

育林

實務手冊

育林實務手冊

行政院農業委員會林務局



行政院農業委員會林務局



國立嘉義大學



ISBN:9789860259704



9 789860 259704



目錄



目錄

序 005

第一章 所轄地區分及森林生態系經營 7

第一節、事業區及所轄地面積.....	007
第二節、集水區劃分.....	010
第三節、經營分區.....	011
第四節、森林生態系經營.....	013

第二章 森林土壤 022

第一節、土壤簡介.....	022
第二節、台灣地區森林土壤分類.....	023
第三節、台灣各型土壤之分布及其特徵.....	024
第四節、台灣主要森林土壤分布概況.....	026

第三章 育苗技術 027

第一節、土壤之肥培及酸鹼之矯正.....	027
第二節、苗圃用肥料應具備條件和施肥要領.....	027
第三節、苗圃之施肥及施用量計算.....	028
第四節、各主要肥料之特性及應用之注意事項.....	028
第五節、育苗介質之選用.....	029
第六節、種子生產（母樹林、採種園）.....	030
第七節、採種規劃及處理（採種方法及儲藏發芽）.....	030
第八節、主要造林樹種種子調查表.....	032
第九節、選定苗圃之各種條件及注意事項.....	036
第十節、苗圃必須具備之特徵及條件.....	037
第十一節、苗圃之闢建及整地.....	039
第十二節、遮蔭棚架設及除草作業.....	039



第十三節、土壤及種子消毒.....	040
第十四節、容器苗之培育技術.....	042
第十五節、插條苗之培育技術.....	059
第十六節、嫁接苗之培育技術.....	064
第十七節、壓條苗之培育技術.....	067
第十八節、苗木養分缺乏之症狀.....	069
第十九節、優良苗木應具備性質條件.....	070
第二十節、苗圃之防寒與防風林帶建構.....	070
第二十一節、不同特性土壤改善法.....	071
第二十二節、組織培養技術與運用.....	074
第二十三節、生物技術應用.....	076
第二十四節、林木基因轉殖技術.....	078

第四章 育林作業 080

第一節、造林種源及主要造林樹種表.....	080
第二節、林地分等與適宜樹種.....	091
第三節、苗木出栽之程序.....	094
第四節、栽植株數.....	096
第五節、人工造林地之整治.....	097
第六節、天然更新林地之整治.....	098
第七節、除草及除蔓實行.....	099
第八節、人工造林技術栽植造林.....	101
第九節、人工造林技術一分生造林.....	105
第十節、人工造林技術一播種造林.....	106
第十一節、天然造林技術.....	107

第五章 林害防治 108

第一節、森林齧齒類動物危害.....	108
第二節、林木常見蟲害、特徵及防治法.....	111
第三節、林木病菌危害、病徵及防治法.....	118
第四節、森林火災.....	122

第六章 林地測量實務 129

第一節、準備規劃.....	129
第二節、外業.....	129
第三節、內業.....	131
第四節、樣區設置.....	136
第五節、樣區調查紀錄事項.....	136
第六節、樣區調查記錄注意事項.....	137
第七節、林木調查記錄.....	139
第八節、林木調查記錄注意事項.....	140
第九節、胸高直徑測定之注意事項.....	141
第十節、樹高測定之注意事項.....	142
第十一節、生長量測計.....	142
第十二節、樹幹解析與生物量測計.....	143
第十三節、材積計算.....	144
第十四節、樹高曲線式.....	146
第十五節、材積式.....	147
第十六節、林分材積計算.....	148
第十七節、徑分佈法處理時的步驟.....	149
第十八節、碳吸存量之推估.....	150
第十九節、生長曲線一般理論式之性質.....	151
第二十節、Schnute生長模式SAS程式.....	152

第七章 疏伐作業 153

第一節、疏伐作業之效益.....	153
第二節、鬱閉人工林各樹冠級林木之結構.....	153
第三節、疏伐與林木形質及量之關係.....	154
第四節、疏伐與未疏伐林分之幹形及單木材積之比較.....	155
第五節、疏伐與未疏伐林分單位面積幹材積之比較.....	156
第六節、林分生產目標與撫育作業法（育林體系）.....	156
第七節、需優先撫育之樹種.....	158
第八節、疏伐（間伐）之實施方法.....	158
第九節、疏伐實務.....	164
第十節、疏伐注意事項.....	170

第十一節、疏伐木之造材.....	171
第十二節、地面拖曳集運材方式.....	172
第十三節、架線集材系統.....	174
第十四節、林道網與林道密度.....	177
第十五節、修枝作業.....	182

第八章 多元育林體系 190

第一節、省產材林木碳匯.....	190
第二節、森林碳匯.....	194
第三節、海岸林更新與復育.....	195
第四節、紅樹林更新與復育.....	198
第五節、崩場地植生復育作業.....	203
第六節、平地造林技術.....	213
第七節、社區林業.....	216
第八節、綠色造林計畫.....	223

第九章 附表 231

第一節、森林法等各項法規.....	231
第二節、林木種子發芽促進一覽表.....	333
第三節、造林樹種之適宜pH值.....	335
第四節、苗木養分缺乏徵候.....	335
第五節、苗木營養診斷.....	336
第六節、苗圃之施肥及施用量計算.....	338
第七節、各主要肥料之特性及應用之注意事項.....	338
第八節、主要肥料不可混合使用一覽表.....	340
第九節、常用通用度量衡單位換算表.....	340
第十節、測樹主要材積單位換算表(包含木材).....	342
第十一節、各林區管理處工作站一覽表.....	343
第十二節、林務局及所屬林區管理處聯絡方式一覽表.....	345
第十三節、林業試驗所及附屬機構聯絡方式一覽表.....	345
第十四節、各大專院校森林系(科)及實驗林管理處聯絡方式一覽表..	346
第十五節、森林保育處所及附屬機構聯絡方式一覽表.....	346

各章分組負責人及編輯委員 347

局長 序

森林在大自然環境中扮演著涵養水源和調節空氣的重要角色，可說是地球的生命泉源。台灣四面環海、山高水急且土質鬆脆，一旦發生連續豪雨或久旱不雨，往往造成嚴重的洪氾或乾旱災害。因此，林務局為維護國土資源，減少災害，保障人民生命安全，將加強造林列為本局重點工作之一，本局經營國有林之人工林面積約29餘萬公頃，即是林業先進細心經營奠定的成果。

受全球氣候變遷及極端氣候影響，臺灣土地常受地震及豪大雨威脅，不斷崩塌及沖刷，嚴重時會影響人民生命財產安全，因此，國土復育及崩場地造林等工作更是刻不容緩，然育林是一種長期複雜過程，森林生態層面及各項環境因素對於林木之生長、健壯等具有密切影響。將自林木種子生產、育苗作業、林地樹種選擇、造林方法、撫育管理及病蟲害防治等各階段之造林工作，必須分別擬定因地、時制宜的詳細造林計畫。有鑑於此，特編撰「育林實務手冊」，作為林業相關人員現場執行之業務參考。

過去傳統的林業思維，大多將造林工作定位於山上，隨時代演變，平地造林儼然成為全球林業新趨勢，且自從921地震、88風災重創台灣後，造林工作更受到大眾的重視與參與；在此，期許本局同仁對於育林技術必須不斷精益求精，把造林工作視為己任，更是福蔭子孫的事業。

本育林手冊由國內各林業專家編輯與撰稿，內容力求簡潔、易於閱讀，並由國立嘉義大學校長兼森林暨自然資源學系教授李校長明仁彙編，期提供現場工作人員與各級學校教學參考。值此付梓之時，特書數語為序。

行政院農業委員會林務局

局長

顏仁德 謹誌

序

編輯序



近年來，林務局推動國有林生態造林、獎勵造林、崩塌地復育造林、海岸生態復育造林（含離島造林）及環境綠美化等各項造林綠化計畫，為配合區域環境特殊性及各種經營目標，使現場人員面臨造林、育苗、林產物、病蟲害等業務諸多複雜且多重之挑戰，故亟需收集林業相關專業資訊，並建立各項業務執行之參考準則，藉以輔導林業基層人員職務異動時，能在最短時間銜接業務及方便完成各項現場交付作業。



為配合目前推動業務多樣化，「育林實務手冊」之編撰乃以民國65年4月台灣省林務局編印出版之「育林手冊」為編修基礎，以目前林務局推動之造林、育苗、林產、病蟲害等業務需求為更新方向，邀請李桃生副局長、王明光教授、郭幸榮教授、王亞男處長、張東柱教授、馮豐隆教授、邱志明組長、王兆桓教授、簡慶德研究員等學者專家組成編輯委員會，研議撰寫範圍、內容、撰稿及審查委員之人選等，並經多次討論確定稿件內容及編排方式。

本手冊編寫之目的，係為提供林業現場執事人員或新進林業基層作業人員於執行業務時方便攜帶且易查閱之現場作業參考工具書，致在山地氣候及森林土壤等介紹性章節力求簡潔易讀，其他章節則以實務化及數字化為原則，理論性的闡述從簡，相關專有名詞以中華林學會1977年出版的「林學名詞」為依據，以求統一。



感謝所有編輯委員、分組負責人和審查委員之鼎力協助，以及林務局徐政競組長、李政賢簡任技正及何湘梅技士提供寶貴意見，各位的字字珠璣使得本手冊更臻完善；也要對參與本手冊編輯的各位成員們致上最高的謝意，由於你們的努力與毅力，這本手冊才能順利付梓。在此讓我們一同期盼，希望本手冊能成為林業工作者執行業務時的有利工具，攜手為台灣的造林、綠美化及國土復育工作共同努力！

國立嘉義大學校長 李明仁 謹識

2010/10

第1章

所轄地區分及森林生態系經營

第一節、事業區及所轄地面積

表1-1 臺灣本島三十七個事業區及接管地面積統計表

單位:公頃

林區管理處	事業區林班	面積
01羅東	01 文山 1~108	18,258.08
	03 大溪 44~66,88~107	15,266.00
	33 和平 1~92	55,709.70
	34 南澳 1~87	29,474.87
	35 太平山 1~119	36,606.39
	36 羅東 1~113	17,910.87
	37 宜蘭 1~85	14,120.09
計		187,346.00
02新竹	02 烏來 1-23、35-36、41-71、73	30,461.77
	03 大溪 1~45、56~73、75~147、152~176	52,250.68
	04 竹東 1~145	23,053.41
	05 南庄 1~20、22~24、26、29~68	9,613.77
	06 大湖 1~75	12,989.96
	07 大安溪 1~25、28~60	21,264.62
計		149,634.21
03東勢	07 大安溪 61~131	32,908.32
	08 八仙山 1~174	57,108.98
	09 大甲溪 1~85	48,708.33
計		138,725.63

表1-2 臺灣本島三十七個事業區及接管地面積統計表(續) 單位:公頃

林區管理處	事業區林班	面積
04南投	11 埔里 1~140	33,220.93
	10 濁水溪 1~41	51,275.25
	12 丹大 1~40	43,925.72
	13 巒大 1~212	68,495.69
	14 阿里山 61~129	16,919.25
計		213,836.84
05嘉義	14 阿里山 1~60,130~213	19,331.31
	15 玉山 1~89	49,416.00
	16 大埔 1~233	42,228.18
	17 玉井 1~108	22,425.51
	50 (對岳)28-1~31-3(9個)	5,708.00
計		68,747.31
06屏東	18 旗山 1~97	49,744.53
	19 荖濃溪 1~123	46,937.80
	20 屏東 1~31	32,454.31
	21 潮州 1~47	30,888.51
	22 恆春 1~63	19,917.23
	40 (岡山治水區)1~9	4,013.94
	50 (龍肚接管地)1~9	225.46
	50 (渡瀨接管地)1~12	372.30
	50 (南勝接管地)1(1個)	254.21

(98.12.03)

表1-3 臺灣本島三十七個事業區及接管地面積統計表(續) 單位:公頃

林區管理處	事 業 區 林 班	面 積
06屏東	70 (甲仙農地)1~7	5,411.75
	50 (隘寮治水區)1~25	4,073.54
	70 (潮州農場)1~5	2,171.04
計		196,464.62
07台東	23 大武 1~49	44,061.59
	24 臺東 1~50	30,790.40
	25 延平 1~42	57,237.12
	26 關山 1~55	63,141.70
	27 成功 1~61	31,547.19
計		226,778.00
08花蓮	28 玉里 1~103	57,821.32
	29 秀姑巒 1~79	70,427.00
	30 林田山 1~151	66,481.40
	31 木瓜 1~100	46,960.21
	32 立霧溪 1~100	77,937.41
計		319,627.34
總 計	國 有 林 班 地 面 積	1,469,657.0

第二節、集水區劃分

集水區代號	簡稱	集水區
01	蘭陽	蘭陽溪，包括宜蘭河、羅東溪、大湖溪、大礁溪、小礁溪、五十溪
02	淡水	淡水河，包括大漢、新店、景美、北勢等溪及基隆河、三峽河
03	鳳山	鳳山溪，包括太平窩、霄裡、下橫坑等溪
04	頭前	頭前溪，包括南崁、埔心、老街、社子、上坪、油羅、鳳山等溪
05	中港	中港溪，包括客雅、南庄、峨嵋、南港等溪
06	後龍	後龍溪，包括西湖、通宵一帶溪流及老田寮溪
07	大安	大安溪，包括馬達拉、老庄、景山、次高、大雪、南坑、無名、雪山坑、烏石坑等溪
08	大甲	大甲溪，包括清水一帶及南湖溪、耳無溪、合歡溪、志樂溪、中料溪等
09	烏溪	烏溪，包括彰化一帶及筏子、大里溪水系、貓羅、北港、眉溪等溪
10	濁水	濁水溪，包括霧社、大羅灣、萬大、丹大、郡大、轆大、水里、陳有蘭、清水溝、東埔蚋、清水、郡坑等溪
11	北港	北港溪，包括虎尾溪、三疊溪、石龜溪、大湖口溪、石牛溪
12	朴子	朴子溪，包括清水、濁水、獅子頭、牛稠、科底、崎腳等溪
13	八掌	八掌溪，（嘉義流域一帶）包括赤蘭、頭前等溪
14	急水	急水溪，包括六重、龜重等溪
15	曾文	曾文溪，包括後堀、茶寮、官田等溪
16	鹽水	鹽水溪，包括那拔林溪
17	二仁	二仁溪，包括松仔腳、牛稠埔等溪溪龍宮、岡山
18	阿公店	阿公店溪，包括潭底洋排水
19	高屏	高屏溪，包括荖濃溪、旗山、隘寮、美濃、隘寮北、隘寮南、武洛、濁口等溪
20	東港	東港溪，包括萬安溪、牛角灣溪、佳平排水、麟洛排水、溪州排水、牛埔排水
21	四重	四重溪，包括牡丹溪、竹社溪、大梅溪
22	卑南	卑南溪，包括鹿野溪、鹿寮溪、萬安溪
23	秀姑巒	秀姑巒溪，包括樂樂溪、卓溪、豐坪溪、紅葉溪、富源溪
24	花蓮	花蓮溪，包括光復溪、馬鞍溪、萬里溪、壽豐溪、木瓜溪
25	和平	和平溪，包括和平南溪、和平北溪

第三節、經營分區

(一) 林木經營區

單位:公頃

林區 管理處	林 木 經 營 區				經營分區 說明
	合 計	天 然 林	人 工 林	無林木地	
羅 東	31,420	17,252	12,491	1,677	經濟林地海拔 2,500公尺以下 , 且坡度小於35 。區域, 林地分 級為Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ 級地區。
新 竹	40,303	19,530	19,763	1,010	
東 勢	22,926	13,357	7,837	1,732	
南 投	31,908	13,540	14,721	3,647	
嘉 義	19,460	7,389	7,610	4,461	
屏 東	46,923	6,591	37,359	2,973	
台 東	40,723	30,801	7,605	2,317	
花 蓮	49,973	20,431	23,771	5,771	
合 計	283,636	128,891	131,157	23,588	

(二) 國土保安區

單位:公頃

林區 管理處	國 土 保 安 區				經營分區 說明
	合 計	天 然 林	人 工 林	無林木地	
羅 東	97,475	74,370	17,459	5,646	各編號水源涵養 保安林、土砂扞 止保安林及其他 施業限制地等。
新 竹	60,002	41,987	15,682	2,333	
東 勢	62,047	46,086	12,227	3,734	
南 投	61,172	37,593	16,403	7,176	
嘉 義	88,706	43,541	31,632	13,533	
屏 東	32,176	9,876	1,393	4,907	
台 東	53,672	40,804	10,890	1,978	
花 蓮	98,415	52,278	42,433	3,704	
合 計	553,665	346,535	164,119	43,011	

