例依舊存在。

(iv) 第四試驗區(低海拔原生適宜種植物苗木試驗區)：

現存植被以當地原生植物為優勢，原先種植的海岸植物多不存在，特別是南部熱帶型海岸植物(如蘭嶼海桐、蘭嶼樹杞、大葉山欖、蓮葉桐、墾丁山馬茶等)多為原生於恆春半島，推測因不適應北部森林之氣候環境而消失。

(c) 評估檢討

第一試驗區及第四試驗區的園藝引進種及南部熱帶植物皆非此區潛勢植被，於種植後不久即衰敗死亡。較特別的是第二試驗區依靠土壤種子庫的來源，至今已跟周遭植被完全融合，並未有植被演替較其他試驗區緩慢的狀況，顯示出表土保存的工作對植被復育是非常重要的。

而第三試驗區採用當地森林植被種類，於生態綠化的理念中是落實最完整的，雖種類選擇正確及存活率高，但未見

其演替狀況、結構、覆蓋度、多樣性等更勝於其他區。可能原因有：(1)當地干擾較頻繁(火燒、坡度較陡易崩)，因此植物以陽性、耐干擾的物種為主；(2)種植至今已將近20年，其他試驗區的植物社會亦有種源自行演替，且在相同環境因子下，植被相會愈趨一致。

表 8.1.3-2 國道 1 號 78k+500 東側邊坡試驗區歷次植物調查資料比較

試驗區 調查時間	第一試驗區 林地植栽樹種	第二試驗區 土壤種子庫萌發	第三試驗區 潛在植被植栽	第四試驗區 低海拔原生適宜種 植物苗木
79 年原種 植種類	A. 大頭茶、港口木 荷、青剛櫟、濕地 松、竹柏、香楠、 海桐、厚葉石斑 木、金露花 B. 大葉桉、紅絨球、 巴西野牡丹、金葉 黃槐、黃梔、福建 茶、錫蘭肉桂、假 杜鵑 C. 鐵冬青、琉球松、 小葉饅頭果、小葉 赤楠、臺灣黃楊、 烏心石。	(無，僅做表土 保存)	C.江某、白匏子、 野桐、樟科植物(含 香楠、紅楠、小梗 木薑子等)、燈稱 花、杜虹花、紅果 金粟蘭、九節木 D.樹杞、楊梅、稜 果榕、菲律賓榕、 小花鼠刺、鼠刺、 細葉饅頭果、牛奶 榕、血桐、山黃 梔、野牡丹、雙面 刺、水麻。	黃槿、欖仁、蘭嶼海 桐、大葉山欖、蘭嶼 樹杞、大葉山欖、臺 灣海桐、蓮葉桐、苦 楝、墾丁山馬茶、蘭 嶼赤楠、銀葉樹、茄 冬、白水草、白樹 仔、過山香、毛苦 參、大葉樹蘭、苦果 珍、臺灣赤楠、恆春 楊梅、山枇杷、臺灣 欖樹、土楠、紅柴、 樹杞、鐵色、肉豆 寇、象牙木、水黃 皮、黃心柿、大花赤 楠等。
83 年調查 資料	上述種類多仍存在。	初期演替，先 驅植物出現。	上述種類多仍存 在。	上述種類多仍存在。
92 年調查 資料	A、C 造林樹種多仍存 在，引進園藝種多已 消失(B)，原生種類增 加(白匏子、血桐、羅 氏鹽膚木、鐵冬青、 野牡丹、九節木、柃 木、山黃麻、杜英等)。	越來越多物種 進入生長(如香 楠、血桐、紅 楠、野桐、海 桐、苦楝等)。	上述種類多仍存 在。	除了茄苳、大葉山 欖、黃槿外，原先種 植之種類多已消 失，並有當地原生樹 種進入。
98 年調查 資料	A 群樹種多仍存在， 林下原生種類多樣。 樣區內共紀錄到 19 種 喬木、12 種灌木、20 種草本或藤本植物， 共 51 種。	以北部低海拔山區常見樹種為主， 樣區內共紀錄到 16 種喬木、9 種灌 木、16 種草本或藤本植物，共 40 種。		以北部低海拔山區 常見樹種為主，樣區 內共紀錄到 16 種喬 木、7 種灌木、16 種 草本或藤本植物，共 39 種。
討論	● 原先種植的 24 種喬 灌木，至今仍存在 的種類為 A 群。 ● 園藝觀賞的引進種 (B 群)多已不存在。	依賴種子庫及 周圍種源，逐 漸演替成與周 圍植被相似。	原先第三試驗區 種植的 21 種喬灌 木，至今仍存在的 種類約有 10 種(C 群)，幾乎佔 1/2 比 例的種類存活。	植生種類至今除了 鐵色以外，其餘皆不 存在。

註：79 年原種植種類資料來源為中華民國環境工程學會，1990，北二高關西一新竹段生態綠化植栽試驗研究計劃報告書；83 年及 92 年調查資料來源為鍾金龍等，2004，高速公路建設應用生態工法設計準則及範例之研究。

(4) 國道8號 13k+300-13k+700

(a) 原先植栽配植

標案名稱：國道8號(10k+145-15k+500)景觀改善工程。民國96年竣工。銀合歡清除後進行生態小苗栽植工作。設計圖標示部份路堤採用菲律賓饅頭果、香楠、樟樹、山黃麻、構樹、相思樹、破布子、苦楝、九芎、山芙蓉、臺灣欒樹及白雞油等15種喬木及蔓荊、臺灣山桂花、杜虹花、臺灣海桐等8種灌木原生種苗木進行植栽工作，分為A(喬木3種、灌木4種)、B(喬木4種、灌木3種)兩種植單元分區不同樹種混植。

植栽規格：喬木(H=1.5公尺，容器苗)、灌木(H=0.6公尺，容器苗)

(b) 現存狀況

本計畫於民國98年12月9日於此生態路段東西向路堤邊坡各設置1個樣區，共記錄到栽植樹種10種，如臺灣海桐、黃連木、臺灣山桂花、杜虹花、破布子、苦楝、白雞油、稜果榕、樟等，及自生之植物如構樹、血桐、銀合歡、密花白飯樹、多花油柑、構樹、大花咸豐草、大黍、臺灣山黑扁豆、白苞猩猩草、三角葉西番蓮、賽葵等。其中地被草本植物有相當高的比例為外來植物。

(c) 評估檢討

生態綠化區植被生長狀況很好，民國96年完工至今已成林，具第二喬木層、灌木層及草本層，樹冠覆蓋度約70~85%，區內銀合歡少且生長弱勢。而兩旁未進行生態綠化的地區，主要為種植的藍花楹、自生的構樹及入侵的銀合歡，銀合歡在數量及覆蓋度方面明顯較生態綠化區內高，區外整體樹冠覆蓋度少，顯示此區的生態綠化具有加速演替，且有抑制銀合歡的功能(圖8.1.3-4)。

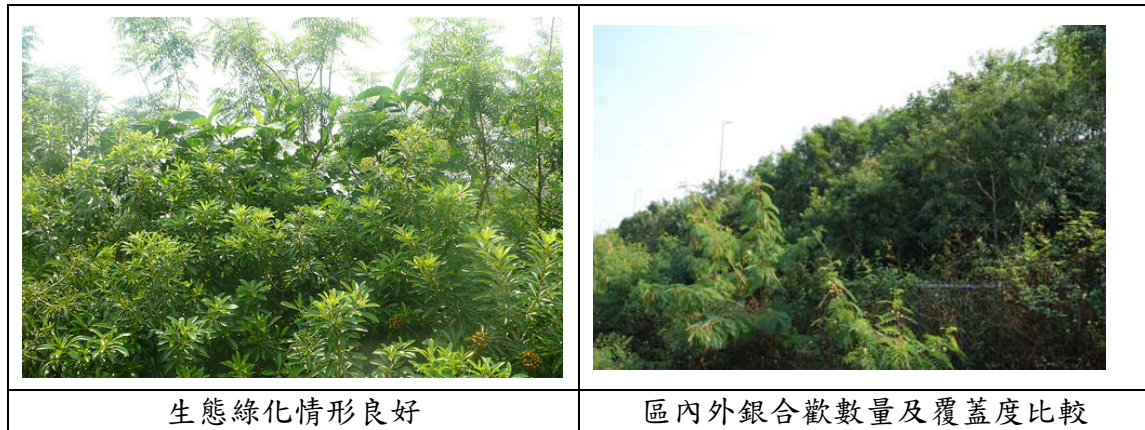


圖8.1.3-4 國道8號的生態綠化情形

8.1.4 綜合討論

(1) 北、中、南部生態綠化成效

北部路段完工年代近二十年，許多生態綠化路段皆已成林，且多採用北部低海拔山區潛勢植被作為植生材料，多數路段已朝此區域的潛勢演替發展，並多具有中低海拔次生林的基本層次結構：第一喬木層、第二喬木層、灌木層及草本層。林下亦多小苗，具有天然更新的能力，有助減少後續養護補植作業。

而中南部地區由於植生時間距今多未超過5年，仍以小苗為主，因此還有待觀察；惟國道8號13k+300-13k+700是目前生態綠化成效相當良好的路段，短短3年間已成樹林，成效良好原因之一可能與當初種植樹種(如黃連木、杜虹花、棟、白雞油等)為生長速度較快且適宜當地的樹種，植物生長狀況相當良好，形成遮蔭的環境，同時抑制了周遭生長強勢的銀合歡入侵。

中南部目前尚有多處路段小苗生長狀況不佳，可能與栽植樹種不適合(常為非當地潛勢植物或非先驅之陽性樹種)及現地立地環境不佳(乾早期長)有關，因此不易植生綠化。建議於小苗生長不良的路段加強補植當地潛在植物(以先驅陽性樹種優先考量)，並增加養護維管頻度(如澆水、施肥、除草等)。以南部而言，須更加注意外來種植物(如銀合歡、香澤蘭等)生長勢過強、遮蓋苗木的問題。

(2) 評估困難之處

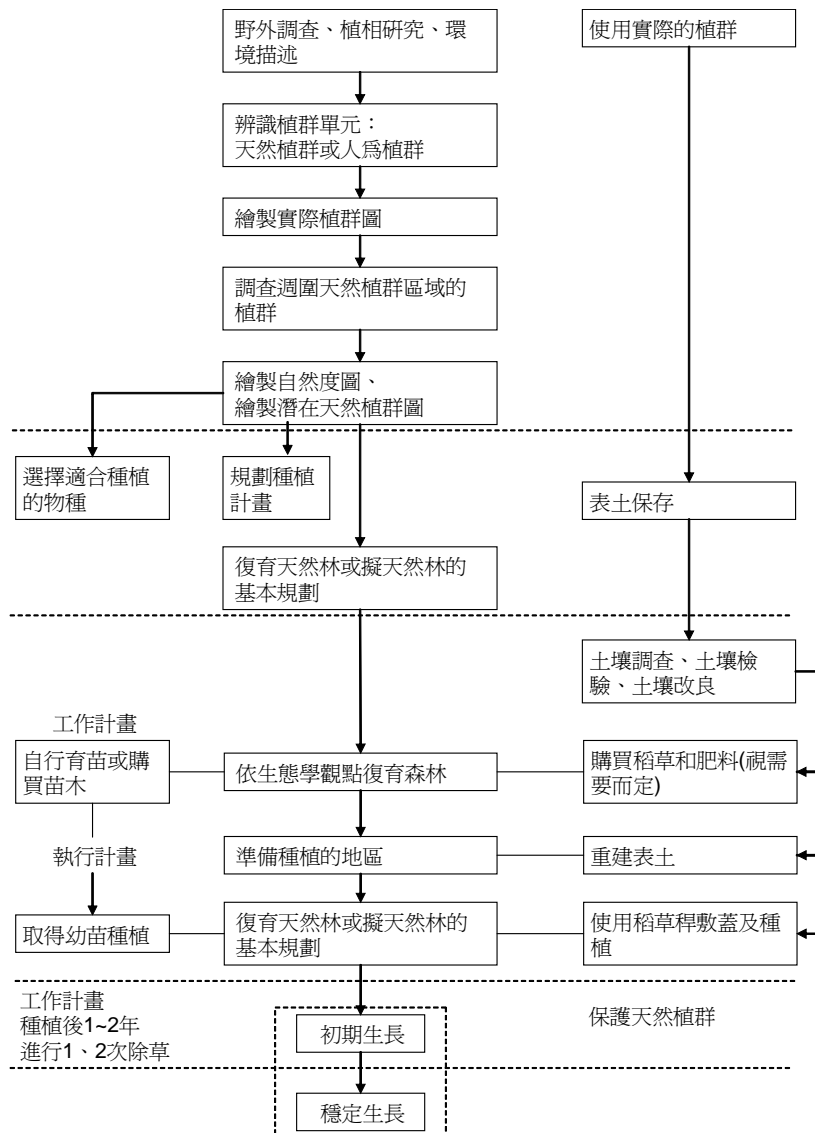
竣工資料不完整致使資料難以比對，如中、南部路段之竣工圖上未標示實際種植種類，很多種類當時並沒有栽植或改種其他種類，卻未顯示在竣工圖上。而北部路段相關竣工資料較為完整，但部分仍有缺漏之處，生態綠化手法無法從竣工圖上發現，難以探討喬灌木混植、育苗、小苗植生、表土保存或覆土、土壤改良、地表覆蓋及防風設施、二次植栽等後續維護管理措施是否會影響生態綠化成效。建議納入工程驗收的項目。

(3) 減少使用園藝引進種

由國道1號78k+500東側邊坡生態綠化試驗區的3次調查紀錄(民國83年、92年及98年)中顯示，原先種植園藝引進植物在高速公路邊坡擾動較為頻繁的環境下，容易適應不良而消失或維持無法自然更新狀態，未來進行生態綠化時應再行評估使用這些物種，建議以鄰近森林環境的常見植物為優先。

(4) 生態綠化機制的建議

日本的國際生態學研究中心Akira Miyawaki教授，自1970年代即提倡以植群生態學為基礎進行生態綠化，以植群生態學專業，進行全日本的植群調查，建構日本的植群型圖，瞭解各地區實際植群和潛勢植群。並藉由實際案例操作，學習經驗及調整作法，直至2003年為止，日本已有超過750處以生態化植生的方式進行，並協助東南亞國家(如馬拉西亞、泰國、印尼)及巴西亞馬遜河流域的人為破壞地區進行植生。而幾十年來的經驗累積，Akira Miyawaki教授將其復育天然森林的經驗繪製成流程圖(圖8.2.4-1)，亦可供作未來國道進行生態綠化工作之參考。除此之外，建議竣工後可劃設10x10公尺長期樣區，前五年可以每年調查苗木存活率、生長狀況(量測樹高和DBH、冠寬)、其他植物生長入侵狀況。五年後，每五年調查長期樣區的植被生長狀況(樹高、DBH、生長位置)。長期樣區可作為後續比較評估的基礎，了解生態綠化地區的長期變化。



資料來源：重繪自 Miyawaki，2004。

圖 8.1.4-1 Miyawaki 生態造林法流程

(5) 發展國道原生植物苗圃

目前生態綠化遇到的問題常為原生植物種源的取得有限，且物種多侷限於既有原生植物苗商的種苗。此外，生態綠化除了希望達到物種多樣性外，更希望增加基因多樣性，而苗商之種苗多採扦插苗以快速繁殖，基因多樣性低，並非生態綠化的最佳選擇。因此若能藉由高公局腹地(如工務段、服務區、交流道等空間)進行種子苗培育、養護苗木，待苗木養成茁壯後再外移至預計的生態綠化路段，必能增加生態綠化苗木存活率與基因多樣性。且在苗木培育之餘，各工務段更有機會能發展各自之特色植

栽與培育工作，如大甲工務段擁有自己的種苗圃，除進行苗木養護工作外，亦培育野牡丹、越橘葉蔓榕等原生植栽，以及臺灣百合、白及等特色植栽之復育工作(圖8.1.4-2)。並可就所需原生植物苗木、且市場上沒有培養的苗木為優先培育對象，並就北、中南等地區所需苗木作一調查，分區培養。

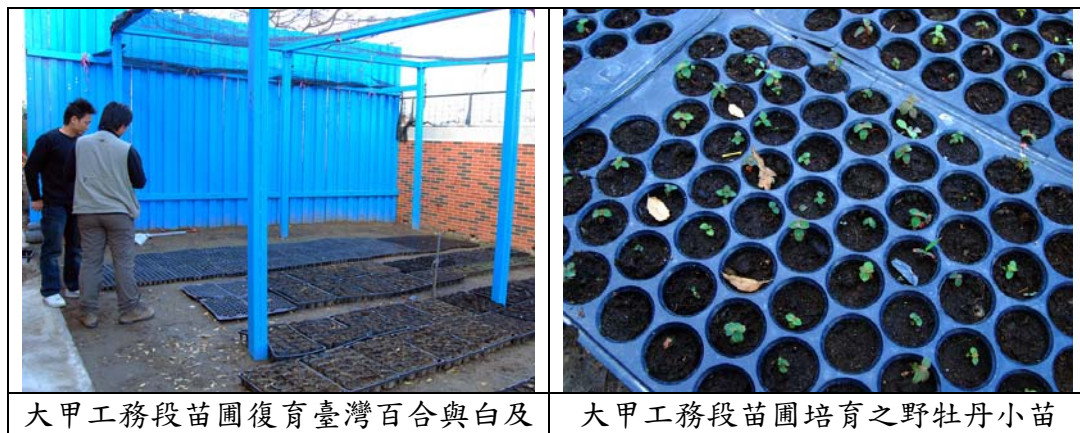


圖 8.1.4-2 大甲工務段苗圃現況

8.2 國道沿線邊坡綠帶

本計畫於國道沿線邊坡進行邊坡綠廊調查結果(詳見4.1.5節)，研判(1)外來入侵種課題、(2)外來種優勢草坡與(3)特殊地形(泥岩惡地)應是國道沿線邊坡需優先處理與解決之生態課題，本節擬針對這三類現期可施作復育之生態劣化環境提出初步復育對策。

8.2.1 沿線邊坡復育目標

本計畫研擬國道沿線邊坡復育之目標有三，分別為(1)外來入侵種防除、(2)增加物種多樣化與(3)促進邊坡森林化，期望以循序漸進的方式達到生態復育的目標，作為工程與生態結合的良好示範：

(1) 外來入侵種防除：

外來入侵種生物常是具有極強的適應力或侵略能力的物種，因為在被其入侵的環境中沒有對應的天敵予以制衡，常會因過度繁殖而造成物種競爭(如白尾八哥入侵造成臺灣原生種臺灣八哥因族群量銳減而列為保育類)、棲地改變(如銀合歡造成棲地

單一生態劣化、互花米草造成海岸陸化等)及基因汙染(如與原生種雜交)，甚至造成經濟及人類健康危害(如銀膠菊、豬草、紅火蟻等造成過敏現象)等不可恢復之影響。為避免國道成為外來入侵種擴散之「高速公路」，高速公路局正積極防治4大外來入侵種：銀合歡、小花蔓澤蘭、香澤蘭與銀膠菊。

(2) 增加物種多樣化：

一個地區的物種歧異度愈高，彼此相互依存，相互制衡，形成複雜的生物網，生態系就愈容易達成平衡且穩定。因此提升物種組成的多樣性，有助維護生態系的平衡。如在草坡營造方面，應朝減少單一外來種強勢的草坡，增加多物種原生草坡的方式進行。

(3) 促進邊坡森林化：

國道沿線邊坡若有良好的森林植生覆蓋，則能減低土壤沖蝕，進而減少土壤養分的流失。多層次的森林環境有助於植被演替，可間接穩定邊坡與營造多樣化棲地，提供動物良好的庇護所。

8.2.2 沿線邊坡復育之作業流程

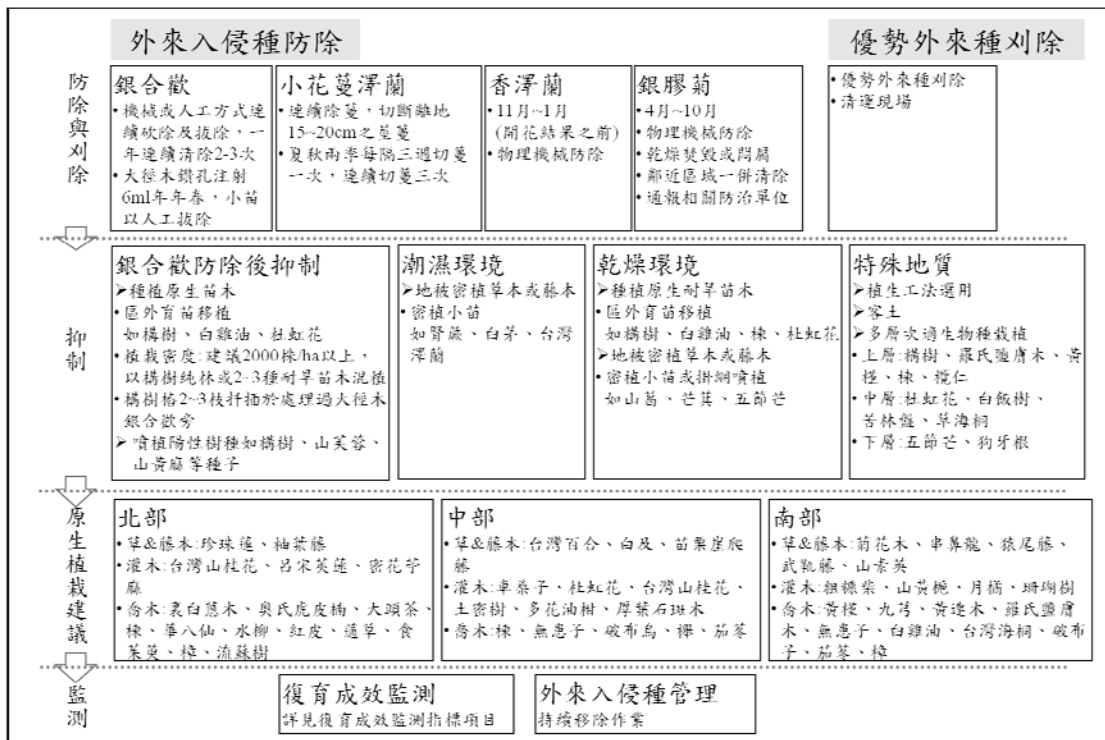
目前國道沿線邊坡復育過程中可能面臨的環境問題有：(1)難以防除的外來入侵種如銀合歡與小花蔓澤蘭。(2)草生地或裸露地如過度干擾與(3)貧乏土質如南部之泥岩惡地及乾旱環境。彙整相關研究文獻與本計畫調查結果，研擬沿線邊坡復育之作業流程如圖8.2.2-1。

針對外來入侵種的防除以把握花期與散播期之前防除為原則，(1)銀合歡可採人工方式砍除，一年內每隔半年清除一次，可部分抑制銀合歡生長及消耗一部份銀合歡種子庫；銀合歡純林與銀合歡大徑木(胸高直徑大於3公分)，採鑽孔注射6毫升年年春以致枯亡，胸高直徑小於3公分之小苗則以人工方式拔除，林試所恆春研究中心曾針對年年春防除銀合歡後可能產生之殘毒進行分析及監測四週土壤環境，發現注射後銀合歡體內殘留量為隨時間消褪，而土壤三個月後即無法測得藥劑殘留；(2)小花蔓澤蘭則以夏秋兩季每隔三週切蔓一次，連續切蔓三次清除；(3)香澤蘭於11月~1月以物理機械防除一次；銀膠菊於4月~10月以物理機械防除一次，並通報相關防治單位。(4)大面積優