(三) 自然保護區

單位:公頃

林區 管理處	自然保護區				經營分區 說明
	合計	天然林	人工林	無林木地	
羅東	35,068	28,296	5,024	1,748	林地分級屬Ⅳ、Ⅴ級地區及沿溪流兩岸各50公尺之濱水區。
新竹	46,276	40,622	4,227	1,427	
東勢	45,500	37,072	4,754	3,674	
南投	101,626	80,553	9,334	11,739	
嘉義	23,261	16,027	3,391	3,843	
屏東	114,339	99,735	8,209	6,395	
台東	126,179	112,076	9,637	4,466	
花蓮	169,017	44,919	106,671	17,427	
合計	661,266	459,300	151,247	50,719	

(四) 森林育樂區

單位:公頃

林區 管理處	森林育樂區				經營分區 說明
	合計	天然林	人工林	無林木地	
羅東	12425	4,818	6,859	748	開放供國人休憩旅遊之太平山、東眼山、內洞、滿月圓、大雪山、觀霧、八仙山、合歡山、武陵、奧萬大、阿里山、藤枝、雙流、墾丁、知本、向陽池南、富源等18處森林遊樂區。
新竹	3,145	1,612	1,489	44	
東勢	8,253	5,655	1,921	677	
南投	3,661	2,048	1,408	205	
嘉義	1,975	600	1,128	247	
屏東	2,306	540	1,741	25	
台東	6,204	4,182	1,727	295	
花蓮	2,104	405	1,697	2	
合計	40,073	19,860	17,970	2,243	

第四節、森林生態系經營

一、前言

1992年6月4日，美國農業部林務署(USDA Forest Service)署長Dale Robertson向世人宣示，美國林業經營將邁入「生態系經營(Ecosystem Management)」時代，就此開啓了森林生態系經營的研究熱潮。事實上，早在1980年代末期，以美國華盛頓大學奧林匹亞自然資源中心主任Jerry Franklin爲首的學者們，即已發表了以生態學觀點經營森林的一連串報告，並稱之爲「新林業(New Forestry)」。林務署所稱之生態系經營，即是承襲新林業理論發展而成，針對該署主管的國家森林系統策劃推動。

台灣地區引進生態系經營觀念甚早，惟大都止於理念之傳達及與傳統林業之比較論述，尙乏可行經營技術體系之實證。事實上，生態系經營應屬森林經營技術之一環，其目標係追求森林資源之永續發展，本章爰就森林生態系經營之理念、內涵、實務及在育林作業調整之作法提出探討。

二、生態系經營之理念與內涵

觀諸倡議新林業之美國林務署，自1992年7月28日成立「生態系經營任務小組」之後，緊接著在9月4日，各林區、林業研究所、林產試驗所即發布了實施策略，並配合修正土地經營規劃之相關法規及執行手冊，著手整合各林區之生態分類系統，以求落實該署署長6月4日之政策宣示，作業上可謂劍及履及，要述如下。

(一) 生態系經營之理念發展

美國之所以提倡生態系經營，其目的在調整國家森林之經營方式，以迎合社會對森林需求之轉變。自從美國奧勒岡州及華盛頓州發生北美斑梟(Northern spotted owl)保育與木材生產之激烈衝突之後，林務署即試圖尋求替代性之森林經營方式，其先決條件必須是：符合生態學原理、社會大眾可接受、經濟原則可行。與此同時，在木材生產及傳統的森林遊樂功能之外，生態系經營將設法增進森林之生物多樣性(biodiversity)、健康性及美質。

欲瞭解生態系經營之基本理念，可從美國「生態系經營任務小組」所提出之生態系經營白皮書窺其堂奧。白皮書所揭櫫之生態系經營原則如次：

1. 多樣性及永續性(diversity and sustainability)

對於經營國家森林的任何計畫或方案，在進行決策時，均應考量其達成整體目標之二大前提：保障土地之長期生產力；永續保存生態多樣性之關鍵因子及演替過程。

2. 動態性、複合性及選擇性(dynamics, complexity and options)

生態系之未來狀態是無法完全預知的，而任何生態系均可提供多元化的選

擇予人類利用，並隨時間而改變。故應注意下列事項：生態系應如何經營，最終的決定權在「人」；生態系將如何演變，非人力所能全盤掌握；經營生態系，應先瞭解該生態系之自然現象，以及人類干擾所產生之效應。規劃生態系經營方式時，應明確描述人類社會當前及未來的需求，選定經營方式後，並應準備隨時應變。採行「調適性經營」(adaptive management)，亦即當環境或需求改變，或是經營技術有重大突破時，經營方式應隨之調整，以達成最有利之經營目標。

3. 理想的未來狀況 (desired future conditions)

生態系經營規劃時，應先確切敘述該土地的狀況，及人類希望從該土地獲得何種產品或服務。如果規劃者能將未來的理想狀態加以實用化的敘述，並使其具備生態意義，則有助於補強及修正現行之森林經營計畫。

4. 協調聯繫 (coordination)

所有的生態系均相互關連甚至連接，因此多數資源或議題均需有綜合性的經營策略。生態系本身並無固定疆界，而是人類為了管理經營及規劃方便起見，以特定目的加以區劃；故任一生態系均包含在一個更大的生態系網絡中，不斷改變其物種組成、結構及功能。林業主管機關在生態系經營執行上，係居於合作者或合夥人的角色，對其他政府機關或私人經營之林地並無法定強制約束力。故對國家森林之外的林主，在協調聯繫時，不應採取主導者的立場，而應妥善研訂實用而科學化的經營方法，供其參考採行。

5. 整合性數據及資訊 (integrated data and information)

在規劃及實施生態系經營時，均必須使用與主要生態因子有關的整合性數據及資訊。生態系的分類及調查可在不同的空間尺度進行，多元化的生物與環境因子都是組成生態系的基礎。這些因子包括氣候、地理、土壤、水、植物、動物及人類，各有其科學上的生態地位。目前可掌握的資源調查數據包括植生、土地利用型、土壤調查、植物社會分類、濱水及水生生態系等。實施生態系經營前，將生態因子之個別數據整合成實用之生態資訊，將是有益且必要的。地理資訊系統 (GIS)，是此類數據分析之有力工具，主管機關應儘速規劃建立一套國家標準，以蒐集和管理各種生態資訊。

6. 整合性監測與研究提供生態經營之科學基礎 (integrated monitoring and research provide the scientific basis for ecological management)

在森林生態系經營計畫實施時，監測是必要的程序。經營者及社會大眾既然決定了該森林理想的未來狀況，就必須經由長期監測以確保經營方向正確。同時，亦需要更具效率的方法，以應用日增的科學知識與技術於森林經營作業中。目前的研究計畫多數零散而範圍狹窄，未來的整合性研究將需要跨越不同學門。這類科際整合的研究將很困難，因此，研究機構的組織重整或將不可避免。

(二) 生態系經營之內涵

在深入研究美國林務署所提出之森林生態系經營理念後，發現此新林業實係林業發展與人類文明發展互動之下的產物。在物質文明發展到相當程度之後，部份人士開始從大自然的角度反省人類的行為，並強烈表達應及時保育自然資源的主張。主要的訴求是：我們只有一個地球，地球環境屬於全體生物，不僅是現代，也包括以後世世代代。此一主張逐漸為世人所接受，尤以經濟已高度發達的工業國家為然。

事實上，生態系經營的內涵並未脫離林業經營的範疇，只是改變了經營目標的優先順序而已。以美國林務署對生態系經營所下的定義：生態系經營係於生產理想的資源價值、利用、產物、或服務之同時，仍永續保持生態系之多樣性及生產力。因此，吾人可歸納生態系經營之含意，得知其為整合「森林永續經營」、「森林資源多目標利用」及「維護生物多樣性」等三大理念，而以生態系為整體規劃單元的新林業經營體系。

以生態系經營理念為基礎，林學家將森林視為一複雜之網絡，其中包含有機的動植物、微生物，以及無機的土壤、水、養分及空氣等。當人類以各種不同方式去利用森林時，亦自然成為該生態網絡之一部分。因此，生態系經營事實上是把人類干擾視為大自然中必然存在的因素，積極的規範合理的干擾方式與程度，而非消極的放任開發或封閉保留。若與傳統林業具體比較，生態系經營具有如下特點：

1. 生態系經營以宏觀的地景生態系（landscape ecosystem）著眼，破除傳統的林分經營格局，將經營單位定位於地景層級，亦即以集水區為規劃經營之單位，在利用其自然資源時，仍維護其生態結構，確保生態系自然復原能力。
2. 生態系經營重視生物多樣性之維護，對於傳統林業認為無價值之殘材、枯立倒木，均適度遺留於林地，除可收養分回歸之效外，更可提供野生動物棲息之絕佳場所。於更新造林（reforestation）時，更應採用混合樹種造林，以育成更接近自然狀態的人工林。
3. 生態系經營強調善用生物遺產（biological legacies），一旦森林遭受火災、風災、其他自然力或人為破壞後，因林地上仍殘存大量種子、孢子、根株及有機體等遺留物，善加誘導即可逐漸復舊。人力可從旁協助其復舊過程，使之更符合人類需求，但絕不可不當清除生物遺留物或全面整地。
4. 生態系經營不迷信「保留的林業」（preservative forestry），認為以封存森林換取生態系完整之論點毫無科學依據。因此，主張自然環境之經營應以科技研發為基礎，配合人類生存之需求，以人性化之森林生態系經營，取代物性化之林木經營。

三、台灣森林生態系經營規劃實務

台灣地處熱帶與亞熱帶、大陸氣候與海洋氣候之交會點，正是最適合各種生物繁衍之自然環境；加以地形多變，海拔垂直分布近四千公尺，亞寒帶動植物均可生存，故生態類型極為複雜，生物資源亦極豐富。為確保資源之永續，確有必要規劃實施生態系經營。惟因當前的社會經濟環境變化迅速，在人口密度偏高而土地資源有限的情況下，欲成功推動生態系經營作業，確有其限制。

依據上述有關生態系經營之理論基礎，謹提出實際規劃經營計畫時，應行考量之作業步驟如下：

（一）建立生態系長期監測系統

生態系經營既以符合生態學原理為基本要件，則所經營之對象究有何等生態資源？其動態變化如何？經營作業執行後，對生態系影響如何？其演變之方向是否符合原規劃目標？凡此，均有賴長期監測提供可靠資訊。監測系統之二大主要項目如次：

1. 設置永久樣區－擇定森林中不同結構地區，設置具代表性之固定調查樣區，以供各項生態因子動態演替之監測。
2. 設置溪流生態監測站－生態系經營之單元為集水區，故其內之溪流生態變化可以提供極具關鍵性之資訊。除了濱岸地帶必須設置永久樣區外，溪流水體亦應加以長期監測，包括動植物、養分、水質等，以供相互對照。

（二）蒐集生態系演替相關資料

在規劃生態系經營之前，必須瞭解其目前之基本資料：

1. 調查現存森林生態系之結構、主要組成分子及其交互影響情形。
2. 調查類似環境下，生態系遭人為干擾後，其幼、壯齡林及農地之生態狀況。
3. 就上述二者進行定性及定量之比較分析。

（三）確認當地居民對該生態系之使用需求

經由訪談、會議、問卷調查等方式，瞭解下列資訊：

1. 該森林生態系對當地人文及自然環境之重要性。
2. 以往對該生態系人為干擾之原因，及其造成之影響。
3. 當地居民對該生態系未來之需求方式，及其使用結果之影響評估。

（四）商議生態系經營目標

上述各項基本資訊獲得之後，應即商定具體經營目標：

1. 由各相關專業領域人員協商，決定多資源（multi-resources）之生產與服務目標。

2. 議定經營之範疇及集約度。
3. 作成經營計畫之可行性替選方案。
4. 徵詢公眾對生態系經營目標之意見。

(五) 草擬生態系經營計畫書

經過專家商議、民意及公眾認同之後，林業主管機關即應據以訂定生態系經營計畫，包括經營目標、實施方法及程序、經費預算、任務分配及承辦單位等，均應明確敘明。

四、生態系經營理念下之育林作業法

傳統上，「育林」作業常被「造林」一詞所取代。實際上整體之造林績效應包括成活、成林及成材，缺一不可。故自採種、育苗、栽植或播種造林、撫育、伐採更新，均應加以適當經營管理。

(一) 傳統之育林作業法包含四類七種如下：

1. 喬林皆伐作業法：

就森林作業範圍，一次伐採完畢，再以側方天然下種或人工播種、栽植法，完成森林更新。其優點為技術簡單易行、集材方便、殘材整理容易，新林生長迅速均勻、林相整齊，作業地點集中、管理方便，且為變更林相、防止林木疫病蟲害及火災跡地清理之必要作業法。但亦有缺點如：伐採跡地一時全部裸露、林地易遭沖蝕，伐採跡地受雜草灌木入侵、影響更新造林，養成同齡林、容易造成大面積病蟲害或火災，大面積皆伐、破壞景觀，同時間生產大量同等材種、市場調節不易，且實施地點常受限制，如水源區、水庫集水區、溪流保護帶、風景林、遊樂林、古蹟林、紀念林等。因此，本作業法大抵僅適用於農地造林、病蟲害有蔓延之虞之林分、火災跡地清理、人工林林相變更等。

2. 喬林傘伐作業法：

就森林作業範圍，將全林分為若干部分伐採，又稱漸伐作業法 (compartment system)。實施步驟包括三部曲。首先應進行預備伐 (preparatory cutting)：將部份林木疏伐，促其開花結實；其次進行下種伐 (seed cutting)：伐採大部份林木，僅保留下種所需母樹，兼具庇蔭、保護幼樹之功能。最終進行後伐 (removal cutting)：幼林已成林不須上木保護時，將母樹伐除。

本作業法之優點如：全林留有母樹、天然下種更新容易，幼木獲得母樹保護、確保成長，林地不致一時裸露、防止表土沖蝕。但亦有缺點如：技術較繁複、作業規劃成本較高；後伐時採運作業易傷害幼木；淺根性樹種或土層淺薄林地，母樹易風倒；下種更新育成同齡林、對天然災害抗力較弱。因此，本作業法較適用於高海拔山區，不宜皆伐且人工更新不易者。

3. 喬林留伐作業法：

本作業法居於皆伐與傘伐兩種作業法之間，全林僅留少數單株或群狀母樹，其餘林木一次伐除，是最簡單之天然下種更新作業法。其優點包括：最簡單易行之天然更新作業法，選留優良母樹下種，可收遺傳育種改良之功效；母樹具保護幼林功能，並養成大材。惟其缺點則有：僅深根性及種子易飛散之陽性樹種適於採用，留伐母樹採運時，容易傷及幼林木，母樹結實不豐或下種不均時，仍須人工補植。故本作業法較適用於中、高海拔松類等針葉樹林，避免皆伐造成水土流失。

4. 喬林擇伐作業法：

本作業法係在林分中，就已求算之容許伐採量（allowable cut）範圍內，進行單株、帶狀或群狀之選擇性伐採，以便天然下種更新。其優點包括：林相變化小、永保正常繁茂，伐採跡地空隙不大，無表土沖蝕之虞，可保地力；擇伐後，留存木受光增加，有利於促進結實，增進天然下種成功機率；留存木具有母樹保護幼木之功能，林冠有層次，根系亦有深淺，充分利用生長空間，裨益水源涵養；收穫之材種多元，提供市場不同需求。但其缺點則包括：需求技術標準高，伐倒木不集中，集材困難，亦容易傷害留存木；作業成本較高，林相不整齊，生長及蓄積調查不易精確。因此，本作業法較適用於保安林、保護林或永續作業之森林。

5. 矮林作業法：

本作業法又稱萌芽更新法（sprout system），於林木伐採後，利用殘存之主幹、根株萌芽，發育成林。對於薪炭材、採葉林、剝皮材等特別適用。其優點為簡單易行，成林容易，所需技術與成本均低；伐期短，回收快，短期內即有收入；生長成林迅速，單位面積收利多。缺點則有：無法生產大材，木材規格小，市場銷路有限，不宜大規模經營；快速生長，地力消耗大，需予必要之林地改良。一般而言，現代化之林業經營已少採用，但仍適用於小規模經營之林農，或特殊用途經營，如芳樟、相思樹、紙漿用材林、模板用杉木林、土肉桂、青脆枝、紅豆杉及其他採枝葉用之特殊樹種等。