勢的外來種(如大花咸豐草)則以全面刈除的方式處理，並清運現場。

防除與刈除作業結束應進行後續抑制、原生植栽栽種作業，抑制外來入侵種與其化優勢的外來種因短暫裸露而再次入侵，以達事半功倍之效。銀合歡防除後抑制作業應利用原生植物如構樹、白雞油與杜虹花等的密植減少地表光度而抑制銀合歡的發芽機率。潮濕與乾燥環境地被分別可利用不同環境特性之原生草本與藤本生長抑制小花蔓澤蘭、香澤蘭與銀膠菊等外來入侵種入侵。特殊貧瘠地質區域則建議先以客土與噴植原生草本種子方式改善土質，再以適生樹種種植。二次植生與後續生態綠化作業可參考本研究建議之原生植栽以複層方式種植，以達生態復育之多樣化與森林化之目標。並建議應辦理後續監測與外來入侵種管理，藉可瞭解施作成效，作為經營管理之評估。

外來入侵種防除標準作業程序，另於8.3.5節詳述；防除或刈除後抑制處理原則於8.3.6節詳述；生態綠化建議之物種與栽種方式參酌8.3.7節。特殊環境生態綠化於8.3.8節詳述。後續監測建議項目於8.3.9節詳述。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.2.2-1 沿線邊坡復育之作業流程

8.2.3 銀合歡議題探討

有鑑於國道沿線，尤其是南部地區常發現銀合歡入侵狀況，然而國內目前未建立防除的標準作業程序，因此本計畫蒐集目前國內外銀合歡及其防除機制之文獻，期提供給高公局後續建立銀合歡防除工作之參考。

民國65年為提供造紙原料，國人將銀合歡引進臺灣種植於恆春半島一帶。然而由於其生長快速、繁殖適應力強，1年可開花結果2至3次，每年每平方公尺可以產生15,000至20,000個種子(李昭宗，2003)，全球入侵種資料庫(Invasive Species specialist Group, ISSG)即將其列為世界百大惡性入侵種之一(吳立心等，2008；Lowe. *et al.*, 2000；全球入侵種資料庫網頁資訊)，如銀合歡具有毒化土地作用，會從根部分泌「含羞草素」抑制其他植物生長，而造成嚴重外來種危害問題(呂福原等，2002)。夏威夷、其他太平洋群島、澳洲與美國佛羅里達州等均有銀合歡入侵，影響原生植物族群組成之外來種入侵課題(全球入侵種資料庫網頁資訊)。

銀合歡在臺灣主要影響南部地區之道路周邊與墾丁國家公園境內區域(呂福原等，2002；李昭宗，2003；呂明倫等，2007；吳立心等，2008；馮郁筑等，2008；營建署全球資訊網站)。高公局目前於銀合歡生長地區採不定期砍除，清除範圍同時噴植多種適生之本土喬、灌木種子，以提高本土植栽生長競爭優勢。其蔓延路段以南部為主，如高雄燕巢區域，近來有往北方蔓延之趨勢。

由於銀合歡可產生龐大的土壤種子庫，且種子十年後依然能萌發植栽，使用專門食用銀合歡種子之物種進行生物防治以降低土壤內種子生產力，即成為研究重點之一。銀合歡豆象(*Acanthoscelides macrophthalmus*)原產於中南美，僅食用銀合歡屬植物，曾被引進南非進行生物防治之用(Neser 1994)。然而在野外環境，銀合歡豆象分布呈現區塊狀且隨季節變化波動，其降低銀合歡種子庫之效力仍有待證實。其他如銀合歡木蝨(*Heteropsylla cubana*)、蛾(*Itthome lassula*)或真菌均有被提出作為生物防治手段的可能性，然其效力與使用方式均還待評估。

總體來說，維持未受干擾的原生生態系統是有效降低銀合歡種子

萌芽率的方式；然因銀合歡種子競爭力強，難以在種苗競爭時被其他物種排除(Piggin et al. 1995)，需要在萌芽階段以人力移除存活之小苗。有關銀合歡防除之相關文獻說明如下表8.2.3-1：

綜合上述文獻，銀合歡成為惡性外來入侵種之原因，包含其(1)生命力強、(2)可行固氮作用、(3)生活於貧瘠區域、(4)繁殖期長且(5)種子量龐大、(6)種子存活期長且於陽光充足時能快速萌發、(7)會分泌含羞草素毒化土地產生排他作用等因素。因此在高速公路局轄區內進行銀合歡防治措施時需針對其生態特性加以考量，建議如下。

(1) 植栽移除

植栽移除方式包含化學式防治與機械式防治。目前化學防治方式中，證實效力較高且較無造成污染或環境負擔之方式為注射嘉磷塞使植株枯死，惟其注射劑量需審慎評估，若劑量不足則植株仍有可能萌發。農委會藥物毒物研究所指出嘉磷塞在土壤中會被微生物分解，半衰期為47日，且於低溫環境中也能完全分解，為相當安全的除草劑，然其仍為化學除草劑之一，建議使用於大面積銀合歡純林或大徑木銀合歡，另亦需針對實施地點如是否有污染地下水源之疑慮或為生態較敏感脆弱之區域加以考量；小區域及後續為害不嚴重則建議以人工伐除；伐除時應注意將種子與果莢等移除，避免其散落而累積於土壤種子庫。在防除時間點選擇上以每年2、3月開花期及果莢未成熟前為較適當之時段。

(2) 林相更新與種子萌發抑制

在移除工作進行前即可預備生長較為迅速之原生適生植栽小苗，待移除銀合歡植栽後即進行栽種，主要目的為更新林相成為原生植被相，避免銀合歡入侵，亦可與銀合歡小苗競爭，抑制萌發。另外可輔以覆蓋法，在砍除後覆蓋防草抑制蓆，以透過阻斷光線方式抑制其再度萌芽速率，讓原生植栽小苗得以生長。

(3) 土壤種子庫處理

因銀合歡入侵後往往造成龐大而效力持久之土壤種子庫，且銀合歡小苗競爭力強悍，僅依靠原生植物植栽難以完全抑制其生長，因此在砍除個體後仍應進行長時間監測，並持續移除再度萌

發之小苗並確保原生種苗順利生長，直至原生林相完成，銀合歡難以入侵為止。由於銀合歡被伐除後，其種子經光照而萌發的速率相當快，因此監測與移除之頻率應盡可能提高，如以兩周一次之頻率進行銀合歡幼苗萌發檢視與移除之工作。

8.2.4 國道沿線四大外來入侵種防除標準作業程序

針對外來入侵種防除原則，皆希望把握開花與結果季前進行防除工作，此舉可減少外來入侵種的擴散機會。除銀合歡為全年可見其開花結果外(花期集中3-6月)；小花蔓澤蘭花期為10月-1月，種子散播期12月-2月；香澤蘭花期為11月-1月，種子成熟期為12月-3月；銀膠菊花果期4~10月(表8.2.4-1)。

表 8.2.4-1 四大外來入侵種主要花期與散播期

物種	花期	散播期
銀合歡	3-6 月	全年
小花蔓澤蘭	10 月-1 月	12 月-2 月
香澤蘭	11 月-1 月	12 月-3 月
銀膠菊	4-10 月	4-10 月

資料來源：本計畫整理

銀合歡目前最普遍的防除方式是以人工拔除或機械砍除，建議一年內多次拔除或砍除，可防除部分銀合歡植株及消耗部份銀合歡種子庫，長期抑制可達部份防除效果。此外，王相華與洪聖峰(2005)和王相華等(2009)研究指出銀合歡喬木有效防除方法為大徑木以年年春鑽孔注射方式，可有效抑制樹冠及萌蘖，劑量愈高致死率愈大，研究顯示胸徑3.5~7.5公分者施以6毫升的年年春亦有100%的凋萎率。枯萎或砍除的植物體應全數移除方可預防種子落於土壤；小苗則以人工連根拔除方式移除即可。此類化學防治建議使用於大面積銀合歡純林或大徑木銀合歡，另亦需針對實施地點如是否有污染地下水源之疑慮或為生態較敏感脆弱之區域加以考量；小區域及後續為害不嚴重則建議以人工伐除。

小花蔓澤蘭、香澤蘭與銀膠菊之有效防除方法是以人工拔除或機械砍除，以短期內多次作業即可有效增加防除效果。參考4大外來入

侵種生態特性與一般勞務作業工作說明書，擬訂高公局防除防治外來入侵種的標準作業程序原則如下：

(1) 小花蔓澤蘭防除：

(a) 工作內容：

辦理國道 號經甲方通知必須清除之範圍，清除範圍里程及面積於合約中訂定。

(b) 工作要求：

(i) 應將通知範圍內邊坡所有小花蔓澤蘭進行「切蔓、拔蔓、除蔓」等防除工作，切除離地15-20公分之蔓莖，務必將可見之藤結與定著於邊坡之根部清除，並於當日收集裝袋，清理當天運棄，不得留於高速公路邊坡，俟乾枯後載運至最近合法焚化爐焚燬，所需焚化及運送費用已包含於單價內，不另計給。

(ii) 割除及拔除作業過程前中後應拍照存檔，並正確紀錄里程，於防除工作完成後以書面送工務段備查。

(iii) 應於7-9月(小花蔓澤蘭開花結果前)，每3週完成切蔓、拔蔓、除蔓等清除全部蔓延面積1次，連續切蔓3-5次，清除範圍及面積於施工前由工程司會同承包商現場清點確定。

(c) 丈量及付款：

本工作項目依實際完成數量以「 m^2 」為單位計價給付。

(2) 銀合歡砍除：

(a) 工作內容：

辦理國道 號經甲方通知必須清除之範圍，清除範圍里程及面積於合約中訂定。

(b) 工作要求：

(i) 本項工作依工程司通知辦理，除工程司指示特定樹種(銀

合歡)砍除外，其餘樹種應予保留。施工方式應經工程司核可，如有破壞邊坡排水設施及影響水土保持等情形，承包商應負責清理復原。

- (ii) 銀合歡大徑木採機械或人工砍除，小徑木則以人工拔除方式連根拔除。於3-6月(銀合歡主要花期)移除1次，年度內建議再進行1-2次清除作業，以工程司會同承包商現場評估後訂定。
- (iii) 銀合歡砍除後之小株、枯枝與果莢等應盡量清運，不得散落路面路肩及邊坡或阻塞吊溝、涵管、沉砂池等排水設施，砍除後殘幹高度應離地面10公分以下，以割除痕跡為憑。
- (iv) 銀合歡砍除後之枯枝連同落枝葉、垃圾等，當日清理運棄，不得丟棄於本路其他路段或以火焚燒。
- (v) 割除及清運作業過程前中後應拍照存檔，並正確紀錄里程，於防除工作完成後以書面送工務段備查。清除範圍及面積於施工前由工程司會同承包商現場清點確定。

(c) 丈量及付款：

本工作項目依實際完成數量以「m²」為單位計價給付。

(3) 香澤蘭防除：

(a) 工作內容：

辦理國道 號經甲方通知必須清除之範圍，清除範圍里程及面積於合約中訂定。

(b) 工作要求：

- (i) 應將通知範圍內邊坡所有香澤蘭進行「切蔓、拔蔓、除蔓」等防除工作，切除離地15-20公分之蔓莖，務必將可見之藤結與定著於邊坡之根部清除，並於當日收集裝袋，清除當日運棄，不得留於高速公路邊坡，俟乾枯後載運至最近合法焚化爐焚燬，所需焚化及運送費用已包

含於單價內，不另計給。

- (ii) 割除及拔除作業過程前中後應拍照存檔，並正確紀錄里程，於防除工作完成後以書面送工務段備查。
- (iii) 應於8-10月(香澤蘭開花結果前)，完成切蔓、拔蔓、除蔓等清除全部蔓延面積1次，清除範圍及面積於施工前由工程司會同承包商現場清點確定。