6. 中林作業法：

本作業法之特色為在同一林地上，森林由上木與下木共同組成；上木通常為實生苗長成之喬林，下木則為無性繁殖之萌芽林。如上木於伐期之末，選留母樹行下種更新，則又稱矮林保殘作業法（coppice with standard system）。本作業法之優點包括：上木、下木充分利用生長空間，發揮地利並裨益水源涵養；上木生產良材，下木保護地力，並可充為薪材；生長迅速，可調節伐採時機，供應市場需求；所需資本小，適於私人經營。其缺點則有：上木常以擇伐作業，所需技術高，成本大；下木僅能供薪炭材使用，價值低；需要肥沃土壤，始可適用。故本作業法較適用於海岸防風林及水源保安林經營。



7. 竹林作業法：

竹林生長主要分合軸叢生型及單稈散生型兩大類。一般均採取扦插育苗栽培，或直插造林。合軸叢生型竹類，大都以採筍為經營目的，竹材擇伐屬附帶收益，亦為竹林保持活性之必要手段。單稈散生型竹林，早期以生產竹材為主要目標，採筍為附屬收益；惟近年來國人重視健康飲食，竹材價格又長期不振，此一情況已逆轉。培育竹林之優點包括：生長極速，收益早，成本回收快；擇伐更新，連年可收穫，經濟效益顯著；經營技術簡易，用途廣，兼收竹材與竹筍，市場性佳；地下莖蔓延，具固結土砂功效。其缺點則為生長快速，地下莖入土不深，消耗地力大；竹材替代品多，產品變化少，市場調節彈性小；竹林內地被植物及腐植質少，易產生地表逕流；掘筍鬆土，易導致土壤流失；蔓延迅速，容易干擾鄰地林木或農作物生長。本作業法通常適用於交通方便，山勢平緩，鄰近市鎮人口集中地區之農、林土地經營。

（二）育林作業之調整策略

育林作業法施行成功之先決條件，務須求取生態條件之適切，然後才考慮社會及經濟價值之發揮。茲就台灣地區育林作業之改進措施擬議如下：

1. 林地分級分區作業體系之建立：

森林生態系永續經營理念，特別強調經營作業必須確保生態系中之生物多樣性及各生態因子之自然復原能力。因此，應依據生態系之特色，將森林由時間與空間兩項因素加以合理規整，劃分為不同經營等級，分別訂定經營目標，使之成為森林作業可資依循之基礎。台灣地區由於地形複雜，林地分級十分困難。早在民國80年，台灣森林經營管理方案發布之初，農委會即已政策性決定，台灣森林經營應採取林地分級作業體系，「依據永續作業原則，將林地作不同使用之分級，以分別發展森林之經濟、保安、遊樂等功能…」。

林務局在第三次全島森林資源及土地利用調查中，亦特別將林地分級列為重要項目，作為林業地理資訊系統之重要基礎。目前有關國有林之林地分級系統，初步架構係以土壤因子（土壤性質、深度、結合度）及位置因子（坡度）加以評估分級（如表1），再套疊相關之交通、水系、特定土地利用型等，作為林地分級與分區經營之規劃參考。分區名稱則暫定為「林木經營區」、「國土保安區」、「自然保護區」、「森林育樂區」等4區。

表1-4 林地分級結果

土壤級 坡度級	1 (5)	2 (4)	3 (3)	4 (2)	5 (1)
1 (6)	I (30)	I (24)	II (18)	III (12)	IV (6)
2 (5)	I (25)	II (20)	II (15)	III (10)	IV (5)
3 (4)	II (20)	II (16)	III (12)	III (8)	IV (4)
4 (3)	II (15)	III (12)	III (9)	IV (6)	IV (3)
5 (2)	III (10)	III (8)	IV (6)	IV (4)	V (2)
6 (1)	IV (5)	IV (4)	IV (3)	V (2)	V (1)

註：林地分級依據得分點數劃分：I級：(21-30)點；II級：(13-20)點；III級：(7-12)點；IV級：(3-6)點；V級：(1-2)點。

2. 林木經營區之育林作業法：

傳統之林業經營目標，主在以最短的時間、最少的投資，達成最大的木材收穫或最高的經濟收益，經營對象以林木為主，其他非目的對象之生物，均視為經營之障礙而予以剷除，造成造林地之生物多樣性偏低，形成不穩定之森林生態系，對自然環境之適應能力大減，極易導致大面積之病蟲獸害或火災為害。林務局曾在嘉義林區試行所謂「生態造林」作業，即在大面積造林預定地上，規劃以帶狀整地，每隔10公尺，集約整治栽植帶，供造林之用；留下10公尺保留帶，將原生之植被悉數保持原狀。如此一來，造林成本減少一半，而造林地內之生物多樣性亦得以倍增。蓋此種作業方式可允許演替初期之陽性草本及其他陽性灌、喬木自然侵入，連帶構成較複雜的食物鏈，有利於鳥類及其他哺乳類動物生育其間，經過動物攜帶與天然下種之後，該造林地將演替成近似鄰近地區原始植被之「擬天然化人工林」，且可育成半數經營目的樹種，兼收經濟與生態效益。

3. 國土保安區之育林作業法：

由於台灣地區之保安林多數均以水源涵養、扞止土砂、防風定沙為主要目的，因此不應以生產木材為優先考量，是故育林作業亦應以保安造林為主要手段。除竹類外，保安造林宜採取長伐期作業法。樹種選擇時，則應適當混植針、闊葉樹種，且設法育成異齡林，以充分發揮林地上、下之生長空間與地力，同時獲得保育水土資源之功效。如能在林下間植若干固氮樹種，保留部份野生動物之食餌植物、蜜源植物，則對森林生態系之生物多樣性及健康度亦將大有幫助。惟應注意當林相過密或呈現老化現象時，適度的疏伐與整治仍有其必要，尤其是竹林經營時，4年生以上之老竹應定期予以伐除，以利更新。

4. 森林育樂區之育林作業法：

森林法定義之森林遊樂區通常分為遊樂設施區、營林區、生態保育區、景觀保護區等4種分區。一般而言，遊樂設施區是遊客集中之處所，育林作業類似都市林或公園綠美化，常須配合園藝作物與造園手法。亦即在綠化之餘，更須重視美化效果。生態保育區及景觀保護區則通常均有特定之保存對象，不宜以一般育林手段予以干擾。至於森林遊樂區內之營林區，仍可進行適當的育林作業，但應注意大景觀的維護。作業法以擇伐為原則（帶狀或小塊狀），並在遊客動線與作業區之間，保留足夠寬度之阻絕林帶。樹種選擇亦以長伐期針闊葉樹種混合造林為宜，若能選擇秋冬變葉之闊葉樹種混植，更能增添景觀價值。

5. 自然保護區之育林作業法：

自然保護區設置之目的，或為特殊之地景，或為珍稀動植物種，或為特殊之生態系，原則上，人為干預應減至最少。惟若因受到天然災害或外來病蟲為害，導致珍稀物種有滅絕之虞，則人為之保護措施及必要之復育作業，亦應在妥善規劃、評估之後進行。必須注意者，除非遭干擾後，該保護對象確無法順利天然更新，人力不應干涉。

五、結語

現階段我國之林業政策，係以保育重於開發為指導原則，期以今日之資源保育措施，充實後世子孫之可用資產。森林生態系之經營，基本理念即在維護生態系中各組成分子之自然更新能力，也就是要確保生態系之生物多樣性及長期生產力，以利森林生態系之永續經營與利用。

以台灣地區的自然和社會條件加以考量，在大多數國民對森林環境之需求日益殷切，而保育團體卻主張封山保林的理念衝突中，生態系永續經營的規劃再也不能將人類的干擾排除在外。就學理上言，人類原本就是地球生態系的組成分子之一，而且是重要而不可分割的一分子。今日的人類為了後世子孫的福祉，高唱資源保育，事實上也不該違背世代公平原則，而忽略了當代人類對森林資源的需求。最重要的還是應該應用無遠弗屆的新科技，客觀而合理的規範人類對生態系之干擾，使其符合上述永續經營的基本理念。

生態系經營已經由理念探討階段，進入實際推動的過程。當務之急，應將理想化為行動方案，訂定推行之時程，指定專責人員、籌撥專款積極推動。在此同時，亦應辦理人員訓練及解說教育，庶可將台灣之林業，順利轉型為符合科學和人性化的生態系經營體系。

第2章 森林土壤

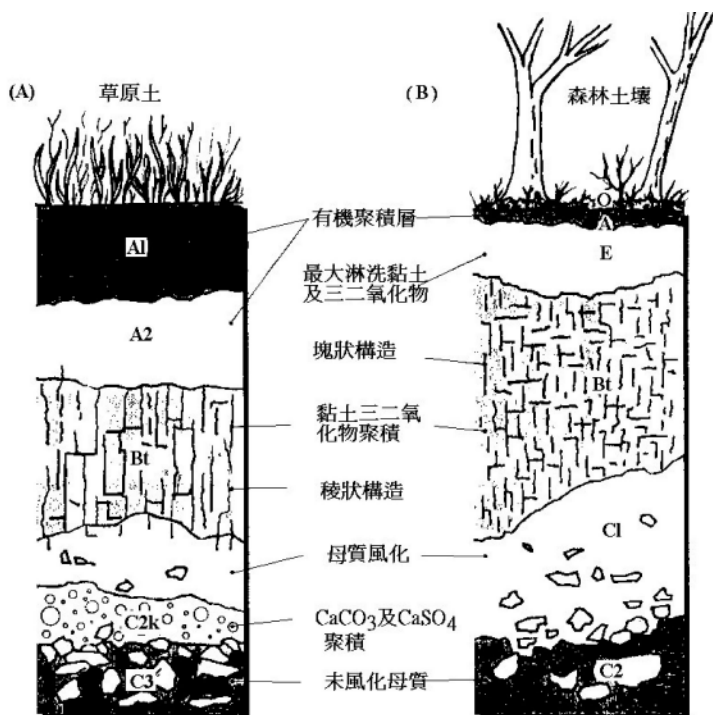
第一節、土壤簡介

土壤是由岩石（火成岩、水成岩及變質岩）在五大成土因子（母質、氣候、生物、地形、時間）經長期風化（一般幾千到幾萬年或幾十萬年）而在岩石表面形成土體，作用之下土體中之組成爲動態的平衡，隨著五大成土因子而隨時在變動。土壤之土體可根據顏色、質地、細根之分布，自土表向下分成A、B及C層（圖2-1）。

土壤組成中則含有氣體，液體及固體，各種土壤相對組成含量均不等，而具有相當大的空間及時間變異特性。草原地之土壤表層（A層），一般可分成表土黑色有機聚積層（A1）及鐵鋁氧化物及黏土（ $< 2\text{mm}$ ）之A2層，以及黏土洗入的Bt層，再接著下來爲風化尙未完全之類母岩層（C層）。

台灣的森林土壤由於枯枝落葉掉落物多，雨量豐富及坡度關係，所化育的土壤，除了表土枯枝落葉層（O層），往往有洗出漂白層（E層）。由於表土A層土壤含有多量有機酸，致使表土爲酸性，此種酸性（ H^+ 離子）枯枝落葉的分離及向下滲入可以溶解礦物中的鋁離子，細質地之黏土（ $< 2\text{mm}$ ）及三氧化鐵向下移動，聚積在B層（Bt爲黏土聚積在B層）是爲洗入層。

森林土壤最大的特色爲酸性，但上、下土層的酸鹼值（pH）可能有很大的不同，如一般高山森林土壤之酸鹼值（pH）可由表層（A層）之3.5到底層（B層）之6.0左右。由於有機酸及其溶解的鋁由上而往下層淋洗，使在一些土壤粒子間之膠結物質（如鐵鋁錳三氧化物）以及黏粒皆由A層往B層移動，聚積而形成硬盤，使林木的根不易穿透而造成淺根及盤根易因強風而倒伏。另外，由於酸洗的緣故，土壤中的養分向下淋洗而損失，降低鹽基飽和度（base saturation, %）。森林土壤含有較高可交換性 H^+ 及磷離子，由於氫及鋁的淋洗，沖入於溪流及湖泊中也會造成鋁對溪中生物毒害的問題。而三氧化物膠結物質的淋洗，則造成土壤粒子間不穩定，以及水土保持的困擾，這些均是森林土壤與農田土壤最大不同之處。森林土壤由於大量的淋洗而導致養分的流失，惟林木生長所需之氮、磷、鉀肥之來源，在林地除了有高經濟價值的林木、果樹或作物需施肥外，一般不施肥。林木養分所需之氮、磷元素均靠林木枯枝落葉經土壤微生物礦化作用（mineralization）及硝化作用（Nitrification）而提供銨態（ NH_4^+ ）氮及硝酸鹽（ NO_3^- ）外。尚有固氮菌及根瘤菌協助氮的固定而增加氮的來源，另外林木根部的內外生菌根菌（ecotendomycorrhizae）也會協助林木攝取磷肥。鉀元素則來自岩石風化所釋放來供應，通常不會缺乏。



▲圖2-1 在(A)草原及(B)森林植生所化育之土壤

第二節、台灣地區森林土壤分類

在一般土壤描述中需加入土壤分類土綱，過去只有十一個土綱，最近又加入冷凍土綱（Permafrost）。冷凍土綱土壤（Gelisols）以及旱境土綱（Aridisols）台灣並未發現，其餘的淋溶土（Alfisols）、灰燼土（Andisols）、新成土（Entisols）、有機土（Histosols）、弱育土（Inceptisols）、黑沃土（Mollisols）、氧化土（Oxisols）、淋澱土（Spodosols）、極育土（Ultisols）及膨轉土（Vertisols）十種土綱土壤在台灣均有發現，其中氧化土就是過去所謂的紅壤，淋澱土即為灰壤，但也有學者把鹽土分類為旱境土。台灣的中高海拔山地森林土壤（海拔約1,000到3,000m左右）比較常發現的是新成土、淋澱土、淋溶土及極育土，台灣東部則有黑沃土及膨轉土（以含可膨脹性的蒙特石為主）。台灣土壤分類的標準（特性）可能與美國土壤調查（Soil Survey Staff, 1998）的分類標準有些出入，但大致上尚可符合上述的十種土壤土綱之分類標準。

第三節、台灣各型土壤之分布及其特徵

一、台灣土壤生成因子之特徵

(一) 氣候

依太陽移動的軌道，台灣恰好跨越北迴歸線，屬於熱帶至亞熱帶海洋性氣候，其特徵是高溫、多雨、強風。就溫度而言，即使在高山地區，平均溫度在冰點以下的時間也很少，低山及平地更是全年溫暖，故溫度對於土壤生成及分布之影響，只有高山、低山丘陵與平地間之垂直差異，而較少水平變化。這也就是說，支配台灣土壤生成及分布的因子中降雨量要比溫度重要。就水量而言，最顯著的莫過於西南部沿海地區及澎湖群島，蒸發量都超過降雨量，故土壤淋洗程度輕微。東北部及山區，降雨量為蒸發量之1.5至5倍，故強烈淋洗與溶提作用當屬意中事，南部各地降雨量與蒸發量大致相當，兩者比例在1.0~1.1之間，淋溶並不完全。

就氣候之劃分，凡年平均降雨量達750mm以上者，通常算為濕潤區，但從土壤生成與農業、林業立場來看，降雨量之季節或月分布，實較總量為重要，尤其是高溫地區最為突顯。除東北部、中央山區及東部之綠島、蘭嶼，屬於恒濕或恒潤區外，其他各地都有顯著的乾、濕季之分野，南部較北部為顯著，而沿海地區較平原與高山地區強烈。故西南沿海區是乾季最長之地帶，導致可溶性鹽類聚積形成鹽土。在恒濕及恒潤區，因溶提及淋洗很強烈，往往生成酸性較強之土壤。

(二) 地形與地質

台灣之地形，大致上可分為中央高山區、丘陵地區、台階地區與平原谷地區等四單元來說明。

中央高山區：為本島最高峻的山地，幾乎貫穿全島，約佔全島面積之一半，由蘇澳起向南延伸至大武山腳，南北長約270km，東西寬約80km，坡度一般都很陡峻，達40%以上者極為普遍。至於組成之岩層，大致上，頂部及東側以片岩為主，為本島最老的地層，西側以板岩為主，局部為石英岩及頁岩所構成，北段岩質較老而硬，南段則較新而鬆軟。