(c) 丈量及付款：

本工作項目依實際完成數量以「m²」為單位計價給付。

(4) 銀膠菊防除：

(a) 工作內容：

辦理國道 號經甲方通知必須清除之範圍，清除範圍里程及面積於合約中訂定。

(b) 工作要求：

- (i) 應將通知範圍內邊坡所有銀膠菊進行拔蔓之防除工作，以人力和簡單器具直接連根拔除清運，並於當日收集裝袋，清除當日運棄，不得留於高速公路邊坡，俟乾枯後載運至最近合法焚化爐焚燬，所需焚化及運送費用已包含於單價內，不另計給。
- (ii) 防除時相關作業人員應穿著長袖衣物並配戴手套和口罩，以減少口鼻、皮膚與植株直接接觸。作業車輛應備儲水桶，以便必要時沖洗臉上及手臂的花粉及腺毛。防治工作後應儘速換洗衣物，避免引起支氣管或皮膚過敏。
- (iii) 拔除作業過程前中後應拍照存檔，並正確紀錄里程，於防除工作完成後以書面送工務段備查。
- (iv) 應於1-3月(銀膠菊開花結果前)，完成清除全部蔓延面積1次，清除範圍及面積於施工前由工程司會同承包商現場清點確定。

(c) 丈量及付款：

本工作項目依實際完成數量以「m²」為單位計價給付。

8.2.5 抑制外來種及外來入侵種

外來種與外來入侵種通常具有喜光的特質，於開闊地生長快速。防除與刈除作業後，會造成邊坡環境地表短暫的裸露，提供外來種或外來入侵種再次侵擾機會。故建議清除後一週內應儘速密植草本或藤本或陽性樹種等原生小苗，快速改善當地微環境，以抑制外來種與外來入侵種再次拓殖。

以銀合歡為例，王相華等(2009)研究顯示銀合歡的光飽和光合作用率極高，表示其生長極為快速，故在植生復原上必須抑制其生長，方能提高其他綠化樹種之競爭力；國道邊坡多為乾燥貧瘠的環境，此類環境以構樹為生長良好且快速的物種，故建議以構樹作為抑制銀合歡生長的第一防線。銀合歡防治作業上建議以多層次種植，以減少表土光照強度，抑制銀合歡種子發芽；在銀合歡防除作業結束，建議可掛網噴植陽性樹種如構樹、山芙蓉、山黃麻等種子或密植構樹樁，利用構樹等陽性樹種生長快速且生長密度高之特性抑制銀合歡種子發芽與萌蘖，同時種植耐旱且生長快速之陽性樹種如構樹、白雞油、山芙蓉、山黃麻、野桐、白匏子、棟等搭配異齡苗木複層栽植，改善棲地環境。

其他蔓性或草本的外來與外來入侵種的抑制方面，在潮濕環境地被建議可以利用扦插如臺灣澤蘭等與噴植原生草種種子(如白茅、臺灣蘆竹等)方式密植原生草本或藤本，乾旱環境地被扦插方面可使用雞屎藤、漢氏山葡萄等，原生草本植物種子則可以利用五節芒、狗牙根(百慕達草)、甜根子草等，盡量減少使用強勢的外來草種例如賽芻豆與爪哇大豆等種子噴植，其強勢程度可能會使邊坡造成演替停滯的反效果。上木則建議以3種以上原生木本植物大苗混合栽植方式種植，以達生態綠化效果，其選擇與栽植原則，詳見8.2.6節。

近年來部分工務段邊坡受到寄生性植物平原菟絲子的入侵，造成植栽受損或死亡情形，本研究整理相關文獻資料，提出平原菟絲子相關防治對策。

菟絲子屬為全寄生性植物，根與葉退化，莖蔓生，纏繞於寄主的莖，形成吸器入侵寄主植物吸收養分維生，使被寄生的植株不易行光合作用，且養份被大量吸取逐漸衰弱而死亡，菟絲子主要傳播方式以斷莖(具吸器的片斷)及種子傳播為主，其種子埋入10公分深的土壤中，也可以發芽，無根無葉的絲狀幼苗可以獨立存活好幾週，而種子的壽命可達到10-20年之久；斷莖只要能纏住寄主，就能成為新植株，繼續拓展、蔓延，故危害區域土方及寄主枝葉的移轉需特別注意。

臺灣的菟絲子屬植物具有五個分類群：菟絲子(又名南方菟絲子；*Cuscuta australis* R. Br.)、平原菟絲子(*C. campestris* Yunck.)、中國菟絲子(*C. chinensis* Lam.)、臺灣菟絲子(*C. japonica* Choisy var. *formosana* (Hayata)Yunck.)及日本菟絲子(*C. japonica* Choisy var. *japonia*) (Liao et al., 2000)，其中菟絲子自1972年後迄今未在臺灣地區再發現，平原菟絲子分布最廣，寄主多達265種，是臺灣地區危害最嚴重的種類。

針對平原菟絲子的防除，大略可分為物理防治、生物防治及化學防治三大類：

- (1) 物理防除是目前使用最普遍的方法，其防治方式為連同菟絲子及部分寄主植株切除，並加以焚燒，以防止留存在寄主植株上的部份菟絲子片段(具吸器的片斷)經由其它方式傳播。
- (2) 平原菟絲子生物防治，目前研究最多的為真菌除草劑：平原菟絲子炭疽病菌藥劑(*Colletotrichum* sp.：菌株代號CUSCA02，專利生物材料寄存：BCRC930105)的研究及開發。初步施藥流程及注意事項包括：適當施藥時間為下午3點以後或傍晚進行噴灑(露點超過12hours，才能有較強的治病效果，此與炭疽病菌之特性吻合，需較潮濕環境始有利發病。)；適當施藥範圍：距離植物<10公分，噴灑範圍在有菟絲子危害區域往外10公尺距離；建議噴灑濃度為 1×10^6 spore/毫升或以上，15天即可造成90%以上的菟絲子枯死；適當施藥量為噴濕為主，或者來回噴灑一次。目前發現此菌株對平原菟絲子為專一性感染，顯示*Colletotrichum* sp.(菌株代號CUSCA02)之生態安全性，未來若能在田間完成相關防治試驗，及證實其效果及寄主專一性，則將期待於量產與應用。

行政院農委會農業藥物及毒物研究所於2009年公告「平原菟絲子炭疽病菌製劑之製造方法」專屬授權受理申請日期與相關注意事項，積極研發藥劑環境使用安全性(肺/口毒性及致病性試驗)及量產。

- (3) 在化學方法中，一般防除方法以土壤中噴灑種子殺草劑(pre-emergence herbicides，如醃銨、氨基甲酸、二硝基苯胺、聯苯醚、三氮苯、尿素等)、被感染植物上噴灑植物體殺草劑(post-emergence herbicides，如巴拉刈、嘉磷塞、固殺草、環殺草、本達隆、克草等)、大型被感染植物體內注射殺草劑(injected herbicides)等聯合運用，才能徹底根除。使用化學方法時應注意依照不同藥劑的需求，輔以不同的使用方法，雖然有施用在土壤或植株的殺草劑，但效果不彰且寄主亦受害，更對環境造成汙染，需謹慎使用。

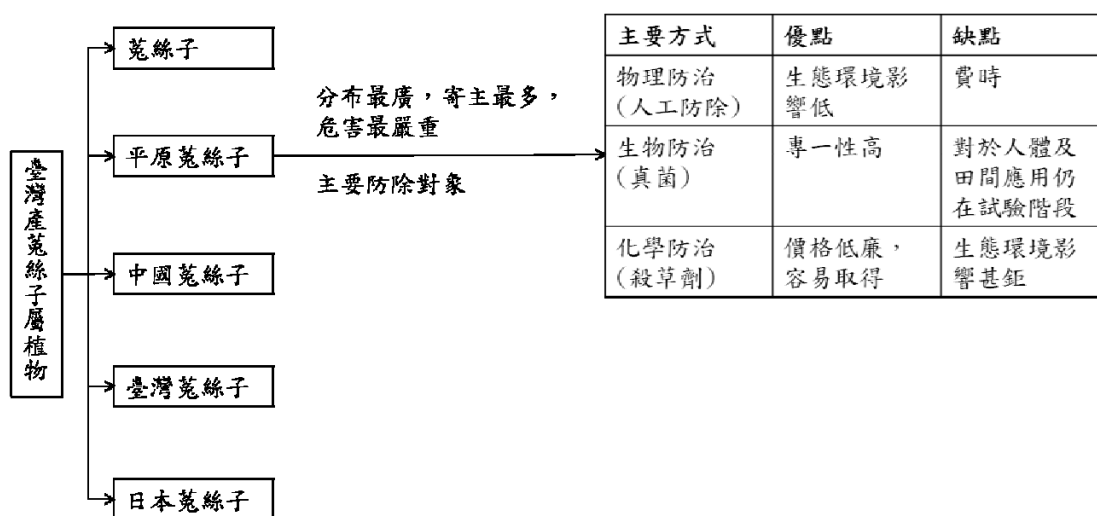


圖 8.2.5-1 臺灣產菟絲子屬簡介及防除方式比較

8.2.6 生態綠化方式與原生植栽建議

生態綠化之目的強調原生樹種的使用，特別是本土適應良好且植栽立地的的潛勢植物，原生種利用的優點除移植存活率高、維護管理較容易外，更具有下列幾項特點：

- (1) 有助於原生稀有及瀕臨滅絕種類植物的復育

臺灣四千多種原生維管束植物中，不乏具有高度觀賞價值的種類。如台東蘇鐵、流蘇樹、烏來杜鵑、蘭嶼羅漢松、臺灣蝴蝶蘭、金花石蒜、豔紅鹿子百合都是屬於世界級的觀賞植物。若能透過適當管道，利用於園藝用途，可以保護種源不致滅絕。

(2) 有助於森林生態環境的穩定

生態系統越成熟，結構越複雜，對環境改變及外界干擾抵抗力就越強。森林環境可調節周遭環境並提供動植物庇護之棲所，更能成為串聯臺灣南北之綠帶，並可緩衝高速公路噪音、CO₂減輕的功能。

(3) 有助於觀賞的豐富度與多樣性

原生植物除本身樹形優美，可依季節變化觀花觀果，亦可能為誘蝶誘鳥植物。

(4) 有助於環境教育的推展

於各服務區設立環境解說，說明高速公路生態綠化之實施路段與用心，強調原生植物的重要性與特色，可引導用路人欣賞並愛護。

本計畫藉由彙整路權外植物資源調查結果、邊坡綠廊調查結果與文獻資料等資訊，提出不同環境下適生之原生種植栽建議，提供保育、復育和綠化推廣之參考。植栽建議分區的架構參考蘇鴻傑(1985、1992)地理氣候區的概念，國道沿線主要穿越東北、西北、中西及西南等4大氣候區，然東北區僅國道5號穿越，且本身邊坡範圍不大(多橋梁隧道)，故將資料轉換與高公局工程處同質，合併為北(含西北區及東北區)、中、南三區，提出各區段適生之潛勢物種。

此外，有鑑於原生植栽建議的應用層面，本計畫針對高公局管轄範圍內植栽之功能特性區分為三類群：分別為生態綠化、行道樹及服務區。

(1) 生態綠化植栽

(a) 篩選條件：區段內適生物種且物種本身自然更新(小苗)情況

佳，適合栽植或噴植於面積較寬且養護不易之邊坡。

- (b) 效益：可達到坡面及生態環境快速穩定的功能及減少後續養護的成本之特性，並提供野生動物庇護場所。

(2) 行道樹植栽

- (a) 篩選條件：高度觀賞特性，如觀花、觀果及觀葉等，且植栽本身有耐旱、耐汙、耐貧瘠特性，適合種植於高速公路養護範圍。

- (b) 效益：區段內適生物種選擇可減少植栽本身不適應性，季節與顏色的搭配可增加用路人視覺觀感並符合保育的生態概念，有助於環境教育的推展。

(3) 服務區植栽

- (a) 篩選條件：高度觀賞價值，如觀花、觀葉及水生植物等，部分亦可作為誘鳥、誘蝶等蜜源植物。

- (b) 效益：可作為環境解說的主軸，並增加與用路人間的互動性。

(4) 隔音牆植栽

- (a) 篩選條件：具攀緣特性之藤本植物，且植栽本身有耐旱、耐熱、耐修剪特性，適合種植於高速公路養護範圍。

- (b) 效益：利用植物攀緣特性或於隔音牆底部設置花槽，可同時進行灌木及藤本複層綠化，以改善生硬牆面。

依據本計畫植物資源調查成果及國道植生調查文獻（詳第4.1節），並參考相關原生植栽文獻之建議，如交通部臺灣區國道高速公路局(1995)出版之中山高速公路適生植物圖譜、內政部建築研究所(2010)出版之應用於綠建築設計之臺灣原生植物圖鑑，整理國道適生之原生植栽建議如表8.2.6-1~8.2.6-3與圖8.2.6-1，並將目前國道上已有栽植之物種加以標註，後續將持續收集現有苗商供應之苗木資訊，提供各工務段苗木來源選擇之參考。

表 8.2.6-1 國道沿線喬木/小喬木植栽建議

國道 栽植	中文名	科名	北 區	中 區	南 區	生態 綠化	國道沿線景觀樹	服務區植栽
	筆筒樹	杪欏科	●					樹姿優美、耐濕
	樟葉槭	槭樹科		●			耐瘠、抗風	耐瘠、抗風、觀果
	青楓	槭樹科	●	●			耐旱、耐瘠	耐瘠、抗風、觀果
	水冬瓜	獼猴桃科	●			林下		
★	黃連木	漆樹科		●	●		耐瘠、抗風、耐旱、樹姿優美	耐瘠、抗風、耐旱、樹姿優美
	羅氏鹽膚木	漆樹科	●	●	●	開闊	耐瘠、抗風、耐旱、落葉性	動物取食
	山漆	漆樹科	●				耐汗	蜜源、誘鳥
★	台東漆	漆樹科			●		耐汗、耐旱	耐汗、耐旱、樹姿優美
	糊櫟	冬青科	●			林下		
	裏白蔥木	五加科	●			開闊	耐濕、抗風	蜜源、誘鳥
	鵝掌柴	五加科	●	●		林下		
	山菜豆	紫葳科	●		●	林下		樹姿優美、觀果
★	破布子	紫草科			●	開闊	耐旱	耐旱、觀果、誘鳥、動物取食
	破布烏	紫草科		●		開闊		
	長花厚殼樹	紫草科	●					觀花、蜜源、動物取食
★	白水木	紫草科			●		耐旱、耐瘠	耐旱、耐瘠、樹姿優美
	呂宋英蓮	忍冬科	●			林下		觀花、觀果、蜜源
★	珊瑚樹	忍冬科	●		●	林下	耐旱、觀花、觀果	耐旱、觀花、觀果
	大丁黃	衛矛科	●					綠籬、誘鳥
	瓊崖海棠	藤黃科			●		耐旱、耐瘠、樹姿優美	耐旱、耐瘠、樹姿優美
★	欖仁	使君子科			●		耐旱、耐瘠、樹姿優美、具季節特色	耐旱、耐瘠、樹姿優美、具季節特色
	奧氏虎皮楠	虎皮楠科	●			林下		
★	軟毛柿	柿樹科	●			林下	抗風、耐陰	
	象牙柿	柿樹科			●		耐旱、綠籬	耐旱、綠籬、觀果
	山紅柿	柿樹科	●			林下	耐旱	
	毛柿	柿樹科			●		耐旱、樹姿優美	耐旱、樹姿優美、觀果
★	椴樹	胡頹子科	●				耐瘠、抗風	
★	杜英	杜英科	●	●		開闊	耐濕、樹姿優美、具季節特色	耐濕、樹姿優美、具季節特色
	猴歡喜	杜英科		●				樹姿優美、觀果
	西施花	杜鵑花科	●					綠籬、觀花、蜜源、誘鳥
★	茄苳	大戟科	●	●	●	開闊	抗風、樹姿優美、觀葉、觀果	抗風、樹姿優美、觀葉、觀果、蜜源、動物取食、具季節特色
	刺杜密	大戟科	●			開闊	耐濕、耐瘠	耐濕、耐瘠、蜜源、食草
★	土密樹	大戟科		●	●	開闊	耐瘠、抗風	耐瘠、抗風、具季節特色、蜜源、誘鳥
★	鐵色	大戟科			●			觀葉
	土沉香	大戟科			●		耐旱、耐鹽、耐濕、抗風	耐旱、耐鹽、耐濕、抗風、具季節特色
	菲律賓饅頭果	大戟科		●		開闊	耐旱、耐瘠	
	細葉饅頭果	大戟科	●			林下	抗風、耐濕、耐旱	抗風、耐濕、耐旱、蜜源、動物取食
	錫蘭饅頭果	大戟科			●	林下	抗風、耐濕、耐旱	抗風、耐濕、耐旱、蜜源、動物取食
	血桐	大戟科		●	●	開闊		
	野桐	大戟科		●	●	開闊		

營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫

國道栽植	中文名	科名	北區	中區	南區	生態綠化	國道沿線景觀樹	服務區植栽
	白匏子	大戟科	●	●	●	開闊		
	粗糠柴	大戟科	●	●		林下		
	蟲屎	大戟科			●	開闊		
★	相思樹	豆科		●	●	開闊	耐瘠、抗風、耐汗	
	領垂豆	豆科	●			開闊		
★	刺桐	豆科			●			耐濕、耐瘠、抗風、耐濕、觀花、具季節特色
★	青剛櫟	殼斗科	●			開闊	耐旱、耐瘠、觀葉、樹姿優美	耐旱、耐瘠、觀葉、樹姿優美、蜜源、動物取食
	三斗石櫟	殼斗科	●			開闊	耐旱、耐瘠、觀葉、樹姿優美	
	細葉蚊母樹	金縷梅科	●					稀有物種復育、樹姿優美
★	楓香	金縷梅科		●				觀葉、觀果、具季節特色
	蓮葉桐	蓮葉桐科			●			觀葉
★	樟	樟科	●	●	●	開闊	耐瘠、耐旱	耐瘠、耐旱、誘鳥
	土肉桂	樟科	●					稀有植物復育、觀葉
	厚殼桂	樟科	●				耐旱、樹姿優美	耐旱、樹姿優美
	香葉樹	樟科			●			樹姿優美、觀果
	大葉釣樟	樟科	●	●			耐瘠、觀花	耐瘠、觀花、蜜源、蜜源
	長葉木薑子	樟科	●	●		林下		觀葉、觀花
	小梗木薑子	樟科	●	●	●	林下	耐瘠、樹姿優美	耐瘠、樹姿優美、動物取食
★	大葉楠	樟科	●	●		林下	耐濕、樹姿優美、具季節特色	耐濕、樹姿優美、具季節特色、動物取食
★	紅楠	樟科	●			林下	耐瘠、抗風、具季節特色	耐瘠、抗風、具季節特色、動物取食
★	香楠	樟科		●	●	林下	耐瘠、耐旱、耐陰	耐瘠、耐旱、耐陰、動物取食
	穗花棋盤腳	玉蕊科			●			稀有植物復育、觀花
★	九芎	千屈菜科	●		●	開闊	耐瘠、耐旱、耐汗、抗風	耐瘠、耐旱、耐汗、抗風、蜜源、動物取食
★	烏心石	木蘭科	●	●			耐瘠、耐陰、樹姿優美	耐瘠、耐陰、樹姿優美、蜜源
★	山芙蓉	錦葵科			●	開闊	耐瘠、耐旱、觀花	耐瘠、耐旱、觀花、具季節特色、蜜源
★	黃槿	錦葵科		●	●		耐瘠、抗風、耐旱、耐濕、觀花	耐瘠、抗風、耐旱、耐濕、觀花、蜜源
	紅柴	楝科			●	林下		
★	棟	楝科	●	●	●	開闊	抗風、耐濕、耐汗、具季節特色	抗風、耐濕、耐汗、具季節特色、蜜源、誘鳥
	構樹	桑科		●		開闊		
	菲律賓榕	桑科	●	●		林下		
	牛乳榕	桑科	●	●		開闊	抗風、耐汗	
	水同木	桑科	●	●		林下		
	澀葉榕	桑科	●	●		林下	耐濕	
★	榕	桑科		●			耐濕、抗風、耐旱、綠籬	耐濕、抗風、耐旱、綠籬
	九丁榕	桑科	●			林下		耐汗、綠籬
★	稜果榕	桑科	●	●	●	林下	耐濕、耐陰、樹姿優美、觀葉	耐濕、耐陰、樹姿優美、觀葉、觀果
★	雀榕	桑科	●	●		開闊	耐濕、抗風、耐汗	耐濕、抗風、耐汗、觀葉
	小葉桑	桑科	●	●	●	開闊	抗風、耐旱、季節變化、觀果	抗風、耐旱、季節變化、觀果、誘鳥
	楊梅	楊梅科	●				耐濕、樹姿優美	耐濕、樹姿優美、觀果、誘鳥
	樹杞	紫金牛科	●	●		林下	耐濕、耐瘠、抗風	
	大明橘	紫金牛科	●			林下	抗風、耐瘠	
	桃金娘	桃金娘科	●					綠籬、觀花、觀果、蜜源、誘鳥
★	小葉赤楠	桃金娘科	●	●	●		抗風、耐旱、樹姿優美、觀花	抗風、耐旱、樹姿優美、觀花
★	臺灣赤楠	桃金娘科	●	●	●		抗風、耐旱、樹姿優美、觀花	抗風、耐旱、樹姿優美、觀花

營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫

國道栽植	中文名	科名	北區	中區	南區	生態綠化	國道沿線景觀樹	服務區植栽
★	流蘇樹	木犀科	●					稀有物種復育、耐瘠、抗風、觀花、蜜源、誘鳥
★	白雞油	木犀科	●	●	●	開闊	耐瘠、耐旱、樹姿優美	耐瘠、耐旱、樹姿優美、蜜源
	山柚	山柚科			●	林下		抗風、觀果、誘鳥
★	臺灣海桐	海桐科	●		●	開闊	耐瘠、耐旱、綠籬、觀葉、觀果	耐瘠、耐旱、綠籬、觀葉、觀果、蜜源、誘鳥、動物取食
	紅葉樹	山龍眼科	●			林下		抗風、觀葉、觀花
	臺灣石楠	薔薇科	●				耐旱、樹姿優美	
★	山櫻花	薔薇科	●					樹姿優美、觀葉、觀花
★	厚葉石斑木	薔薇科	●		●		耐濕、耐旱、抗風、綠籬、觀花	耐濕、耐旱、抗風、綠籬、觀花、蜜源、誘鳥
★	山黃梔	茜草科	●	●	●		耐濕、樹姿優美、觀花	耐濕、樹姿優美、觀花、蜜源
	茜草樹	茜草科	●			開闊		
	狗骨仔	茜草科		●		開闊	耐濕、耐瘠、抗風	耐濕、耐瘠、抗風、蜜源
	水金京	茜草科	●			開闊		耐濕、蜜源、食草
	水錦樹	茜草科			●	開闊		耐濕、蜜源、食草、誘鳥
	降真香	芸香科	●			開闊		稀有植物復育
	山川葉	芸香科			●	開闊		耐瘠、抗風、食草、蜜源、誘鳥
	食茱萸	芸香科	●			開闊		樹姿優美、觀花、觀果、蜜源、誘鳥
★	水柳	楊柳科		●	●	開闊	耐濕、抗風、樹姿優美	耐濕、抗風、樹姿優美、蜜源
★	臺灣欒樹	無患子科	●	●	●	開闊	耐瘠、耐旱、觀花、觀葉、觀果、具季節特色	耐瘠、耐旱、觀花、觀葉、觀果、具季節特色
★	無患子	無患子科			●	開闊	耐瘠、耐旱、觀果、具季節特色	耐瘠、耐旱、觀果、具季節特色
	山欖	山欖科	●		●	開闊	耐瘠、耐旱、樹姿優美、觀葉、觀花、觀果	耐瘠、耐旱、樹姿優美、觀葉、觀花、觀果
	小花鼠刺	虎耳草科	●			林下		耐濕、耐陰、蜜源
	山香圓	省沽油科	●	●		林下		耐濕、觀葉、蜜源、誘鳥
	銀葉樹	梧桐科			●		抗風、耐濕	抗風、耐濕、蜜源、誘鳥
	克蘭樹	梧桐科			●			耐瘠、抗風、蜜源、蜜源
	烏皮九芎	安息香科	●	●		林下		耐瘠、耐旱、蜜源、動物取食
	紅皮	安息香科	●	●		林下		蜜源、動物取食
	山羊耳	灰木科	●			林下	耐濕、耐瘠	耐濕、耐瘠、蜜源
★	大頭茶	茶科	●			林下	抗風、耐旱、樹姿優美、觀花	抗風、耐旱、樹姿優美、觀花、蜜源
	糙葉樹	榆科	●			開闊	耐旱、耐瘠	
	臺灣朴樹	榆科		●		開闊	耐濕、耐陰、抗風、具季節特色	耐濕、耐陰、抗風、具季節特色、動物取食
	朴樹	榆科	●	●		開闊	耐濕、耐陰、抗風、具季節特色	耐濕、耐陰、抗風、具季節特色、動物取食
	山黃麻	榆科	●	●	●	開闊		
	榔榆	榆科	●			開闊	耐濕、耐汗、樹姿優美	耐濕、耐汗、樹姿優美、觀葉、觀果
★	檉	榆科	●		●		耐瘠、耐旱、樹姿優美	耐瘠、耐旱、樹姿優美
	長梗紫麻	蕁麻科	●	●		林下		耐濕、蜜源
	臭黃荊	馬鞭草科	●			林下		耐濕、抗風、食草、蜜源
	黃荊	馬鞭草科		●		開闊	耐瘠、抗風、耐旱	耐瘠、抗風、耐旱、蜜源