丘陵地區：丘陵地除東部海岸山脈及大屯火山區外，皆與中央山脈相連，圍繞其北、西及南三面，其外側為台地或平原谷地等低緩地形區，其構成岩層主要為砂岩及頁岩，年代大致越往南越新，岩質漸新而軟，山勢亦較低緩。東部海岸山脈位於花東縱谷與東海岸間，就地勢而言，大致南高北低，至於組成之岩層，高峰及山脊，皆屬岩質堅硬的安山岩質集塊岩構成，貫穿山脈南北，分布最廣。以黑色頁岩為主而夾有礫岩之地層則分布於西側，幾乎遍及全區。南端之尾部為黑色泥岩構成，質軟而易風化，冲刷極列多呈險惡地形。

大屯火山區：居於本島之北端，山勢較緩，無明顯之山脊，構成之岩層為安山岩質熔岩流與火山碎屑岩。

平原谷地區：平原谷地包括了盆地（台北、台中、埔里），河谷低地與平原（宜蘭、新竹沿海、嘉南、屏東）。一般而言，地勢低而平緩，由沖積層構成。

由於沖積物質來源之不同，約可分為三類：1.黏板岩風化沖積物。2.片岩風化沖積物。3.砂岩頁岩風化沖積物。此外由風力造成之風積砂丘，零星分布於沿海地帶，尤其是各河流之出口處，常為孤立鰻頭狀或連成低小山崗狀。

總而言之，台灣土壤因成土時間較短，其土壤性質受母質之影響相當大。至於各類土壤分布則明顯的受地形左右，其中坡度因素對於丘陵與高山地帶之土壤發育具有密切關係。坡度大，淋溶效果差，土壤發育緩慢，土層淺薄，同時沖蝕極其強烈，往往生成石積土。高地下水位則影響沿海地區之鹽分聚積而生成鹽土。

二、台灣主要森林土壤生成之概述

（一）高山地帶

大體上1,500m以上之山區屬濕潤溫帶氣候，雨量豐沛，蒸發量低，無顯著乾季，故淋洗作用強烈，在針葉林及針闊葉混生林下，通常其成土作用為淋澱化（或灰壤化）作用，但由於母質、地形、植物及微域氣候差異下，其所受淋澱化作用之程度，有相當出入，大致而言，南部較北部為弱，高山較低山為強。3,000 m以上之高山，雖以針葉林為主，但因母岩質地細，鹽基飽和度變異大，灰化作用進行亦相當緩慢，且坡度陡峻，沖蝕快，無穩定土壤發育機會，可能很難發育成標準灰壤（podzols）又稱淋澱土（spodosols），往往生成灰棕壤（gray brown podzolic soils）或棕色灰化土（brown podzolic soils），甚至石質土（lithiosol）。

（二）低山丘陵帶

大致上指海拔1,000m（北部）至1,500m（南部）公尺以下之丘陵地而言，屬濕潤暖溫帶至亞熱帶氣候，天然植物為闊葉林或針闊葉混生林，其成土母岩為酸性矽質砂岩，由於紅土化作用與灰土化作用之影響，常生成紅黃色灰化土。大體上在東北部地區，因氣候較潮濕，常偏黃色，中南部地區則較紅色，地形對於土色亦有很大關係，即位處平緩坡，排水較緩之地者偏黃，而在排水良好之起伏坡地者則偏紅色，其灰壤化程度往往隨海拔高度而增強。

在南部低山丘陵帶（海拔約500m左右），常有石灰性泥岩或泥質頁岩層存在，且其天然植物為落葉樹及灌木，則其成土作用主要為鈣土化作用及輕微灰土化作用，而生成棕色森林土（brown forest soils）。

第四節、台灣主要森林土壤分布概況

一、丘陵地土壤

丘陵地土壤主要為紅黃色灰化土，但坡度較陡急之地區則為石質土。

紅黃灰化土：紅黃灰化土在丘陵地帶分布最廣，大致上，表土顏色自淡棕黃色至灰棕色，底土為黃色、紅黃色至棕黃色，中至細質地剖面，隨土壤深度之增加質地愈細。另外由於母質特性之差異，其土壤性質亦有些微出入，板岩母質一般較紅黃色，砂岩、頁岩母質則較黃，深黃色至棕黃色，南部丘陵地之砂岩、頁岩母質較鬆，鹽基含量較多，因而南部之此類土壤一般為中度酸性。

黑色土壤：黑色土壤分布於海岸山脈之台東縣之都蘭、成功、長濱與花蓮縣之月眉、米棧、山崎等地，母質為安山岩質集塊岩風化物及沖崩積物，顏色表土黑灰或棕黑色，底土為暗灰至暗棕色，土壤厚度不定，厚者達1m以上，淺則60~70cm甚至僅有30~50cm。有機質含量並不特別高，約在3~5%左右；就酸鹼反應而言，表土呈弱酸性反應，偶有中度酸性者，底土近中性或微酸性反應、含有由母質風化而來的蒙特石。另一黑色土壤分布於大屯火山之向陽坡，發育自火山灰上，表土黑色，底土由黃灰漸變黃棕色，表層有機質含量常達10%以上，全土層呈強度酸性反應。

棕色森林土：此類土壤分布於台南縣楠西之密枝及高雄縣旗山來子坑附近之海拔約300~500m左右之丘陵地，母岩為泥質頁岩，顏色表土為灰至灰黑色，底土為黃或黃棕色。表土呈近中性反應，底土中性至中酸性反應。一般土層淺薄，約50cm上下。

二、中央高山區

此區域由於地形、母質及植物等差異，土壤之局部變化很大，但也有其共同特性，即均屬僅20~30cm之石質土，只有面積狹小，分布零星的平緩脊頂或山腹崩積坡上，才有較深的灰化土生成，僅就土壤剖面形態而言，有類似紅黃灰化土之存在，另外為灰化程度略深之灰棕壤（gray brown podzolic soils）。

第3章 育苗技術

第一節、土壤之肥培及酸鹼之矯正

雖然苗木所需要的養分元素大多在土壤pH值6~7範圍有效性最高，但關鍵性的微量養分卻在酸性土壤被釋放供給苗木生長所需，因此，苗圃或容器育苗土壤最適pH值在針葉樹苗為5~6，闊葉樹苗為6~7。

一、土壤pH值的提高

(一) 石灰需要量的測定

如果土壤酸性太強，通常以添加石灰來降低酸度，為確定某一土壤提高至一定pH值所需石灰之量，應在使用前先以試盆數個分別盛入等量土壤，每盆中加入不同量的石灰，混勻後加水至約田間含水量程度，二星期後測定其pH值。依據加入不同量的石灰和pH之測值畫定石灰需要量曲線，由此曲線即可推算出提高該土壤至某一pH值所需之石灰量。

(二) 石灰施入時間

當石灰用量不多時，石灰與土壤間的作用不致影響肥料效果，二者可在林木種植前同時加入。但當石灰用量多時，應在施肥前將石灰先加入土壤使其先達到所需的pH，通常需時約30~60天。

二、土壤的酸化

當土壤pH值過高(>7.5)，需要酸化時，也應先以不同量試藥級硫磺粉與土壤混合培育（方法與前述石灰需要量之測定法相同），由此所得結果推算土壤酸化至一定pH所需施用硫磺的量。如所用硫磺細粉末，作用期間約為4至6星期。

第二節、苗圃用肥料應具備條件和施肥要領

施肥目的是提供苗木充分及平衡的營養，注意下列事項：

- 一、不平衡的肥料施用，如氮過多，會使苗木徒長，枝葉過多，易遭病蟲害。
- 二、不當的混合肥料，如磷肥和石灰混合，將使磷素被固定成不溶性而不能被苗木吸收利用。

- 三、配合土壤的酸鹼性質，一般pH值大於7以上的土壤，不可施用石灰；小於酸鹼值5以下的土壤不宜長期使用酸性肥料如硫酸銨。故施肥前要先進行土壤診斷。
- 四、肥料流失及揮散，臺灣年雨量大，肥料易流失，溫度高則易使氮素揮發，故可施用肥效高的緩效性肥料。
- 五、不當的貯運，要防止肥料潮濕及結塊作用，各種酸鹼性不同的肥料要混合後要儘快使用，以免影響肥效。運搬貯藏避免日曬雨淋，及高溫、高濕存放。
- 六、適當施用有機質肥料能提高養分之吸收。
- 七、其他土壤肥料管理及施肥技術，如可混合蛭石或泥碳土或堆肥等介質或深耕、翻土、覆蓋、適當灌溉、排水等，都有助於肥效。

第三節、苗圃之施肥及施用量計算

- 一、苗圃育苗之施肥以有機堆肥為佳。將有機肥混入育苗介質中。
- 二、施肥時期則應配合苗木生長季節與苗木狀態而定，以苗木吸收能力最強或最需要的時期為之；若施肥不當，苗木無法吸收利用，肥料被土壤固定、或被水沖走，污染水源。
- 三、苗圃肥料施用量需視土壤養分分析與苗木葉部養分缺乏症狀而定。土壤含氮量在0.4%以上，有效磷在10~15ppm以上。此外介質酸鹼值應在5~6之間為佳。

第四節、各主要肥料之特性及應用之注意事項

種類	名稱	肥料特性	注意事項
單一肥料	硫酸銨	含氮21%，易溶於水，有吸濕性，呈化學弱酸性，苗木可直接吸收，也易被土壤粒子所吸著，可與多種其他化學肥料或有機質肥料混合。	常年使用易導致酸性物質殘留而使土壤逐年變成酸性，故強酸土壤應避免大量或長期施用。不可與鹼性肥料併用或貯藏，以免氮之揮發流失或脫氮。
	尿素	含氮46%，為最通用之高氮肥。屬中性肥料，無損土壤。可稀釋成0.5-1.0%作葉面施肥。	尿素施用於土壤中分解為銨態氮，可供作物吸收也會被土壤吸著，流失很少。尿素長年施用土壤不致酸化。

種類	名稱	肥料特性	注意事項
單一肥料	硝酸銨鈣	氮素總含量26.2%，硝酸態氮和銨態氮各半，除氮素外，含有效性氧化鈣11%以上，可供作物迅速吸收利用。	呈微鹼性，可用於各種土壤，尤適合酸性土壤，易於溶解，肥效迅速，可供給適量的鈣質，使苗木生長健壯，增加對病害的抵抗力。
	過磷酸鈣	含磷酐18%，其中水溶性磷酐16%，速效性磷肥，略呈酸性。主要成分為磷酸一鈣及硫酸鈣，並有少量磷酸二鈣。	不宜與鹼性肥料混合，以防止水溶性磷酐變為不溶性，與氯化物混合，則吸濕力增強。
	氧化鉀	含水溶性氧化鉀60%，紅色或白色結晶顆粒，通常作基肥使用，亦可少量用作追肥。	可與各種肥料混合施用，混合後須儘速施用，不宜久放。溶解度大，稍具吸濕性，須儲存於乾燥通風之處所。皮膚過敏者，施用時請戴手套。
複合肥料		含有氮素11~20%，磷酐5~9%，氧化鉀10~22%。含尿素態氮、銨態氮、硝態氮；磷酐部份為水溶性；氧化鉀全為水溶性。含有少量鈣、鎂、硫等元素；成顆粒狀，使用方便，肥效持久，不易流失。	顆粒狀，直徑約2~4mm之間，在土壤中分解緩慢，有效成分慢慢釋出，供苗木根部吸收，肥效持久。
有機肥		利用禽畜糞、泥碳及穀殼為原料，經充分發酵調製而成。有機質60%以上，腐植酸6.0%以上，可增進地力、促進肥效。含大量有益微生物，可抑制土壤病原菌繁殖，減少農藥之使用。	呈微鹼性，可改良酸性土壤，中和土壤。可補充鎂、鈣的不足，亦含適量微量元素，可防止微量元素缺乏。

第五節、育苗介質之選用

以往常以人工介質做為容器育苗之用，如蛭石、泥碳土、矽砂、珍珠石等，惟容器育苗之體積小，需要在人工控制的設施，如噴灌、簡易或隧道式溫室設施下進行育苗，因此近年來，目前國內所有林業苗圃，幾乎全部都是採用容器育苗（塑膠袋苗、塑膠盆苗或美植袋苗）。理想之苗圃育苗之介質需具備下列各要件：1. 有良好保水能力，不易造成乾旱；2. 有適當通氣，利於根系生長；3. 能補充（保存）苗木所需養分；4. 利於日後運送。

第六節、種子生產（母樹林、採種園）

用於造林的樹種，以本土樹種為主，種子除了採自優良的天然林或人工林母樹外，過去所設置的採種園，為優良種子的來源。有關採集的種原，造林規劃者必須慎選之。採種時請參考台灣重要針葉樹和闊葉樹母樹林和採種一覽表。

第七節、採種規劃及處理（採種方法及儲藏發芽）

一、採種規劃

種子成熟期因每年氣候變化，會有幾星期的差異，同一樹種因生長的緯度和海拔高度不同，種子成熟期也會相差幾星期，例如鐵冬青果實成熟時呈現紅色，在台灣南部成熟期是12月，北部是1月；烏皮九芎種子成熟期在南部是9月，而北部是10月。採種前需參考物候資料和過去的經驗，事先前往現地察看結實情形，評估採種量。種子（果實）在成熟時才採集，成熟度的判別通常依據外表顏色改變、種皮（內果皮）硬度變化和變色、胚和胚乳硬度等性狀。首先在現場觀察種子（果實）外表，裸子植物毬果由綠色變為棕褐色，且毬果即將開裂；紅豆杉假種皮轉變為紅色；闊葉樹種果實同樣地會改變顏色由綠色變為其他顏色，如紅色、紫色、紫黑色、黑色等。接著利用修枝剪剪開種子，觀察胚或胚乳，如仍為透明狀表示未成熟，如已變為堅硬乳白狀即已成熟。採收後的種子應盡速運回處理，若無法立即處理時，必須將種子在室內或陰涼處攤開保持通風，避免繼續存放在採集袋內的種子（果實）因呼吸作用產生高熱，發酵腐爛，影響種子活力。例如台灣黃蘗果實採收後應保持通風，迅速運回，立即洗除果肉，或者現場可先洗除果肉，陰乾後運回（台灣黃蘗種子可乾燥儲藏）。若果實處理不當，發芽活力迅速下降，甚至完全不發芽。其它如紅豆杉、櫻屬等果實，採收後也應保持通風，不可放置密閉塑膠袋內。採種方法以往以爬樹採集為主，但危險性高，如樹形不高大可於地面手持高枝剪（5m）或檳榔刀（1m以上），剪斷枝條在摘取種實。

二、種子處理

種子（果實）採收後必須盡快處理，以獲得純淨、高活力的種子。具有果肉的果實，如核果（楊梅、桃子、台灣海棗、櫻屬、苦楝）、漿果（月橘、柳橙、蕃茄、葡萄）和有假種皮的種子（紅豆杉、粗榧、刺柏、烏心石），須先用清水洗淨，並移除浮水空粒的種子和雜質。乾質果如毬果（松、杉、紅檜、扁柏）、翅果（槭屬、榆屬、櫟、黃杞）、蓇葖果（掌葉蘋婆、木蘭科如烏心石、蘭嶼馬蹄花）、莢果（豆科）、蒴果（大頭茶、月桃、木荷、大花紫薇）等，將果實攤放陰乾，開裂後篩出種子。針葉樹毬果如紅檜、台灣扁柏、肖楠等樹種放在陰涼通風處使其開裂後篩取種子，松類果鱗開裂困難，先經陰乾一段時間後，以50～60℃溫度及通風使果鱗開裂後即取出種子。處理後的種子，如果沒有休眠性可立即播種發芽。若要儲藏，根據種子的儲藏性質進行儲藏前的乾燥或濕層積處理。

三、種子儲藏

種子的儲藏性質可分為正（乾）儲型、異（濕）儲型和中間型。正儲型種子乾燥後可長久儲藏，種子含水率必須降至10%以下（以含水率5%最佳）。林木種子在進行乾燥處理時，若空氣中的相對濕度低，可將種子放置室內，攤開氣乾，必要時利用風扇，增加空氣對流。若需利用乾燥機加熱處理，溫度不可超過30℃，以在低相對濕度和低溫環境下處理為原則。此外，乾燥處理速度不可太快，否則種子本身外乾內濕，易引起乾裂或外皮收縮，不利儲藏。瞭解種子是否為正儲型，必須試驗證明，然而依經驗正儲型種子成熟時的含水率一般在30%以下，且種子較小。近年來亦發現有些林木種子雖然為正儲型，但是儲藏壽命較短，最長不會超過12年。本土林木種子屬於正儲型者，如松、杉、柏科之毬果種子，和闊葉樹光蠟樹、楓香、烏心石、櫻屬、台灣赤楊、台灣欒樹、茄冬、黃連木、流蘇樹、木荷、大頭茶、台灣梭羅木、豆科等；異儲型種子不能乾燥儲藏，必須混合濕介質，然後儲藏5℃。這類種子對乾燥敏感，即儲藏時不能乾燥，必須以種子成熟時的含水率進行低溫層積濕藏，保持種子原有水分。所謂層積處理是指種子與濕潤介質（濕砂、濕水苔或濕泥炭土等）充分混合後，若儲藏在3~9℃，稱為低溫層積；超過10℃以上至35℃稱為暖溫層積。一般異儲型種子成熟時的含水率40%以上，種子較大，然仍須以試驗證明之。此外，大部分本土異儲型種子皆可層積儲藏在5℃左右的低溫，除了少數南部恆春半島之熱帶樹種種子為例外，如大葉山欖、象牙樹、毛柿、銀葉樹、椰子等，不能儲藏在5℃左右的低溫。本土濕儲型種子在適宜的低溫層積下，依樹種不同，可儲藏時間從2個月至2年不等。因此，建議異儲型種子以「即採即播」為原則，若要短暫儲存，最好以不超過6個月為原則，但須注意儲藏時的溫度和濕度控管，且種子愈不成熟儲藏期愈短。臺灣異儲型種子相當多，如殼斗科和大部分的樟科種子皆是；中間型種子乾燥後必須儲藏5℃。這類種子能忍受乾燥，種子含水率可降至10%以下而不會失去活性，但不能儲藏在零下低溫，如-18℃等，零下溫度的種子活力很快消失。如果要儲藏中間型種子，可乾燥種子至5~12%含水率（依樹種而異），然後儲存在零上5℃左右。臺灣中間型種子者有樟樹、香桂、土肉桂、欒樹、江某、大葉釣樟、小芽新木薑子、山柚子、台灣海棗、銳葉山黃麻、虎皮楠等。

四、種子休眠和休眠解除方法

俄羅斯 Marianna G. Nikolaeva於1977年將種子休眠分為內在的休眠（包括形態、生理）、外在的休眠（結構、化學、機械等）和形態生理之組合的休眠等三類。美國 Jerry M. Baskin和 Carol C. Baskin於2004年修改 Nikolaeva的種子休眠分類，即生理的休眠、形態的休眠、形態生理的休眠、結構的休眠和組合的休眠（結構休眠+生理休眠）。種子休眠解除的方法主要有三種：

- （一）低溫層積處理為最常被使用的方法。種子必須混合濕介質，如濕水苔、濕砂或濕泥炭土等，然後放入5℃溫度冷藏。低溫層積的好處有：1.能打破種子休眠，促進發芽；2.促進種子發芽整齊度和苗木早期的生長發育；3.擴大種子發芽的適溫範圍；4.降低種子發芽時對光的需求；5.減少種子因處理、加工

之損傷或發芽環境不良等所造成發芽上的差異；6.增加無休眠性種子的發芽速率和發芽率等。例如台灣二葉松、華山松、台灣黃蘗、巒大花楸、槭樹屬、布氏網李、高山新木子薑子等，皆需要先低溫層積處理，以促進種子發芽。

(二) 暖低溫組合層積處理，種子混合濕介質後，先用暖溫層積（溫度 $>10^{\circ}\text{C}$ ）再接著低溫層積處理（溫度 5°C ），對於種子發芽甚具效果。需要暖低溫組合層積處理的種子，例如臺灣紅豆杉、粗榧、櫻屬、楊梅、杜英等樹種。

(三) 植物荷爾蒙激勃素處理，利用激勃素GA3已知能促進楊梅種子的發芽，而GA4和GA7能促進已先經過暖溫層積處理的臺灣紅豆杉種子的發芽。

第八節、主要造林樹種種子調查表

樹種	學名	成熟期	每公升粒數	每公升重量	保存方法	休眠性	備註
竹柏	<i>Nageia nagi</i>	10-11	548	454	層積濕藏	無	
香杉	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	11-1	88410 -92400	196-234	低溫乾藏	無	
紅檜	<i>Chamaecyparis formosensis</i>	11	220000 -260500	275-300	低溫乾藏	無	
華山松	<i>Pinus armandii</i> var. <i>masteriana</i>	10-11 (翌年)	2902	470-570	低溫乾藏	有	
濕地松	<i>Pinus elliotii</i>	10-11 (翌年)	15163 -34171	519	低溫乾藏	有	
台灣杉	<i>Taiwania cryptomerioides</i>	11-12	127880 -157620	94-97	低溫乾藏	無	
台灣肖楠	<i>Calocedrus macrolepis</i> var. <i>formosana</i>	10	29764	216	低溫乾藏	無	
台灣扁柏	<i>Chamaecyparis taiwanensis</i>	11-12	105000 -14000	230-294	低溫乾藏	無	
台灣二葉松	<i>Pinus taiwanensis</i>	11-12 (翌年)	35000 -40000	488-509	低溫乾藏	有	
台灣五葉松	<i>Pinus morrisonicola</i>	10-11 (翌年)	5194	467	低溫乾藏	無	



樹種	學名	成熟期	每公升 粒數	每公升 重量	保存方法	休眠性	備註
羅漢松	<i>Podocarpus spp.</i>	8-9			層積濕藏	無	
小西氏楠	<i>Machilus konishii</i>	10-11			層積濕藏	無	
小實孔雀豆	<i>Adenanthera microsperma</i>	10-11	3050	797	低溫乾藏	有	
大葉楠	<i>Machilus japonica var. kusanoi</i>	6	900 -1200	490-550	層積濕藏	無	
大葉山欖	<i>Palaquium formosanum</i>	7-8	127	500	不易儲藏	無	
大葉合歡	<i>Albizia lebbek</i>	10-11	3826	725	低溫乾藏	有	
大葉桃花心木	<i>Swietenia macrophylla</i>	2-3 (翌年)	250 -290	150	低溫乾藏	無	
大葉桉	<i>Eucalyptus robusta</i>	10-11、 3-4 (翌年)	2500000 -2700000	361	低溫乾藏	無	
大頭茶	<i>Gordonia axillaris</i>	5-10	31100 (去翅)	840 (去翅)	低溫乾藏	無	
山黃麻	<i>Trema orientalis</i>	8-10	227680	600	低溫乾藏	無	
山櫻花	<i>Prunus campanulata</i>	4-6	4285	564	低溫乾藏	有	
土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	11-12	5480	530	層積濕藏	無	
水黃皮	<i>Pongamia pinnata</i>	9-10、 1-2 (翌年)	576	536	低溫乾藏	無	
木荷	<i>Schima superba</i>	10-11	19500	120	低溫乾藏	無	
牛樟	<i>Cinnamomum kanehirae</i>	10-11 (翌年)	2980	434	層積濕藏	有	
毛柿	<i>Diospyros discolor</i>	8-9	199	646	不易儲藏	無	

樹種	學名	成熟期	每公升 粒數	每公升 重量	保存方法	休眠性	備註
印度栲	<i>Castanopsis indica</i>	3-4			層積濕藏	無	
印度紫檀	<i>Pterocarpus indicus</i>	1-2 (翌年)	2200	110	低溫乾藏	無	
光臘樹	<i>Fraxinus formosana</i>	9-10	13300	120	低溫乾藏	無	
朴樹	<i>Celtis sinensis</i>	7-8	20660	749	低溫乾藏	無	
杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	10-11	1250 -2000	585	層積濕藏	有	
赤桉	<i>Eucalyptus camalculensis</i>				低溫乾藏	無	
赤皮	<i>Cyclobalanopsis gilva</i>		413	413	層積濕藏	無	
香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>	4-7， 南4-8			層積濕藏	無	
青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	11-12	640	470	層積濕藏	無	
紅楠	<i>Machilus thunbergii</i>	5-7		543	層積濕藏	無	
苦楝	<i>Melia azedarach</i>	11-12	1292	567	低溫乾藏	無	
珊瑚樹	<i>Viburnum odoratissimum</i>	4-7	9500	約43g /1000粒	低溫乾藏	有	
相思樹	<i>Acacia confusa</i>	南7-9， 北9-11	24680	735	低溫乾藏	有	
茄苳	<i>Bischofia javanica</i>	8-10	35400 -40500	502-591	低溫乾藏	無	
烏心石	<i>Michelia compressa</i>	9-11	7860	599	低溫乾藏	有	
烏桕	<i>Sapium sebiferum</i>	9-11	8700	686	低溫乾藏	無	
淋漓	<i>Limlia uraiana</i>	11-12	1700	578	層積濕藏	無	
流蘇樹	<i>Chionanthus retusus var. serrulatus</i>	8-9	3570	460	低溫乾藏	有	

樹種	學名	成熟期	每公升 粒數	每公升 重量	保存方法	休眠性	備註
黃連木	<i>Pistacia chinensis</i>	10-11	17350	457	低溫乾藏	無	
栲樹 (火燒樹)	<i>Castanopsis fargesii</i>	11-1	466		層積濕藏	無	
無患子	<i>Sapindus mukorossii</i>	11-12	681	745	低溫乾藏	有	
楓香	<i>Liquidambar formosana</i>	10-11	118680	220	低溫乾藏	無	
江某 (鴨腳木)	<i>Schefflera octophylla</i>	4 (翌年)	84500	367	低溫乾藏	無	
楊梅	<i>Myrica rubra</i>	6-7， 8(梨山)	3040	513	層積濕藏	有	
台灣赤楊	<i>Alnus formosana</i>	平 9-10， 高11-12	70150	230	低溫乾藏	無	
台灣紅豆	<i>Ormosia formosana</i>	9	2700	770	低溫乾藏	有	
台灣梭羅木	<i>Reevesia formosana</i>	11-12	20475 (去翅)	547(去翅)	低溫乾藏	無	
台灣檫樹	<i>Sassafras randaiense</i>	7-8	10523	521	層積濕藏	有	
樟葉槭	<i>Acer alboburpurascens</i>	8-11	13800 (去翅)	335 (去翅)	低溫乾藏	有	
樟樹	<i>Cinnamomum camphora</i>	東部， 西部	10000 -5500	501-552	層積濕藏	有	
櫟木	<i>Zelkova serrata</i>	10-11	43900	359	低溫乾藏	無	
欖仁	<i>Terminalia catappa</i>	9-10			層積濕藏	無	
瓊崖海棠	<i>Calophyllum inophyllum</i>	10-11， 2-3 (翌年)	81	450	層積濕藏	無	
鐵冬青	<i>Ilex rotunda</i>	11-12	105850	387	低溫乾藏	有	

第九節、選定苗圃之各種條件及注意事項

一、永久苗圃

永久苗圃或稱固定苗圃，設置目的係爲了配合森林永續經營而生產苗木之需。選擇苗圃用地時應審慎，將可能影響苗圃管理及苗木品質之因子詳予評估後才作決定，通常應考量下列條件。

- (一) 交通狀況：必須能與鄰近之區域性交通系統相銜接，以方便工作人員來往及苗木、工具、肥料等之運輸。
- (二) 地理位置：苗圃與造林地的海拔高度要相接近，海拔上、下落差在500m以內最適宜，平地苗圃生產的苗木在山地造林地的適應力通常較低，生長表現較差。
- (三) 坡向：位於東南向者最適宜，陽光照射充足且不會太乾燥。
- (四) 地形：以坡度2~3°最適宜，平坦或低窪地易於雨後積水，影響根系發育及苗木生長，甚或導致根腐病的發生。但坡度大的苗圃，則易於雨季導致地表逕流冲刷土壤，必須構築平台階段予以改善。
- (五) 氣候：以陽光充裕之開闊地爲宜，避免建築物、大樹、山巒等擋光，也要避免位於秋、冬易結霜或夏天易高溫之山谷。另外，季節風強盛或因地形而造成之衝風帶，也應避免。
- (六) 土壤：最佳者爲砂質壤土，其次是壤土及壤質砂土；含有2~5%的有機物；有粒團化結構；深度在1m以上，表土層30cm以下不可有不易透水的硬盤，以避免雨後積水；酸鹼度在5至7之間最適宜。
- (七) 水源：以整年不乾涸且上游未受污染的溪水最適宜，也不可有水權的糾紛。
- (八) 土地過去的使用狀況：避免曾受化學藥劑污染或曾作爲工廠、停車場、道路等用地。
- (九) 土地面積及形狀：土地面積必須足夠涵蓋苗床、步道、苗圃內道路及排水溝、土壤及有機物堆置場、建築物、停車場等設施用地。形狀要規則，避免狹長形或不規則多角形等。苗圃面積中，苗床及二旁步道用地合占約40~50%，可供估算長期經營所需面積。在臺灣，苗圃用地常受交通及地形之限制，面積以1至3ha爲多。

二、臨時苗圃

臨時苗圃係因應臨時性造林或綠美化之需要，而在短期間內生產苗木之用，爲期1至數年即予廢除。林務局最近幾年爲推行平地造林而租借農地以生產塑膠袋（鉢）苗，即爲臨時苗圃，其所需求的條件，可較永久苗圃略予放寬，如土壤的質

地、有機物含量、粒團化狀況及表土厚度等要項，可略予降等，惟自育苗實務及苗木品質而言，各項條件愈佳愈有利於經營管理。

第十節、苗圃必須具備之特徵及條件

一、交通系統

依苗圃面積之大小、形狀、地形及用途而劃分不同區塊，各區塊間以可供行車之作業道路作為區隔，再銜接苗圃內交通系統。各級道路的路面鋪設水泥、柏油或碎石，以主幹道銜接地區性交通系統。

二、苗床及步道

苗床用地面積依預期培養的苗木數量來估算，再視面積大小或地形而劃分小區，每小區以長30至40m，寬20至30m為原則。若培育裸根苗，苗床尚要區分為播種床、移植床及休閒床3種，供育苗及輪休或播種綠肥作用以恢復地力。苗床則以寬1m，長20至30m為宜，步道寬50cm，致苗床實際面積只約占苗床用地60%，步道及邊緣緩衝帶約占40%。

三、排水系統

排水不佳、易於積水的苗圃，根系會褐色化、死亡，故根系簡單，活力低，影響苗木生長及品質甚巨，或導致土棲性根腐病的侵襲、蔓延。

苗床兩旁之步道除了供作業人員通行之外，另一重要功能為排水，故其地面高度要高於所銜接之排水溝，且兩端略低，以利水流。另外，苗圃內作業道路兩旁的排水溝及地區性排水系統要暢通而具有實際排水功能。

四、灌溉系統

以自動噴水系統為宜，在苗圃內鋪設水管，其分管定距離豎出地面，尾端架設噴嘴，以空中噴水方式澆水。噴水壓力可藉助水位差，但壓力通常會不足，故以加壓馬達增加水壓較穩定、實用。

噴嘴常用者有2種，一為噴霧式，水滴細小，對土壤及幼苗沖擊小，適宜播種床（苗籃）或幼苗期澆水；缺點為噴灑範圍小，且易受風吹散，致噴嘴間的距離短，通常在1至1.2m之間。另一為鳥啄形噴嘴，所噴水滴較大，澆水範圍較廣，噴嘴間的距離較遠，可達5m以上，視水壓而定，適宜較大苗木之澆水，且較不易被風吹散；缺點為對土壤的沖擊大，強大水滴也可能沖倒幼苗。

五、房舍區

- (一) 辦公室：供苗圃管理人員處理各項事務、文件及張貼公告之需。
- (二) 員工休息室：供員工休息之用。
- (三) 盥洗室：供員工淋浴及生理需求。
- (四) 廚房及餐廳：供員工烹煮簡易餐食及進餐之用。
- (五) 機械及工具室：儲放各種機械、工具之用。
- (六) 材料及肥料室：存放育苗用材料、蔭棚、化學肥料等。
- (七) 廢棄物室：暫時置放各種廢棄物。