表 8.2.6-2 國道沿線灌木植栽建議

國道 栽植	中文名	科名	北 區	中 區	南 區	生態 綠化	隔音 牆	國道沿線景觀灌叢	服務區植栽
	燈稱花	冬青科	●			林下		耐瘠	耐瘠、耐修剪
	刺蔥	五加科	●			開闊		耐旱	
	蓮草	五加科	●			開闊			
	臺灣黃楊	黃楊科	●						綠籬
	冇骨消	忍冬科	●	●		開闊			觀花、觀果、食草、蜜源
	烏來杜鵑	杜鵑花科	●						稀有物種復育
	金毛杜鵑	杜鵑花科	●	●					耐瘠、綠籬、觀花、觀葉、蜜源
	白飯樹	大戟科		●	●	開闊		耐瘠、抗風、耐濕	耐瘠、抗風、耐濕、樹姿優美
	多花油柑	大戟科		●		開闊			
★	草海桐	草海桐科	●		●			耐瘠、抗風、耐濕、耐汗	耐瘠、抗風、耐濕、耐汗、蜜源
	野牡丹	野牡丹科					●	耐濕、耐旱、觀葉、觀花	耐濕、耐旱、觀葉、觀花、耐修剪、蜜源、動物取食
★	越橘葉蔓榕	桑科							耐濕、耐旱、耐汗、綠籬
	臺灣山桂花	紫金牛科	●	●		林下		耐濕、耐陰、綠籬	耐濕、耐陰、綠籬、觀花、動物取食、耐修剪
	腺果藤	紫茉莉科			●				抗風、耐濕、蜜源
★	日本女貞	木犀科	●					耐旱、綠籬、觀花	耐旱、綠籬、觀花、耐修剪
	山露兜	露兜樹科	●		●				觀葉、觀果、動物取食
	台東火刺木	薔薇科			●				樹姿優美、觀葉、觀花、觀果、誘鳥、動物取食
	圓葉雞屎樹	茜草科	●			林下			
	玉葉金花	茜草科	●			開闊			綠籬、觀花、蜜源
	九節木	茜草科	●	●		林下			
	石荳舅	芸香科		●		開闊			耐瘠、抗風、蜜源、食草
★	月橘	芸香科		●	●	開闊		耐瘠、耐旱、綠籬、觀花	耐瘠、耐旱、綠籬、觀花、蜜源
	止宮樹	無患子科			●				稀有物種復育
★	車桑子	無患子科		●			●	耐瘠、耐旱、綠籬、觀葉、觀果	耐瘠、耐旱、綠籬、觀葉、觀果、蜜源
	大葉溲疏	虎耳草科		●		開闊			抗風、觀花、蜜源
	華八仙	虎耳草科	●	●		林下			耐濕、抗風、觀花、蜜源
	野鴉椿	省沽油科	●			林下			耐濕、耐瘠、抗風、蜜源
	灰木	灰木科		●		開闊		耐旱、耐陰、樹姿優美、觀花	耐旱、耐陰、樹姿優美、觀花、觀果、誘鳥
	密花芋麻	蕁麻科	●	●		開闊		耐瘠、耐旱、觀花	耐瘠、耐旱、觀花、蜜源
	水麻	蕁麻科	●	●		開闊			
★	杜虹花	馬鞭草科	●	●	●	開闊		耐瘠、耐旱、綠籬、觀花、觀果	耐瘠、耐旱、綠籬、觀花、觀果、蜜源、動物取食
	大青	馬鞭草科		●		林下			耐瘠、耐旱、食草、蜜源
	苦林盤	馬鞭草科			●			耐瘠、耐旱、樹姿優美	耐瘠、耐旱、樹姿優美、觀花
	龍船花	馬鞭草科		●		林下			觀花、蜜源
	海埔姜	馬鞭草科			●	開闊			
	山棕	棕櫚科		●		林下			耐濕、耐陰、蜜源、動物取食
	臺灣海棗	棕櫚科		●		開闊			耐旱、蜜源、動物取食

表 8.2.6-3 國道沿線草本/藤本植栽建議

國道 栽植	中文名	科名	北 區	中 區	南 區	生態 綠化	隔音 牆	國道沿線景觀草地/地被	服務區植栽
	烏毛蕨	烏毛蕨科	●			林下			
	芒萁	裏白科	●			開闊		耐旱、耐瘠	
	腎蕨	蓀蕨科	●			開闊		耐旱、耐瘠	地被複層、耐旱、耐瘠
	鱗蓋鳳尾蕨	鳳尾蕨科	●			開闊		耐旱、耐瘠	
	大安水蓴衣	爵床科		●					稀有植物復育、觀花
	哈啞花	爵床科	●						觀花性地被
	酸藤	夾竹桃科	●			林下			
	細梗絡石	夾竹桃科	●	●	●	林下			
	三葉五加	五加科	●		●	林下	●		
	瓜葉馬兜鈴	馬兜鈴科	●						稀有物種復育、食草
	武靴藤	蘿藦科			●				食草
	毬蘭	蘿藦科	●						耐旱、觀花
	大頭艾納香	菊科		●		林下			
	臺灣澤蘭	菊科		●		開闊		耐瘠、抗風、耐旱	耐瘠、抗風、耐旱、食草
	忍冬	忍冬科	●			開闊	●	抗風	抗風、觀花、蜜源
	菁芳草	石竹科	●			開闊			地被複層、耐濕
	馬鞍藤	旋花科			●	開闊	●	耐旱、耐瘠、觀花	耐旱、耐瘠、觀花
	菊花木	豆科	●	●	●	林下	●		
	肥豬豆	豆科			●	開闊			耐瘠、觀花
	濱刀豆	豆科			●	開闊			耐瘠、觀花
	濱豇豆	豆科			●	開闊			耐瘠、觀花
	猿尾藤	黃耆花科	●	●	●	林下	●		抗風、耐旱、綠籬、蜜源
★	薛荔	桑科					●	耐濕、耐旱、耐汗、綠籬、隔音牆	耐濕、耐旱、耐汗、綠籬
	珍珠蓮	桑科	●			林下	●	耐濕、耐旱、耐汗、綠籬、隔音牆	耐濕、耐旱、耐汗、綠籬
	盤龍木	桑科	●	●	●	林下			
	山素英	木犀科			●				耐旱、耐瘠、觀葉、觀花、蜜源
	水丁香	柳葉菜科		●					耐濕、蜜源
	風藤	胡椒科	●		●	林下			
	火炭母草	蓼科	●			林下			耐濕、觀花
	串鼻龍	毛茛科	●	●	●	開闊			攀緣性綠籬、觀花
	青苧麻	蕁麻科		●		開闊			觀葉、綠籬、食草
	廣東山葡萄	葡萄科		●		林下			
	臺灣崖爬藤	葡萄科	●			林下			
	柚葉藤	天南星科	●	●	●	林下			
	船子草	仙茅科	●			開闊			觀葉
	桔梗蘭	百合科	●			林下			觀花、觀果
	臺灣百合	百合科	●	●					觀花、蜜源
	臺灣油點草	百合科	●						觀花
	臺灣白及	蘭科		●					觀花
	綬草	蘭科			●				草坪、觀花
	臺灣蘆竹	禾本科		●		開闊			
	白茅	禾本科	●	●	●	開闊		耐濕、耐汗	耐濕、耐汗、草坪

國道栽植	中文名	科名	北區	中區	南區	生態綠化	隔音牆	國道沿線景觀草地/地被	服務區植栽
	五節芒	禾本科	●	●		開闊			
	開卡蘆	禾本科	●			開闊			
	甜根子草	禾本科			●	開闊			
	山月桃	薑科	●		●	林下			觀葉、觀果、誘鳥
	烏來月桃	薑科	●						觀葉、觀花、觀果、蜜源、誘鳥
	月桃	薑科	●			林下	耐濕、耐汙、觀葉、觀花、觀果		觀葉、觀花、觀果、蜜源、誘鳥



圖 8.2.6-1 本計畫建議之部分原生植物照片

本研究計畫建議之生態綠化材料以大苗(胸徑約6-10公分;H=150公分)為主，具體規格因樹種、用途而異，一般喬木大約以主徑6-10公分之苗木稱之，大苗種植沒有小苗(胸徑5公分以下)之脆弱，也沒有大樹移植之繁瑣，且定植方便，根系發展完整，具地錨之作用，且固著力強。