六、堆肥舍

供自行製作堆肥之用，要遠離房舍區，構造較房舍簡單，但要避免雨淋，且要有廢液沈澱池，以免污染環境。

七、土壤堆放區

為因應容器育苗所需土壤在使用前堆置，及進行土壤與堆肥或有機物混合作業之需，應預留空地。

八、蓄水桶及池

蓄存員工日常用水及苗木灌溉用水。

九、防風綠籬

無法避免季節風或地形風強烈吹襲的苗圃，在面風的前緣應先以防風籬或防風網降低風速，內緣建造防風綠籬，以達永久防風之效。

十、停車場

在房舍區之周邊預留空地做為員工、訪客及作業車輛停駐之用。

第十一節、苗圃之闢建及整地

一、大地整理及房舍和相關設施之營建

依計畫書所作之用地區分進行測量、整地及各項營建工程，在山地則需依水土保持相關法令施作。

二、填土或客土

如果苗床區之地勢較為低窪，應以苗圃內其他用地之表土填高，或以農地或林地表土進行客土。

三、苗床用地之整地及耕耘

苗床用地應徹底清理雜草、灌叢、石塊及雜物，且將苗床用地依分區分別予以整平，使傾斜度 $2\sim 3^\circ$ ，以利排水。若原地形坡度超過此標準，則要做成平台階段。土壤則要進行翻耕，深15至20cm，使表土充分混合，且曝曬一段時日後才使用。若作為培育塑膠袋（鉢）苗之用，因僅置放容器，則可省略土壤翻耕作業。

四、施用有機物

供為培育裸根苗之苗床，無論播種苗或移植床，土壤有機質含量對苗木生長有重大影響，以在 $2\sim 5\%$ 為適宜，若不足則添加之，每 1m^2 每次約加入 $3\sim 5\text{kg}$ 的充分腐熟堆肥。若為容器育苗，則土壤與堆肥混合後才盛裝於容器，混合比例土壤：堆肥為 $10:1$ 至 $5:1$ 。

五、設置苗床

臺灣因降雨多且頻繁，要設置高床，即苗床要高出步道約10cm，以利排水。步道需與苗圃內排水溝相銜接，且高出排水溝，無論供培育裸根苗或容器苗皆然。

第十二節、遮蔭棚架設及除草作業

一、遮蔭棚架設

（一）遮蔭對象

剛發芽的幼苗及苗齡為1年生以下之小苗。滿1年生以上苗木，枝葉已繁茂者不必再予遮蔭。

（二）蔭棚材料

竹簾或尼龍網皆可。

（三）透光率

剛發芽的幼苗適宜的透光率為40～50%，苗齡1年生以下之小苗為50～70%。不論何種材料之蔭棚，商品所標示之透光率常有偏差，使用前再自行測定較為妥當。

（四）蔭棚之拆除

在九月初，在早上及午後陽光較弱時段掀開蔭棚，以增加光照。至九月下旬，即秋分之後，應完全拆除蔭棚，使適應全光照環境。

二、除草作業

無論播種床或移植床，除草作業不可避免，且在雜草尚小時即應拔除，減少土壤養分的耗損及拔起時對幼苗根系的傷害。當雜草已長高時，應一手按住苗木周邊土壤，另手拔草，降低傷害。



第十三節、土壤及種子消毒

一、種子消毒

（一）目標

阻止已存在於種皮而可能引起猝倒病之病原菌之蔓延，以及阻隔土壤傳染性猝倒病菌對發芽中種子或剛發芽出土幼苗之侵襲。

（二）適用樹種

針葉樹種及闊葉樹中之小粒種子樹種。

（三）藥劑及使用法

蓋普丹（Captan），得恩地（Thiram，Arasan）或波爾多（Bordeaux mixture，硫酸銅與生石灰比例為1：1）500～1,000倍之水稀釋液浸30～60分鐘，取出陰乾後播種。

（四）藥效及藥害

目前還沒有何種殺菌劑可完全抑制猝倒病的發生；也沒有絕對不具有藥害，即可能抑制種子發芽。一般而言，藥劑的濃度較高，藥效較佳，但藥害的威脅也較大。

二、土壤消毒

（一）目標

抑制土壤傳染性猝倒病及根腐病之發生。如採用燻蒸劑，也可抑制線蟲、昆蟲的侵襲及雜草種子之發芽。

（二）處理對象

播種床、移植床及塑膠袋（鉢）育苗所用的土壤，尤其猝倒病或根腐病曾嚴重發生的苗圃或塑膠袋用土最為適用。

（三）藥劑及使用法

1. 澆灌法：將波爾多液、殺紋寧（Tachigaren）、或地特靈（Terrazole）等藥劑之1%左右水稀釋液灌注土壤至濕潤為止，2星期後才使用苗床或土壤。
2. 燻蒸法：若為苗床，土壤耕耘後每隔30至50cm掘一穴，深15cm。若為塑膠袋（鉢）育苗用土則散置於苗床上，厚約20cm。若土壤已乾燥，先澆水使土壤濕潤後隔天才施藥。施用時機為春天溫度回暖、育苗作業開始前，將燻蒸劑如衛本（Vapam）、蓋普丹（Captan）、得恩地（Thiram）、必速滅（Basamid）等300至500倍稀釋液每穴灌注100cc，覆土後上覆塑膠布，2星期後掀開，讓藥劑揮發2星期以消除藥劑毒性後才進行育苗作業。

（四）藥效及藥害

土壤燻蒸法殺菌可有效抑制猝倒病、根腐病及線蟲為害的發生及雜草種子的發芽，但也可能傷害有益的菌類而影響苗木的初期生長。在管理較良善的苗圃，則接種菌根菌以減輕藥害。另外，燻蒸劑對人畜有毒，要在藥劑揮發去除後才進行育苗作業。

（五）使用建議

猝倒病及根腐病在永久苗圃甚為常見，嚴重時施用燻蒸劑來抑制。假若只有零星發生，則於受害苗木周圍土壤澆灌毒性較低的波爾多液，通常已可抑制病害的擴散，對人畜或苗木造成傷害較小。

（六）配套作業

為了減輕猝倒病及根腐病的蔓延，除了種子及土壤消毒外，下列作業也有效，建議配合實施。

1. 改善澆水及排水作業：過度澆水或排水不佳會加速猝倒病及根腐病的擴散，理想的狀況為每次澆水後要間隔一段時日再澆水，且在降雨後儘速排水。

2. 降低苗床密度：苗床密度（單位面積苗床的苗木數）提高，病害的擴展會加速，故有猝倒病發生的苗圃宜採較低的苗床密度。
3. 注意蔭棚的狀況：遮蔭棚的高度必須足夠維持良好的通風狀態，且遮光度不可太高而導致通風不良及苗床光度過低。
4. 調整土壤的pH值：猝倒病及根腐病在土壤pH值為6以上時通常較為嚴重，致有這二種病害潛在威脅的苗圃，可施用硫粉使土壤pH值降至6以下，但無法完全避免病害的發生。
5. 施肥要均衡：過度施用氮肥將導致苗木多汁的狀態而降低抵抗病害的能力，故氮肥與磷、鉀、肥的施用比例為持在2：1：1較為理想。



第十四節、容器苗之培育技術

一、播種

（一）播種方式

容器苗之培育過程通常是將種子播種在苗籃，其內盛人工介質，由泥炭土、蛭石及珍珠石3種材料以相等的體積混合而成，可提供種子發芽的理想條件，而且排水功能良好，種子發芽率高且整齊。這3種材料可自園藝材料行購買，或買已混合之成品，雖然其價格高於土壤，但因使用量不大，致育苗成本增加有限。另一種常用的人工介質為水苔，洗淨剪碎後使用，也適宜種子發芽。採用人工介質的另外好處是不含病原菌，致不會發生猝倒病及根腐病。人工介質因養分含量低，致種子發芽後需移植於盛土的容器內以維持苗木繼續生長。但因苗籃搬運方便，且苗木掘取容易，對幼根的傷害低，致為理想的播種方式。有一些苗圃雖採用苗籃播種，卻內盛土壤，益處是種子發芽後可立即吸收土壤中養分，但如採用黏質土壤則排水功能低，澆水過量或連續降雨時會積水而降低發芽率，而且影響根系的呼吸，苗木生長不良。另外，若放在室外，連續下雨的天氣會因土壤濕度過高，而導致土棲性病害如猝倒病及根腐病發生嚴重，不是理想的發芽介質。

種子也有直接播種在容器者，省下移植的費用，根系也不會受移植的傷害。缺點是影響發芽的因子更多，如工人經驗不足而覆土過深或過淺、土壤積水、各種氣象因子的傷害等，而降低發芽率或引起土棲性病害，故如要採用直播方式，要注意種子覆土的厚度，且採用砂質土壤以提高排水能力，降低猝倒病發生的機會。

（二）播種季節

播種季節視種子的休眠度及耐儲藏性而異，大致可分為四期：

1. 立即播種：如毛柿、銀葉樹、瓊崖海棠、大葉山欖及紅樹林樹種的種子不具休眠性也不耐儲藏，必須在採收後立即播種。
2. 秋天播種：這類樹種種子成熟採收之後因不具休眠性可立即發芽，或是具淺度休眠，於短時間儲藏或層積處理後即可解除休眠而發芽，如樟、楠、櫟、檣、烏心石、欖仁、毛柿、土肉桂、大葉山欖、水黃皮、毛柿等熱帶樹種，在秋天播種。
3. 春天播種：春初在溫室內或塑膠棚內播種於苗籃，至於室外苗床，必須俟介質或土壤回溫至15℃以上才播種。適宜的樹種屬於乾藏型的櫟木，光臘樹、木麻黃、大葉桃花心木、大頭茶、木荷、茄苳、黃連木、無患子、楓香、臺灣赤楊、青楓等，樟樹及殼斗科樹種休眠性較深或成熟期較晚者經層積貯藏後在此期播種。
4. 隨機播種：具深度休眠性種子，需經長時間的低溫層積或高低溫組合層積，於解除休眠後才播種，如山櫻花、杜英、楊梅等樹種必須先行解除休眠才可掌握播種的時間，但以秋播或春播為主，以控制苗木生長期。

（三）種子回溫

種子播種前自貯藏庫取出後要在室溫下1天，至少應隔夜使其回溫，避免播種後因快速吸水而受到傷害。

（四）種子消毒

種子可能帶有引起猝倒病或根腐病的病原菌，減輕病害的有效方法為種子消毒及土壤消毒併同實施，但仍無法絕對避免病害的發生。種子及土壤消毒在前面已有詳細的說明。

（五）播種方法

發芽籃如盛裝人工介質，則先行整平表面，小粒種子用撒播，中、大粒種子用點播。播完後覆蓋人工介質，厚約1~2cm。如為土壤或直播在容器，則覆土厚度要特別小心，小粒種子為0.5cm，中粒種子為0.5~1.0cm，大粒種子約與種子同厚。覆土太薄或太厚皆會影響種子發芽。

（六）澆水

播種後要立即澆水，且一直要維持1~2天澆水1次，視天候狀況而定。澆水噴頭的水滴最好為霧狀，避免沖擊覆蓋種子的人工介質或土壤。

（七）遮蔭

種子發芽並不需要強烈光照，用蔭棚或遮光網降低使播種床的相對光度為20至40%已足夠，當幼苗生長3~5葉片以後即要逐漸增加光照，以滿足光需求。

二、苗床之準備

（一）雜草及灌叢之清理

久未作為農業生產或苗木培育之農林用地，通常有繁茂的雜草及灌木，必須徹底清理，同時去除石塊，以方便往後之育苗作業。

（二）苗床之設置

在山地苗圃，苗床之走向必須橫坡，以緩和地表逕流之流速，減輕土壤沖刷。平地苗圃的苗床，以東西走向為宜，避免所架設之蔭棚遮到相鄰苗床的光照，導致苗木受光量不足。苗圃走向確定後，用農業機械或人工來建造苗床，以供置放容器苗。苗床的高度約高出步道10cm，且床面整齊平坦，避免苗床積水，而影響容器排水（圖3-1）。

苗床因為高出步道，下雨或澆水時土壤會被沖刷流失（圖3-2），減輕的方法為在苗床兩畔架設木板或寬竹片以保護之，也可在床面鋪設不織布，減少雨滴的直接打擊及土壤的流失。



▲圖3-1 苗床排水系統設計不佳，步道排水不良，下雨或澆水後苗床積水，苗木生長低劣。



▲圖3-2 苗床畔未架設木板或寬竹片保護，苗木不足以保護苗床，土壤流失嚴重，石粒裸露可見。

（三）容器之篩選

容器的種類大致分成二大類，一為生物分解性容器，如紙鉢、紙漿鉢即是，其價格高且在野外會快速分解，期間自3個月至1年不等，視苗圃當地的環境條件及容器材料而定，通常情況是溫度高、降雨多、澆水頻繁的苗圃，分解較快。在臺灣，即因其分解快且維持的期間不易掌控，在育苗實務上未被採用。另一大類為生物不可分解性容器，穴植管、塑膠袋、塑膠鉢、陶鉢、美植袋等皆屬此類，在苗圃可持續2年以上，陶鉢及穴植管則可使用多年。

塑膠袋（鉢）的價格低，尺寸多樣，為目前臺灣各苗圃使用量最大的容器。選用塑膠袋（鉢）時一定要注意培育苗木的年齡或大小，可參考表3-1。

表3-1 適合闊葉樹種各齡級苗木培育之容器大小

苗 齡	直徑 （盛土後，cm）	高度 （盛土後，cm）
1年生	10～12	12～14
2年生	14～16	16～20
3年生	20以上	20以上

塑膠袋（鉢）的最大缺點有二，一為不透水性，必須在容器的兩側及底部打洞，以供排除容器內的積水。二為容器內壁平滑且根系無法穿透，當根系碰到容器內壁之後，就向下或沿著容器壁環狀生長。根系觸底後環狀生長更為明顯，而形成盤根，程度視樹種及培育期間長短而異，培育期愈長者，盤根愈為嚴重。盤根的苗木品質下降，栽植作業時尚需剪除盤根，減輕的方法為定期修剪根系及更換較大型盆（鉢），詳如後述。

（四）育苗介質

在臺灣，用以育苗之介質以土壤為主，理想的土壤質地為砂質壤土及壤質砂土，有機物含量3～5%，酸鹼度5～6.5%之間。黏質的土壤排水能力差，容器內容易積水，影響根系的生長，根系分叉少且老化，水分及養分吸收能力不足，出栽成活率較低，而且初期生長停滯。質地較為鬆散之砂土，根系可生長較為良好，惟因養分及水分的保留能力皆較低劣，增加施肥及澆水等管理費用，且於出栽去除容器時，根系土球較為鬆散。選購土壤時選擇未曾被重金屬、工業廢水污染，未被車輛擠壓的農地表層20cm的砂質土壤，濕潤時手握可成塊，但輕壓即可碎裂，用手指尖搓揉時不刺皮膚、不粗糙、不黏手為宜。溪邊堆積長時間之砂質土壤也可採用，但要注意不可含太高比例的粗砂及極細顆粒的黏粒。各種土壤在使用前以孔径1 cm的篩網過篩，去除雜物、泥塊及石塊。

（五）有機物之添加

因為一般土壤的理化性質不臻理想，尤其排水能力不足最為困擾，可添加有機物予以改善。有機物種類繁多，成分複雜，必須小心選擇。可供添加於容器土壤的有機物大致有表3-2所列4種，其中以堆肥及泥炭藓（土）最為常用，效果最佳。無論使用那一種材料，在裝袋前皆要與土壤充分混合。

表3-2 有機物的種類及性質

種類	理化性質及功能	使用注意事項	建議用量 (土壤：有機物，體積比)
堆肥	由農林作物的枝葉、使用過的菇床、化學肥料、動物排泄物等混合腐熟而成，如堆製的材料明確，則理化性質穩定，無病、蟲原，也沒有雜草種子。可改善土壤養分及提高保水能力。	使用效果良好，但因製造材料不明，而有不同理化性質，最好由苗圃自行堆製或聯合數處苗圃堆製。單價最高。使用時經粉碎後再與土壤充分混合。使用太多量時除了育苗成本提高外，鹽類濃度會有過高之虞。	30：1～300：1
泥炭藓（或稱泥炭土）	大多產於冷溫帶國家如加拿大、芬蘭，富含纖維質，含氮量約1%或略高，分解後為氮的來源。酸性。可用以增加土壤的保水能力，也因增加大孔隙而改善排水，減少容器內積水之害。	為理想的有機物，因臺灣未生產必須進口，成本較高。另因材質為酸性，使用後會影響土壤的酸性，但不嚴重。	8：1～15：1
樹皮、鋸屑	以闊葉樹種的樹皮及鋸屑較佳，含氮的成分通常低於1%，也含各種碳水化合物、纖維。如為針葉樹種，則含有松脂及酚類化合物，腐化及分解過程會釋出有機酸及有毒物質而傷害種子發芽及幼苗的生長。有時帶有病原菌及蟲卵。	新鮮的材料不適合用在發芽床及1年生苗木。使用前最好先行堆積，加水及氮肥使其初步分解，降低有毒物質及提高氮元素的有效性後才使用，堆積期間6個月至1年不等。	10：1～20：1
碳化稻殼	深灰黑色，可增加土壤吸光量而升高土壤溫度，可改善土壤的排水能力。化學性質穩定，分解緩慢，存在的期間長，不會改變土壤的理化性質。	使用量不可過高，避免夏天吸熱而使土壤溫度過高，尤其對小苗木的傷害較為明顯。可改善土壤排水的能力，價格便宜，目前尚少使用。	10：1～20：1

（六）容器盛土

土壤已過篩且與有機物充分混合後即可裝填於容器內。盛土量視育苗用途而有不同，用於直播種子或移植剛發芽種子之容器要將土壤填滿容器，且提袋輕撞地表使土壤緊實後再填土至滿為止。若供移植苗木之用，則盛土1/3至半袋備用。播種或苗木移植前1~2天充分澆水使土壤濕透，覆蓋塑膠布以免土壤乾燥。

（七）容器排列

盛土之容器排列於苗床上。袋與袋必須相互緊靠，若擬使苗木有較塑膠袋直徑還大的生長空間，必須以塑膠管、長竹片、竹稈、鐵絲等材料作成欄柵，或以置放於市售塑膠框架，避免風倒。用土壤來穩定苗木並不是好的方法，因會加速突出容器的根系往苗床生長，而抑制容器內根系的分叉及生長（圖3-3）。

苗床有時選擇覆蓋黑色或不透光之不織布，再將容器排列其上，可減少除草費用，且利於人員行走（圖3-4）。



▲圖3-3 光臘樹容器苗以土壤固定苗木以免風倒，此法會使突出容器的根系深入苗床，苗木品質劣化，不宜採用。



▲圖3-4 苗床以黑色不織布覆蓋，減少除草及其他管理費用，但苗床的溫度在夏天會大幅度上升。

（八）苗床的苗木密度

m^2 苗床所培育的苗木數量稱為苗木密度或苗床密度，可供評估苗木生長空間的大小是否適宜及估算苗木的數量。以容器直徑10cm為例，行、列各10株，每平方公尺100株，其他直徑的容器依此類推。

苗木密度影響育苗成本及苗木品質甚大，不得不慎重決定。採用高密度的方式，容器小，盛土量少，土壤及所填加的有機物的費用省；而且苗床面積小，造床及除草費用低，育苗承包業者樂於採用。但過高的密度將使苗木生長的空間狹

窄，剛發芽小苗的生長不受影響，但隨高度增加及枝條的擴張，相鄰苗木的枝條即會重疊，影響枝葉的受光量而老化，而且因通風不良而易引起病害。因此，判斷密度是否太高甚為重要，最簡易方法為撥開枝葉，觀察下層枝葉是否已變色、黃化，甚或枯死脫落，致枝條上的葉片稀少，或枝條少甚至已枯死、掉落。進一步選取一些苗木，量測著生繁茂枝葉的苗幹長度，若已不及全苗高的 $\frac{1}{3}$ ，即顯示苗木生長空間已長期不足，在生長季節必須擴大容器間的距離，降低苗木密度。在休眠季節則應移植至大型盆。就闊葉樹種而言，因其枝條較擴張，各齡級苗木適宜的苗床密度較針葉數種低，請參閱表3-3。

表3-3 各齡級苗木適宜的苗床密度

年 齡	苗床密度（株/ m^2 ）	
	闊葉樹種	針葉樹種
1年生（一般造林用苗）	64～100	144～250
2年生（造林及綠美化用苗）	36～49	100～144
3年生（綠美化用苗）	25以下	36以下

（九）苗木移植

1. 移植材料

除了直接播種在塑膠袋者外，播種在苗籃或室內發芽盤者，俟發芽後進行移植作業。移植的時機有二期，一為剛發芽的種子，一為半硬化的小苗。

（1）剛發芽的種子

適用樹種為大型種子如殼斗科樹種或中型種子之樟樹、楠木類、烏心石等，播種於苗籃且用水苔當發芽介質者，容易觀察種子的發芽狀況，通常的做法是每天檢視種子的發芽程度，當種皮已裂開或胚根已露出種皮立即撿出，移植於事先準備好的盛土容器。方法為以竹籤、木棒或小鏟子將容器中心的土壤撥開一小移植穴，深約1cm，將剛發芽種子小心平放在穴中，切勿傷害胚根，再輕輕覆蓋土壤或人工混合介質，厚度約0.5至1cm，殼斗科種子覆土可略厚，但也不超過2cm。

（2）半硬化小苗

適用於苗床或苗籃播種之針、闊葉樹種小粒種子的小苗之移植。小苗高度在5至12cm之間，針葉樹種已長出真葉，闊葉樹種有真葉5至7片左右，苗木莖基部已略呈淡黃綠色，不再如剛發芽時柔弱多汁狀，取出幼苗可看見根

已分生成主根及側根，但苗木尚未互相接觸、苗莖未抽長，為最適當移植時機。太早移植者，如苗木尚小於5cm，非常脆弱，容易傷害幼根，移植成活率低或生長不良。太晚移植，則苗木已抽長變形，品質劣化，影響整季的生長及外形。

移植的季節：闊葉樹種秋播的種子適合在立春前後移植，2月至3月初春播的種子在4月間移植，最晚5月上旬完成。在颱風季節來臨前，苗木已生長數月，有強壯的根系及地上部，可抵抗強風、豪雨的侵襲。如移植太晚，不僅苗木品質下降，生長不佳，且不良苗形之影響會持續1、2年之久。山地苗圃因氣溫較低，須延至3月土溫回暖至15℃以後才播種，在冬末移植。為縮短山地苗圃的育苗期，可提早在秋天或2月間播種在低海拔苗圃的苗籃，俟幼苗半硬化後運到山地苗圃移植。

2. 移植注意事項

以小苗移植時，要注意根系是否舒展及土壤是否與根系密接。半硬化的小苗其主根通常還短，側根稀疏而簡單，維持根系舒展及垂直向下為必要的工作。若主、側根長度已8cm以上，則移植至容器時容易彎曲，未來會長成主根彎曲的J形根，嚴重者主根會旋轉、卷曲，苗木品質劣化，在林地的生長表現也較遜。避免或減輕的方法為修剪過長的主、側根至約6~7cm左右，切勿用手扯斷，以免皮層破裂，增加病原菌感染的機會。

為避免移植作業不當所造成的J形或卷曲主根（圖3-5），正確的作業過程是移植前容器的盛土量只約佔容器量的1/3，放入苗木時務必使主、側根舒展，然後填入土壤，在壓緊土壤前先將苗木輕輕提高約1cm，可減輕根系彎曲。然後再用手壓緊土壤，使根系與土壤密接，此時土壤表面會低於容器，再填加土壤使與容器齊高或略高。

苗木移植的深度要適當，填土後若可見側根，表示深度不足。但根系太深也不好，約比播種籃深約1~2cm為最適當。



▲圖3-5 木麻黃苗木移植時主根彎曲，長大後變形（左）甚或卷曲（右）。右邊苗木的主根下段已突出容器而彎曲，根形劣化。

3. 移植後澆水

移植後應立即澆水，以使土壤與根系更密接，根系可在短時間恢復吸水，生長會較早、較佳，減少往後的管理作業。

（十）苗木管理作業

1. 蔭棚之搭設與拆除

播種床及剛移植的小苗木並不需要全光照，此時期以全光的50～60%光度最適宜，故在播種床、播種籃或剛移植的苗床皆應搭設蔭棚。在早期，係採用以竹片編排而成的竹簾或竹棚，最近還有苗圃採用。如果需要50%的光照，則竹片的寬度與竹片間距約略相等。但因竹片的寬度無法完全一致，而且人工控制竹片間距又無法精準，致光度有誤差在所難免，最好在架設完成後以光度計在近中午時分測量蔭棚下光度，再與全光比較，計算相對光度。若相對光度與預期相對光度誤差在10%以內，即可接受採用。近年來因為塑膠網易於購得，而且有各種不同透光及材質可供選擇，有很多苗圃採用。但商品塑膠網所指稱的透光度也不完全正確，需要實測的光度。

苗木移植後1~2個月之後，已呈現可見之生長，在4至5月間溫度還低的時候拆除蔭棚（網），使接受到全光照，以加速生長且適應未來7、8月間的強光、高溫環境。但有些樹種在這段期間接受全光會增加枝條的分叉，如樟樹、烏心石、檫木、光臘樹等樹種，繼續維持50~60%的透光度可減少分枝，俟9月以後下旬或10月初才完全去除蔭棚可使主幹更為明顯、強勢，且可逐漸適應全光環境而提高出栽以後的成活率及生長表現。

2. 澆水作業

澆水的程度為每次皆要達到土壤自上至下完全濕透，間隔時間因氣溫高低及苗木大小而異，在4月以前，通常每1至2日澆水1次即可，切忌整天在飽水狀態，故要依土壤水分狀況而調整，至5、6月間要每天澆水1次，7至8月間每天需2次，至9月溫度下降後減為每天1次，10月天氣轉涼以後要減少至每2至3天1次，使苗木地上部生長減慢至停止，而逐漸健化以適應未來出栽於野外的環境。不論移植的是剛發芽種子或小苗，移植初期枝葉甚少或尚未長出，致容器內土壤未受到保護，強雨或澆水的大水滴會沖擊土壤顆粒而飛濺，除了使土壤減少外，土壤顆粒還會黏附在苗幹基部而形成土褲，影響苗木生長，甚至傷害。若土褲已形成，應盡速以水沖洗去除之。為減少土褲的發生，這時期的澆水以霧狀噴水最為適當，或盡量以小水滴噴嘴澆水。苗木逐漸長大之後，因枝葉量增多，自上面俯視，已覆蓋容器且足以保護土壤，不會因水滴沖擊飛濺時可改用旋轉式鳥啄型噴嘴，除了噴灑較長距離外，因水滴較大，較可能穿越葉片而噴灑至土壤表面，澆水較均勻且效果較佳。採用自動噴水系統澆水者，應注意是否有未澆水或澆水量不足之死角，必須以人工澆水補充之。澆水死角若來自於噴嘴設計的位置不當，必須縮短噴嘴的距離、修正噴嘴的角度、或提高噴嘴的高度。另外可能的原因是澆水時有局部或偶發的強風吹襲，苗圃管理人員必須隨時注意澆水死角的原因，且予以排除。

3. 除草作業

因為容器使用土壤當為生長介質，其所攜帶的雜草種子有一部分會發芽，致除草工作是不可避免的。除草以手工為限，高大的雜草其根系旺盛，拔起時會連土拔起，而傷害苗木根系。減輕的方法是為一手按住苗木周邊土壤，另手拔除雜草。

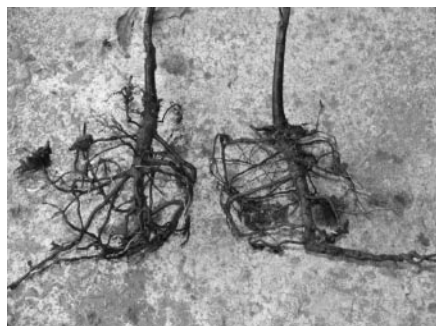
4. 容器移動、修根與換床作業

苗木的地上部若已旺盛生長，表示根系也已有很強盛的生長及分叉，主根及少數側根可能已生長至容器底或側壁而逐漸形成盤根（圖3-6），且會自排水孔伸出，生長進入苗床土壤。若苗床覆蓋不織布，則根會仆伏其上而繼續生長。深入苗床土壤的根因可獲得充分的水分及養分，致生長迅速，反而不利於容器內根系的生長及分根（圖3-7）。在苗木出栽時，為了方便栽植作業必須剪斷伸出容器的主、側根，致保留下來的根系會太少而影響成活及未來第一至二年間的生長。另外，伸出容器的主根粗壯，宕延太久才剪斷，會留下較大的

傷口，而形成根腐病侵入的路徑。為減少這些弊端，必須在生長季節定期移動容器數次，同時修剪伸出容器的根，必要時苗木重新排列。

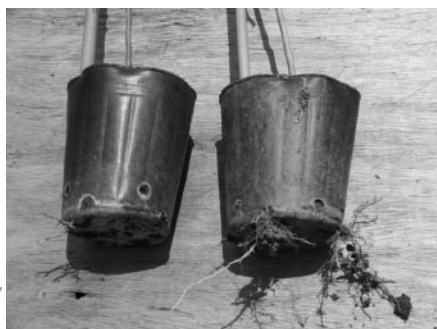


▲圖3-6 山櫻花塑膠袋連續生長2年，不僅有一些側根突出塑膠袋（右），且容器內已成盤根現象（左）。



▲圖3-7 青剛櫟容器苗因久未修剪突出容器的主根，已彎曲變形，且容器內根系稀少，苗木品質不佳。

修根的時機第一次最好在5月，之後每2個月1次，對根系的干擾較為輕微，傷口也較小（圖3-8）。如果5、6月間未實施修根，至7、8月間主根已很粗壯（圖3-9），修剪的傷害較大，而且是時恰逢高溫期，需水殷切，根系傷害嚴重者會缺水而枯死。遲至9月以後才修根，雖然缺水的壓力較輕，但主根更粗壯，傷口更大。



▲圖3-8 烏心石（左）主根剛突出容器底，根系尚未變形。無患子（右）因主、側根突出較長，根系已開始變形，此時即應移動容器且修剪突出的根系。



▲圖3-9 光臘樹苗木生長迅速，主根強盛，觸及容器底後彎曲。移動容器及修根的時候稍晚，傷口較大。

同批苗木大小不一致是為正常的，在移動容器時，應將苗高大小參差太大者分置於不同苗床或同苗床不同區塊，避免大苗凌壓小苗。如果大小差異不嚴重，則將大苗放在苗床中央，而較低矮者放在苗床兩側，大苗就不會凌壓小苗。

5. 施肥作業

(1) 肥力不足的原因

育苗所使用的土壤大多無法滿足全年的養分需求，故在生長期可能要施用化學肥料。判斷是否需要施肥的方法是評估苗木生長是否已遲緩，惟需有經驗的育苗工作者才有此能力。若發現苗木葉片綠色轉淡、轉黃，表示養分缺乏已嚴重。但應注意的是，苗木缺乏養分並一定是土壤養分不足所引起，澆水不足時會影響養分的吸收，所以改善養分的首要工作是檢討過去澆水量是否足夠，澆水間隔是否太長。若懷疑澆水過於頻繁，須檢查容器內是否積水、苗木根系是否已轉變為深灰黑色、容器底部的根是否已腐爛等症狀。如果澆水、根系都正常，但在生長季節卻生長遲緩，就是該施肥的時候了。當然，施肥前的更慎重做法是取苗木及土壤樣本請研究機構或大學教師代為檢驗，若低於常值（表3-4）太多，應即施肥予以改善。

表3-4 容器土壤養分含量及苗木養分狀況參考值

	有機物	pH	氮	磷	鉀	鈣	鎂	CEC
土壤	4-8%	5.5-6.5	0.2-0.4%	100-200ppm	100-200ppm	800-1600ppm	200-500ppm	10-20meq/100g
苗木	—	—	1.5-3.0%	0.2-0.3%	1.2-2.0%	0.4-0.6%	0.15-0.25%	—

(2) 肥料元素及施用方法

苗圃所施用的肥料元素以氮、磷、鉀為主，而且混合施用，只施用1種肥料通常會引起養分不平衡，苗木生長反應不佳，土壤性質也會劣化。鈣、鎂二元素通常由土壤風化所供應，只在強酸性土壤才會不足，故通常不另外施用。微量養分元素也大多不會缺乏。

◎氮肥

苗木生長對氮肥的反應最為迅速，施肥的適當時期因苗木生長狀況及大小而異，播種當年冬天移植的苗木在翌年3月間第一次施肥，春天移植的苗木俟生長恢復即約在移植半個月至1個月以後施肥。不論何時開始施肥，8月底