表 8.2.6-4 取得喬木之胸徑與容器平均值

喬木尺寸	小苗	大苗
胸徑	5 公分以下	6-10 公分
容器直徑	45 公分	60 公分
容器深度	40 公分 x 70 公分	50 公分 x 90 公分

生態綠化植栽配置應以混合且複層手法進行，其優點如下：

(1) 滯塵效果：

高速公路空氣污染源主要來自高流量的車輛，張育森(1997)研究認為一排喬木的滯塵效果相對不明顯，需三排以上喬木形成較緻密的下層空間才有較明顯的滯留落塵效果。

(2) 景觀層次：

植物大小相同，表現其一致性，但顯得單調；若高度上有些變化，會使整體組合具層次感，高速公路可利用不同原生植栽的物候特性，例如花期搭配，增加觀賞價值。

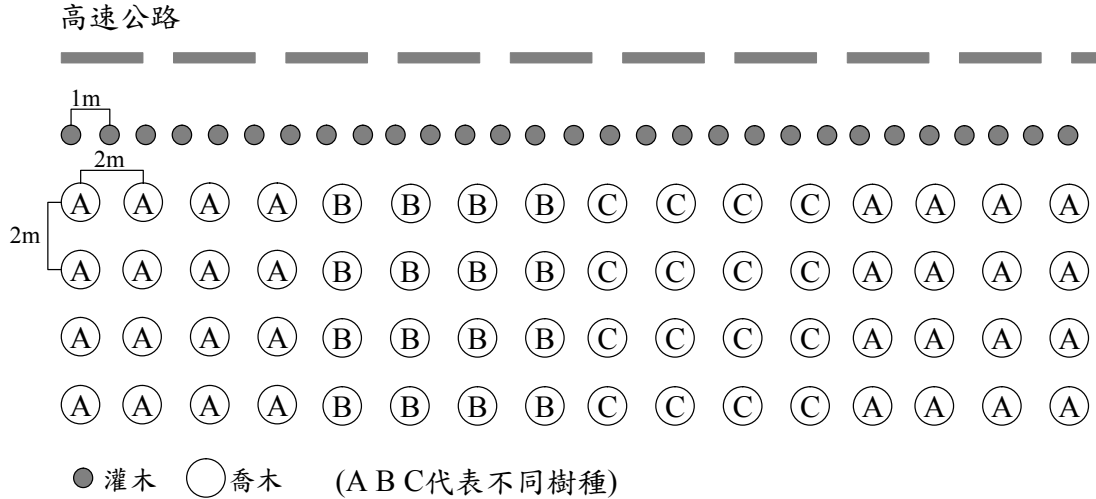
(3) 模擬原始結構：

臺灣低海拔原始森林為多層結構，故仿效自然分布情形即建議使用複層方式種植，可增加棲地多樣性。

本研究計畫仿效植被自然生長情形及參考高速公路早期生態綠化成功案例(以國道1號幼獅-楊梅、國道8號新市段生態綠化為例)，將喬木配置分為兩類，其示意如下，

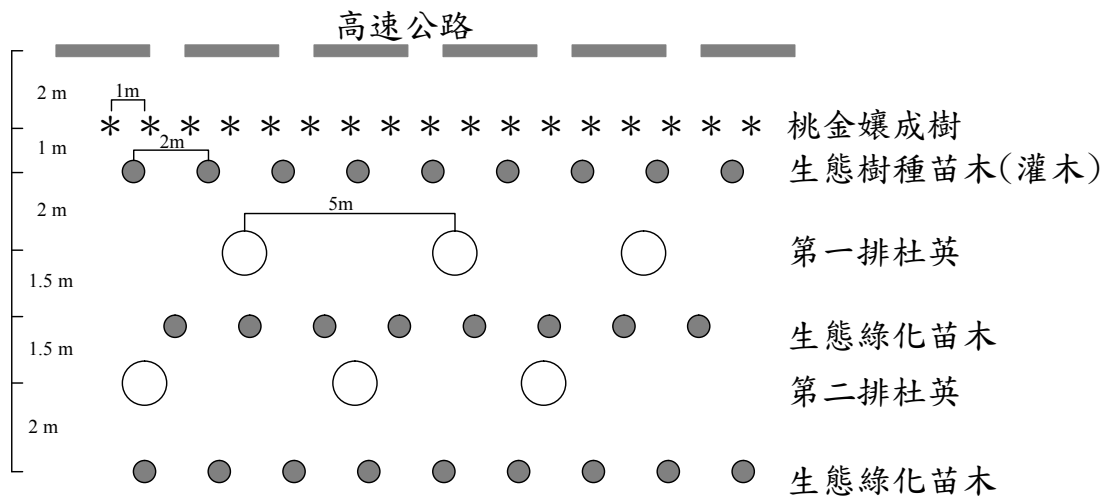
(1) 每一種小塊狀栽植：

例如每4x4或5x5棵為一小區，相鄰的小區不要同一種，亦可採用分排混種，灌木則以樹種間循環方式配置。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.2.6-2 小塊狀栽植示意

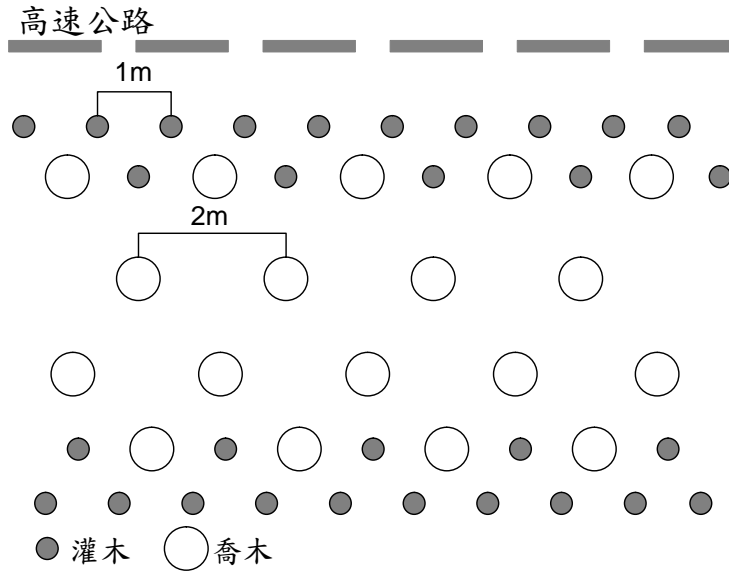


註：幼獅-楊梅生態綠化之細節：

灌木栽植桃金娘與山黃梔，苗高 1-1.2m，枝葉冠幅 30-40 公分，株行距 1x1 公尺。生態樹種苗木包括白匏子、野桐、江某、大葉楠、杜英、烏心石、臺灣朴樹、青剛櫟、樹杞、大頭茶、鼠刺、海桐、燈稱花、柃木、山黃梔、領垂豆等 17 種，苗高 50-60 公分，均勻混植。另喬木栽植杜英，採苗高 2.5 公尺，葉冠幅 1-1.2 公尺，胸高直徑 7 公分及苗高 3 公尺，葉冠幅 1.2-1.5 公尺，胸高直徑 10 公分兩種，株行距 5x3 公尺。

資料來源：本計畫重繪

圖 8.2.6-3 以幼獅-楊梅生態綠化配置為例

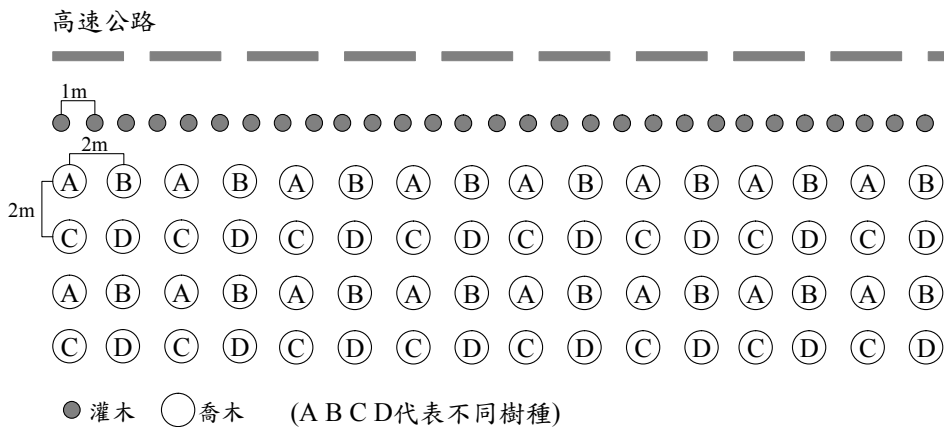


註：國道 8 號新市段生態綠化之細節
 喬木 H=1.5 公尺，灌木 H=0.6 公尺，容器苗
 密植 30 公分高的速生小苗，喬木層(破布子、黃連木、杜虹花)，灌木層臺灣海桐(鬱密性高)
 資料來源：本計畫重繪

圖 8.2.6-4 以國 8 新市段生態綠化配置為例

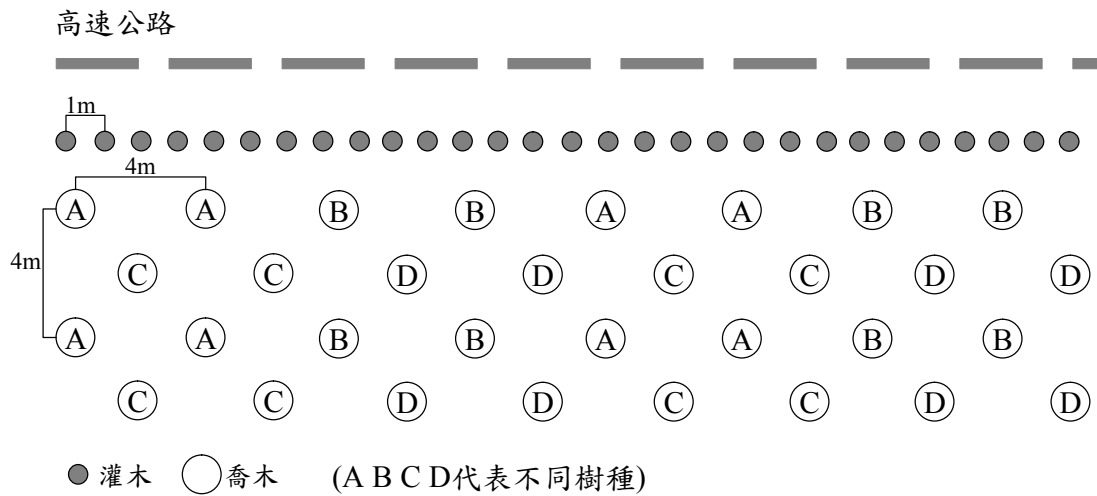
(2) 單株混植之方式：

間植可天然更新的原生樹種，第一階段以先驅樹種為主，待植株鬱密後，進行第二階段栽植，第二階段可以中性或陰性樹種為主。若周圍種源豐富，為讓周圍種源能拓殖進來，建議苗木間距拉大為距離 2 公尺或是每 2 個型框格種一株。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.2.6-5 單株混植示意圖 A



資料來源：本計畫繪製

圖 8.2.6-6 單株混植示意圖 B

生態綠化植生方式可採單次植生與多次植生兩種，單次植生即在生態綠化初期種植適生草種搭配向陽(或先驅)樹種大苗，之後任其周遭種源進入與本身種子庫更新自然演替，此方法適用於鄰近種源豐富地區(如大面積森林周圍)，其優點在於待向陽(或先驅)樹種成林後，即可減少維管成本。多次植生即在生態綠化初期種植適生草種，並搭配向陽樹種大苗，至大苗成林後(可能3-5年或以上)，林下進行二次或三次植生，植栽選擇以演替中後期耐陰性樹種大苗3種以上混植為主，加速演替的進行。

生態綠化維管建議方面，初期養護時間建議至少1年以上，枯亡苗木應進行補植。澆灌頻度於乾季期間視天候狀況與植物生長情形而定，建議1個月至少澆水4次以上，濕季則可應情況減少或暫緩澆水。維護管理則除鄰近高速公路路肩1.5公尺範圍內邊坡，除栽植花木外需割除所有草類，其餘邊坡在無安全顧慮下，並無疏伐之必要性，且應減少生態綠化區域之干擾，任其自然演替。有其安全考量下(如影響道路及橋梁結構等)，則以適當修剪為優先，其次才為適當移除。

8.2.7 泥岩或貧瘠邊坡生態綠化

泥岩 (mudstone) 惡地在國道方面主要分布於國道3號關廟至九

如一帶，理化性質特殊，pH值高，粉粒含量多，鹽分含量高。乾燥時土壤會變的很堅硬，且表面容易龜裂，降雨時表層軟化呈泥漿狀態，容易流失。在乾濕之交互變化及雨水沖蝕下，泥岩表層易呈片狀脫落流失，容易形成寸草不生之裸露地形。本研究參考各泥岩邊坡崩塌裸露地之植生復育方法案例及本計畫路權外植物資源關廟、燕巢與田寮等三點位調查資料，初步建立泥岩邊坡植生復育之作業流程，作為泥岩植生復育之參考。本研究研擬惡地與貧瘠邊坡復育作業流程如圖8.2.7-1。

泥岩地區植生復育難易程度若依平均坡度來劃分可概分為三類：(1)平均坡度小於30%之緩坡地-植物自然拓殖容易，無需特別養護，除非人為干擾，不易有水土流失問題發生。(2)平均坡度為30%~60%之坡地-裸露初期可藉人工導入植生達到坡面綠化效果，植物自然拓殖緩慢，旱季需適當的養護並注意坡面排水之設計。(3)平均坡度大於60%之陡坡地-旱季坡面極易乾燥，植物難以拓植生長，若在此陡坡面強行植生復育工作，需投入相當大的養護費用。

楊明燕(2004)建議人工整坡坡面綠化植生工程可採用植生袋鋪植、肥束網袋鋪植、鋪網噴植、廢輪胎護坡植草、土壤袋植生、草皮鋪植、打樁編柵、草苗栽植、擋土柵配合截留束法及直接林木栽植等。林信輝(2000)曾於國3關廟至九如段及國3中寮隧道進行邊坡植生調查，調查到的植生工法有肥束網帶鋪植、肥束網帶+噴植、種子噴植法、菱形鋼網固定框法、格梁框配合草袋法、草木苗栽植法、鋪網噴植法、肥束網帶+地錨、坡腳箱籠等，整理部份工法成效優劣比較於表8.2.7-1。

在客土方面，無論是土壤有機質、全氮、有效磷及可交換性鉀等，均是以泥炭苔的改良效果最佳，腐質酸次之，顯示腐質物質極適合針對肥力缺乏的泥岩土壤進行改良。在噴植土壤厚度方面，雖然泥岩土壤的肥力極為缺乏，但在噴植厚度過大的情況下，卻會降低土壤的淋洗作用而影響到泥岩鹽鹼土性質的改良，所以建議用客土搭配二次植生方式，且初期噴植之土壤厚度不宜大於3公分。

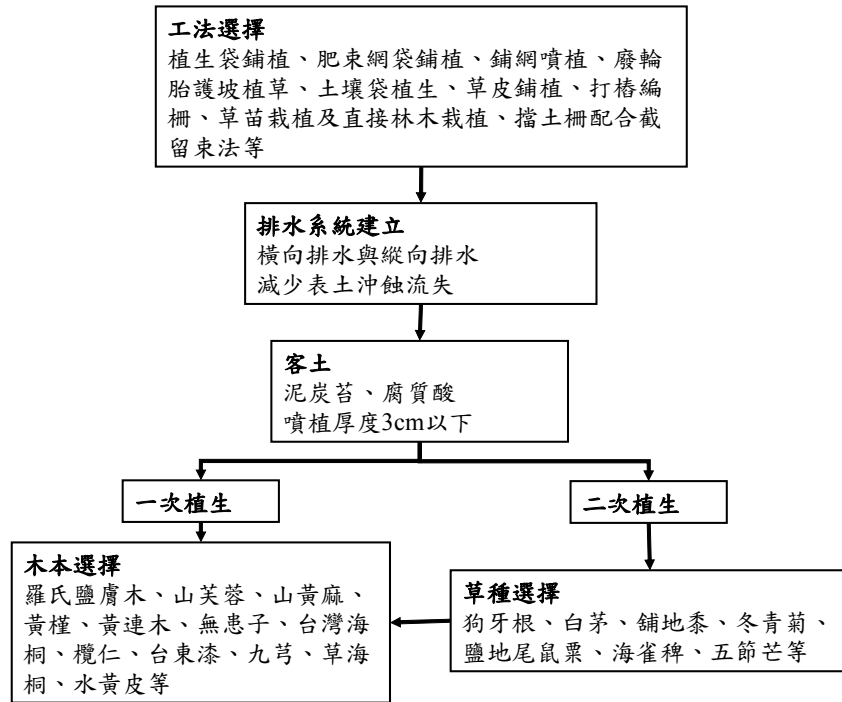


圖 8.2.7-1 惡地與貧瘠邊坡復育作業流程

表 8.2.7-1 植生工法成效評估

成效	佳	差
植生覆蓋度	植生帶法、擋土柵配合截留束法	肥束網帶法
更新演替	擋土柵配合截留束法	肥束網帶法
土壤保水力	擋土柵配合截留束法	
土壤硬度改良	肥束網帶法	土柵配合截留束法

資料來源：本計畫整理自郭張權(1997)。

泥岩裸露邊坡地被復育植物之篩選條件為耐鹽、耐旱、採種或繁殖方便之匍匐性禾本科植物及菊科植物，耐鹽、耐旱方能生存於泥岩邊坡，匍匐性才能網結表土，減低土壤流失，草本植物植株高度低，亦不會防礙木本植物入侵生長，例如狗牙根、白茅、鹽地尾鼠粟、海雀稗、五節芒。

待地表植被建立，土壤充分淋洗一段時間之後，再導入灌叢及木本植物，應可增加植生的成功率。依本研究調查結果，鄰近自生之植被與耐鹽耐旱植物例如羅氏鹽膚木、山芙蓉、山黃麻、黃槿、臺灣海桐、欖仁、台東漆、九芎、草海桐、水黃皮等，本計畫整理路權外植

物資源關廟段、田寮段與燕巢段調查結果並參考泥火山地形植群等相關研究結果，建議於適生泥岩或貧瘠邊坡原生植物如下表8.3.8-2所述：

表 8.2.7-2 泥岩或貧瘠邊坡適生原生植物

位置	形態	物種建議
泥岩及貧瘠邊坡	喬木	相思樹、山芙蓉、羅氏鹽膚木、菲律賓饅頭果、九芎、牛乳榕、青剛櫟、青楊梅、臺灣海桐、朴樹、檫、烏皮九芎、黃槿、台東漆、土沉香、銀葉樹、草海桐、蓮葉桐、止宮樹、山欖、山漆、珊瑚樹、軟毛柿、裏白饅頭果、樹杞
	小喬木 灌木	金午時花、通草、白飯樹、小葉桑、杜虹花、番仔林投、玉葉金花、紅仔珠、野棉花、苦藍盤、珠砂根、月橘、烏柑仔、黃荊
	草本 藤本	海金沙、密毛小毛蕨、狗牙根、白茅、鋪地黍、冬青菊、鹽地尾鼠粟、海雀稗、五節芒、山素英、馬鞍藤、濱豇豆、濱刀豆、肥豬豆

資料來源：本計畫整理。

8.2.8 後續監測

監測結果將有助於瞭解施作成效，以及經營管理與棲地復育成效的評估，以追蹤掌握國道沿線邊坡的現況與變化趨勢，同時可提供規劃及執行案例時檢查及評估之參考，可作為高公局總局經營管理依據。

本計畫藉由植物演替角度，整理出5項復育成效監測評估指標，分別探討空間(木本植物覆蓋情形、植物社會層次)、組成(優勢原生種比例、侵略植物入侵情形)與自然更新之能力(木本小苗更新情形)，作為後續研究參考，整理如表8.2.8-1，說明如下：

(1) 木本植物覆蓋情形：

一般認為木本植物生長所需時間較草本長，木本植物生長茂密之地區常被認為處於演替較後期之階段，植生狀況良好。

(2) 植物社會層次：

層次愈多愈趨向天然林，而複雜的立體層次結構，亦可減緩雨水對邊坡表土的直接沖蝕。

(3) 優勢原生種比例：

干擾頻度較高之地區，原生植物比例愈低。

(4) 侵略植物入侵情形：

侵略植物之存在將阻礙其他植物生長拓殖空間，可能造成演替遲滯，侵略植物部份摘錄於表8.2.8-2。

(5) 木本小苗更新情形：

木本植物通常以小苗庫的更新方式，等待森林孔隙產生，建立其優勢族群。小苗愈多代表環境中植被自然更新能力較佳。

外來入侵種的生態特性為傳播與適應環境能力強，在競爭上具有很強的優勢，對原生種造成極大的威脅，然清除外來種與外來入侵種並非短期可見成效，需長時間持續性的防治，故應進行長期監測，以提供後續清除行動的檢討評估依據。

表 8.2.8-1 復育成效監測指標項目

監測項目	選定原因說明
木本植物覆蓋情形	係指喬木及灌木覆蓋情形。一般認為木本植物生長所需時間較草本長，木本植物生長茂密之地區常被認為處於演替較後期之階段，植生狀況良好。故選定木本植物覆蓋度為評估因子，評估地點演替狀態。
植物社會層次	植物社會層次為植物社會結構分層之狀況，分為第一喬木層(植株>4公尺之喬木)、第二喬木層(植株<4公尺且為DBH>1公分之喬木)、灌木層(植株<4公尺之灌木)以及草本層，此因子不考慮各層次植物覆蓋度，只要有植物存在則算為一層，層次愈多愈趨向天然林之層次。
優勢原生種比例	一般而言，干擾頻度較高之地區，原生植物比例愈低。因此組成綠廊的主要物種中，原生種所佔之比例愈低，表示環境受干擾可能較高。
侵略植物入侵情形	張芷熒(2007)研究臺灣地區 62 種歸化植物，以歸化植物之植物生長優勢度(summed dominance ratio)評估其侵略情形，建議出 25 種臺灣目前的侵略植物(即表 9.2.7-2：1-25)，凡出現於試區調查內，對整體演替是具有相當威脅性。在植生演替過程中，侵略植物之存在將阻礙其他植物生長拓殖空間，可視為退化演替之因素。
木本小苗更新情形	小苗代表環境中植被自然更新之能力，若木本植物小苗生長情形不佳，則顯示物種可能較不易更新，可能造成演替停滯。

資料來源：本計畫整理。

表 8.2.8-2 臺灣地區 25 侵略植物列表

現況排名	物種	現況總分(%)
1	小花蔓澤蘭	218
2	非洲鳳仙花	216
3	大花咸豐草	213
4	銀膠菊	207
5	兩耳草	206
6	紫花霍香薊	205
7	刺莧	198
8	象草	195
9	阿拉伯婆婆納	195
10	牙買加長穗木	190
11	賽蜀豆	190
12	南美蟛蜞菊	190
13	野莧菜	189
14	珊瑚藤	189
15	翼莖闊苞菊	187
16	加拿大蓬	186
17	篔麻	185
18	大黍	184
19	地毯草	181
20	銀合歡	179
21	西洋蒲公英	178
22	大扁雀麥	177
23	頭花蓼	177
24	香澤蘭	175
25	豬草	174

資料來源：本計畫整理(摘至張芷熒, 2007)

第八章	合理化復育方法研擬.....	1
8.1	生態綠化成效評估探討.....	1
8.1.1	生態綠化介紹.....	1
8.1.2	生態綠化於國道之現況.....	3
8.1.3	生態綠化成效評估目的及方法研擬.....	12
8.1.4	綜合討論.....	20
8.2	國道沿線邊坡綠帶.....	23
8.2.1	沿線邊坡復育目標.....	23
8.2.2	沿線邊坡復育之作業流程.....	24
8.2.3	銀合歡議題探討.....	26
8.2.4	國道沿線四大外來入侵種防除標準作業程序.....	28
8.2.5	抑制外來種及外來入侵種.....	32
8.2.6	生態綠化方式與原生植栽建議.....	34
8.2.7	泥岩或貧瘠邊坡生態綠化.....	46
8.2.8	後續監測.....	49
圖 8.1.3-1	汐五高架橋下的生態綠化.....	13
圖 8.1.3-2	林口交流道的綠化情形.....	14
圖 8.1.3-3	國道 1 號 78k+500 東側邊坡生態綠化試驗區的植被.....	16
圖 8.1.4-1	Miyawaki生態造林法流程.....	22
圖 8.1.4-2	大甲工務段苗圃現況.....	23
圖 8.2.2-1	沿線邊坡復育之作業流程.....	25
圖 8.2.5-1	臺灣產菟絲子屬簡介及防除方式比較.....	34
圖 8.2.6-1	本計畫建議之部分原生植物照片.....	42
圖 8.2.6-2	小塊狀栽植示意.....	44
圖 8.2.6-3	以幼獅-楊梅生態綠化配置為例.....	44
圖 8.2.6-4	以國 8 新市段生態綠化配置為例.....	45
圖 8.2.6-5	單株混植示意圖A.....	45
圖 8.2.6-6	單株混植示意圖B.....	46
圖 8.2.7-1	惡地與貧瘠邊坡復育作業流程.....	48
表 8.1.1-1	傳統景觀綠化與生態綠化之比較.....	2

表 8.1.1-2 各種植栽單位面積二氧化碳固定量Gi (kg/m ²)	3
表 8.1.2-1 國道生態綠化情形	4
表 8.1.3-1 汐五段生態綠化分區調查結果	13
表 8.1.3-2 國道 1 號 78k+500 東側邊坡試驗區歷次植物調查資料比較	18
表 8.2.4-1 四大外來入侵種主要花期與散播期	28
表 8.2.6-1 國道沿線喬木/小喬木植栽建議	37
表 8.2.6-2 國道沿線灌木植栽建議	40
表 8.2.6-3 國道沿線草本/藤本植栽建議	41
表 8.2.6-4 取得喬木之胸徑與容器平均值	43
表 8.2.7-1 植生工法成效評估	48
表 8.2.7-2 泥岩或貧瘠邊坡適生原生植物	49
表 8.2.8-1 復育成效監測指標項目	50
表 8.2.8-2 臺灣地區 25 侵略植物列表	51