前完成施肥作業。9月以後除非苗木高度不足，否則不再施肥。2年生以上苗木可在3月間開始施肥，也在8月底前結束。

氮肥每年的施用量因容器所使用土壤的肥沃度而有很大的差異，除了可依育苗者的經驗以及參考表4的土壤及苗木養分狀況而調整外，1年生苗每年施用氮元素的量，大概在60~100kg/ha之間，2年生苗加倍使用。在臺灣，市場可買到的肥料為硫酸銨（ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ）、尿素（ $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ）及硝酸銨（ NH_4NO_3 ），各種肥料因氮的有效成分不同，以施氮元素80kg為例，肥料的實際用量為硫酸銨380kg（ $80\text{kg} \times 4.76$ ），尿素為178kg（ $80\text{kg} \times 2.22$ ），硝酸銨為242kg（ $80\text{kg} \times 3.03$ ）。

氮肥每次的施用量以氮元素為基準每公頃在20至40kg之間，以每年要施用80kg氮元素為例，則第一次施用20kg、第二次及第三次各30kg。另外要注意的是上述三種肥料雖皆為氮肥，但施用後對土壤性質的影響不同，施用硫酸銨會使土壤酸化，其他二種肥料不會有此副作用。

施肥要在生長季節的陰天或晴天早上太陽剛上升、葉面露水已乾時進行，施用後一定要澆水，清洗留存在葉片上的肥料且使肥料進入土壤中，以免葉片受害。

◎磷肥

磷肥的施用效果很難在短時間內自苗木葉片顏色之改變來檢視，但卻可使苗木有良好的生長表現及在秋天進行健化。

磷元素在土壤的可用性較氮元素低，也因而較不會被雨水所淋溶流失。因此，磷肥可在土壤裝袋前即與土壤混合，或保留當年施用量的1/3與氮肥一起施用。最適當的磷肥為過磷酸鈣，可補充磷、鈣及其他元素，而且可避免硫酸銨所引起的土壤酸化之不良效應。磷元素的施用量，1年生苗約50至100kg/ha，2年生苗加倍。過磷酸鈣的實際用量必須依據該肥料所含磷的比例來計算，約為600至1,200kg/ha（50~100kg的12倍），施用太多可能會引起微量元素的不足。

◎鉀肥

鉀肥的效果也是在短期間內很難從葉片顏色的轉變來檢視，但施鉀肥可避免土壤中鉀元素的不足，而維持苗木生長良好。

鉀元素在1年當中的施用量，1年生苗50至100kg/ha，2年生苗加倍使用，理想的施用量尚需視土壤中鉀的實際狀況而定，當土壤中鉀的濃度超過160ppm時，可不再施鉀肥。鉀肥以施用氯化鉀（KCl）最常見，將鉀元素預期施用量50kg/ha乘以1.96倍即100kg/ha氯化鉀為實際施用量。施用太多氯化鉀會有氯太高的潛在危險性，因此，施用硫酸鉀較為安全，實際施用量以50kg/ha鉀元素來計算，為120kg/ha（ $50\text{kg/ha} \times 2.44$ ）硫酸鉀。鉀肥的施用方法是將1年所需的施用量的一半在土壤裝袋前與土壤混合，所留的一半與氮肥同時施用。

◎複合肥料

施用氮、磷、鉀的複合肥料，各養分元素的比例固定，沒有彈性空間，為施肥的次要選擇。適宜苗木的複合肥料與蔬菜類不同，一般而言，氮、磷、鉀的比例以2：1：1左右為較為理想，氮肥太高者雖可使枝葉茂盛且呈濃綠色，卻可能因而健化不全而不利於未來在林地的適應，故以台肥的複合肥料而言，選用5號較1號或43號適當；或在生長季前期施用1號或43號，生長季後期施用5號。使用方式是一半在土壤裝袋前混入土壤中，另一半在生長期分2～3次施用。

市面上尚可見緩釋性的複合肥料，將不同肥料元素混合後用塑膠聚合物包裹起來而呈顆粒狀，在育苗期間會逐漸溶於水而釋放出來，釋放期間自3個月至半年不等，可在土壤裝袋前混入土壤中，使用方便，但育苗者無法控制釋放速率，而且價格較高昂，尚未普遍採用。

6. 健化處理

苗木在9月之後，高生長就逐漸減緩至冬季完全停止，葉片的顏色也自濃綠色逐漸淡化，甚至於轉成黃綠色，變色情況視樹種、土壤養分狀況及溫度而異。這段期間，苗徑還會繼續生長而增粗，外觀上會較為健壯。另外，有些樹種在枝條的頂端可看見芽的形成及膨大。這種轉化過程即因光照週期縮短的誘導及氣溫降低的結果，使苗木未來更能適應不良的環境條件或降低出栽過程的搬運或栽植傷害。此種轉變過程即為苗木健化，是自然現象。但是如果在8至9月間施用過多的氮肥，或9月之後還繼續施肥且每日充分澆水，則高生長停止的日期將延後，而影響冬芽的形成及發育，反而使冬芽較小，也延後苗木的休眠期致較不耐逆境的衝擊及栽植傷害。因此，9月以後應將澆水頻度逐漸自每日澆水延長至每2日或3日澆水1次，且施肥作業務必在8月以前完成，以強化苗木的健化過程。因各苗圃條件的差異及生長期各作業的多樣化，育苗作業者必須根據歷年的經驗，苗圃作業記錄及當年苗木的生長狀況來調整相關作業。

7. 病蟲害防治

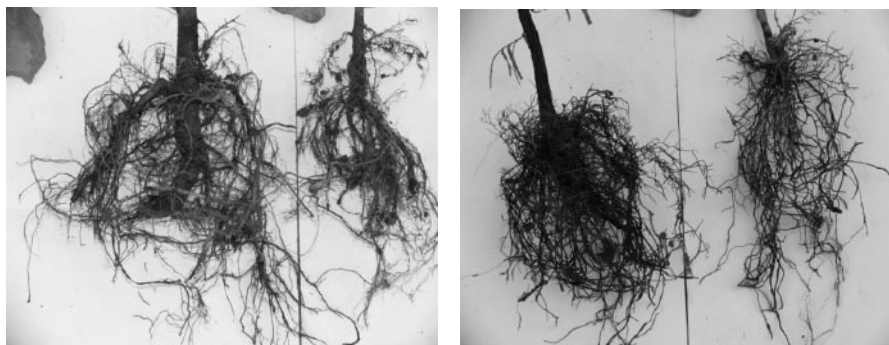
病蟲害在育苗期間發生是不可避免的災害，苗圃承包業者、監工及各主辦人員除了必須有基本的認知以外，病害發生時即應與林業試驗所聯繫，請求派員鑑定與提供防治方法。因病蟲害防治的諮詢為林業試驗所的例行業務，研究人員也樂予協助。除外，也可就近請教大學森林或相關系所的教師，請求指導、協助。至於參考的書籍及手冊，林業試驗所及林務局已出版多本推廣性手冊、圖鑑，林務局出版的育林手冊也有病、蟲害防治的專章，可查閱本手冊第5章，也可上網蒐尋相關資訊。

(1) 種子及土壤消毒

已在本章前面敘述。

(2)改善土壤排水能力

苗圃土壤或容器土壤排水能力不佳，長時間積水為誘發土棲性病害如猝倒病及根腐病發生的重要環境條件（圖3-10）。因此，選用人工介質當發芽床可有效防止這二種病害的發生，如用土壤為發芽床，則選用壤質砂土，排水能力較佳。容器育苗用土採用砂質壤土或壤質砂土，且填加有機物來提高排水能力，避免容器或苗圃積水是減輕病害的重要工作。另外，步道及相銜接的排水系統要妥善規劃，且要維持暢通，不可輕忽。



▲圖3-10 同批苗木因所置放的苗床是否積水而表現不同顏色的根系。
左為排水良好者，根系是黃褐色，右為積水者，根系為深灰褐色。

(3)降低苗床密度

苗木擁擠、苗床通風不良為多種空氣傳染性病害如葉枯病、灰黴病、輪斑病、白粉病及蟲害發生的誘因，因此，降低苗床密度不僅可使苗木生長及外形良好，而且病蟲害發生的機會也會降低。

(4)噴灑波爾多液

波爾多液為非常古老的殺菌劑，源自法國波爾多地區葡萄園的病害防治，但通常不是用在發病之後的消除，而是預防空氣傳染病發生及土棲性病害的擴散。波爾多液為硫酸銅與生石灰混合物，用水稀釋而成。硫酸銅與生石灰可向農藥行購買，混合比例有多種變化而各具功能，常用的比例為硫酸銅：生石灰=1：1或1：2，加水稀釋100倍至300倍不等，噴灑於幼苗以較低濃度為原則。本藥劑通常於大雨過後噴灑，藥劑會停留在葉片上而呈現藍綠色及白色斑點或斑塊，達到隔離病原菌的效果。如用在猝倒病或根腐病的防治，則於發病的土壤及周圍施灌波爾多液，可達到抑制病害擴散的效果。

8. 育苗期間長短之抉擇

自種子播種至苗木出栽為止即為育苗期。低海拔及平地苗圃所培育的闊葉樹容器苗，1年生通常已可達可出栽標準，即苗高60cm至120cm之間。但因各苗圃的環境條件，所用土壤肥沃度、管理作業、病蟲害、颱風危害等有所不同，同為1年生苗，但苗木高度、外形有很大的差異，加上各樹種的遺傳特性不同，更使苗木的生長及外形有相當大的異質性。

無論是秋播或春播的樹種，苗木儘可能於生長季出栽，即在冬天至翌年春天間出栽，可節省育苗費用，也可減輕根系在容器底部盤旋生長而形成盤結根的可能性。如擬培育2年生以上苗木，則應實施換盆及修根，詳如下述。

9. 苗木出栽標準

(1) 苗高

臺灣的低海拔及平地的造林地因高溫且雨水充沛，雜草生長迅速，在苗木栽植初期必須經數年且每年多次的除草。太小的苗木容易被雜草所覆蓋，或於除草時被工人所誤刈。因此，苗幹直立，高度60cm至120cm的1年生苗最為適宜。育苗期長而過度高大的苗木，育苗費用增加，且若苗床密度未配合降低，則苗木與苗木間的競爭程度愈為激烈，下層枝葉因受光量不足而脫落，苗幹纖細，栽植後不耐強風，而且恢復生長緩慢，甚至於要到第二或三年才有旺盛的生長。

(2) 苗徑

苗木是否可出栽，除了高度以外還要檢視其他性狀，苗徑即地際直徑的粗細為很重要的篩選依據，高度60~80的苗木，木麻黃及欒木的地際直徑要有6mm以上，其他闊葉樹種要有8~10mm。隨著高度的增加，苗徑也要增粗。在同一批苗木當中，高度愈高、直徑愈大的苗木表示活性愈強，應選為出栽苗。反之，低矮、細長的苗木即應淘汰。

(3) 纖細度

判釋苗木高度與直徑是否平衡，通常用纖細度，即苗高／苗徑的比值來判斷，比值愈大，表示苗木愈為纖細，表3-5為各苗圃所培育苗木其外觀健壯者所量測之纖細度，可作為選擇出栽苗標準之參考。

表3-5 各樹種苗木符合出栽標準之纖細度（苗高／苗徑）參考值

纖細度	樹 種
< 60	福木
< 70	水黃皮、臺灣海桐
< 80	杜英、樟樹、楠木類、楊梅、木荷
< 90	欒樹、無患子、烏桕、三斗石櫟、狹葉櫟、赤皮、短尾葉石櫟
< 100	青剛櫟、烏心石
<110	白千層、光臘樹
< 120	櫟木、木麻黃

*纖細度愈大表示苗木愈為細長。

*本表未列樹種可依其外形參考本表所列相似外表樹種之比值。

(4)枝葉狀態

著生枝葉的苗幹長度及其占全苗幹長度的比例也是重要的篩選依據，其深受苗木密度的影響，當比例在1/3以上表示苗床密度適宜，苗木品質良好，可供出栽。當比例小於1/4，苗幹通常也纖細，為不良苗，應予淘汰。

苗木側枝愈多或與主幹的角度愈小，則未來與主幹競爭的可能性愈大，這些苗木如要出栽，必須適度的修剪側枝，但殘存的枝條其著生主幹的長度與全苗幹長度的比例最好在1/4~1/3之間，修剪度超過此標準會影響苗木未來的直徑生長甚鉅，也會降低苗高生長量。

(5)根系形態

根系的生長、細根分生狀態及是否變形為鑑定苗木品質的重要性狀，但難以量化及標準化，必須由苗圃經營者及造林業者根據歷年的苗木在造林地的表現來判斷。另外，容器苗需去除容器及土壤才可觀察根系狀況，不若裸根苗方便。因此，為量測根系的發育狀況，只能選取樣苗，去除容器及土壤後來觀察，但目前尚缺乏相關規範，有待進一步突破。

(6)其他

苗木的其他形態性狀如葉片的多寡、顏色，是否有病蟲害等都應列為考量的對象。因此，在一批苗木當中，必定有一部分苗木不符合出栽標準而必須淘汰。被淘汰苗木多寡的最主要影響因子為苗圃管理，如病害防治不當可出栽苗即會減少，苗床密度過高淘汰苗的比例一定較大。

10. 換盆及土壤更新

苗木培育1年後如未出栽或2年生苗擬培育成較大型苗木供綠美化之用，則需更換較大型盆鉢、修剪根系及填加新土。如任其在原來的小容器生長，根系生長受容器容積限制、土壤劣化、地上部空間不足，致苗木纖細、老化，不得不慎。

- (1) 換盆的時機：冬末春初苗木還在休眠時實施，修剪根系的傷害較小，短時間內即可長出新根，且是時蒸散作用緩慢，較不會發生缺水逆境而死亡。
- (2) 換盆對象：選擇苗床密度適當，苗木枝葉繁茂、苗幹粗壯、未嚴重分叉、未受病蟲危害的1年生苗木，或業經1次換盆之2年生的健康苗木來換盆。
- (3) 盆鉢大小：盆鉢的大小（體積）對苗木的生長有重大影響，為了提供各齡級苗木的生長需求，盆鉢的大小必須隨苗齡的增大予以調整。1年生苗採用口徑10至12cm已足夠，2年生苗應擴大為口徑14~16cm，3年生以上要用口徑16cm以上的盆鉢。
- (4) 修根：苗木自原生長的盆鉢取出時，要將大部分或全部土壤剷除，以便修剪環狀或盤旋生長的側根，或穿越盆底進入苗床的主、側根，以促進換盆後分叉而生長更多的側根。
- (5) 更新土壤：換盆移植時，土壤要用新土，培育苗木使用過的土壤避免採用，尤其培養相同樹種苗木的舊土絕對禁止再用。



第十五節、插條苗之培育技術

一、插條實務實行及應注意事項

- (一) 於清晨太陽未上升前採集插穗。
- (二) 採取健壯無病蟲害、活性強、飽滿者之插穗為佳。
- (三) 裝入潮濕之麻布袋，或將枝穗基部以濕水苔包裹後放入塑膠袋中儲存於攜帶式冰箱中。
- (四) 先將插穗基部3cm長度範圍之葉片剪除，其餘葉片剪半，再以利刃斜切插穗基部使產生新的平滑傷口，而且皮層不可與木質部分離，枝穗全枝以蓋普丹（captan）或億力（免賴得）水溶液浸泡消毒。

- (五) 使用生根促進劑處理（一般為IBA、NAA、或市售之發根粉）而後插穗斜插於介質中。
- (六) 介質使用砂、水苔或人工混合介質（泥炭土、蛭石、珍珠石為2：1：1），扦插好之插穗需置放於遮蔭率65%之溫室中，噴灌系統採用定時間歇式噴霧法，自早上6時至下午18時噴水，每30min噴30sec。
- (七) 若插穗已生根，可將礦質養分加入噴霧灌溉水中以改善根的品質及插穗的生長；施用的養分元素氮、磷、鉀三要素，比例為2:1:1，濃度0.1~0.5%。
- (八) 扦插苗之硬化及移植：降低相對溼度使漸硬化，硬化後移植或休眠季節移植。移植後，置於透光率40~60%之蔭棚下。
- (九) 適於發根之苗床溫度通常為15~20°C，含水量為50~60%。
- (十) 插穗之採取適期雖因數種或各地方之環境而異，一般言之，落葉性闊葉樹種之採取適期為2月~3月上旬，常綠性闊葉樹種為6月下旬~7月下旬及9月，常綠針葉樹為3月中旬~4月下旬。
- (十一) 插條苗床必須自插條時起至發根止架設蔭棚加以保護。並應切實留意灌水，避免因乾燥而盡棄前功。
- (十二) 濕氣過多之地，日照不足，風衝地等均不宜選定為插床。





▲圖3-12 以利刃斜切插穗基部



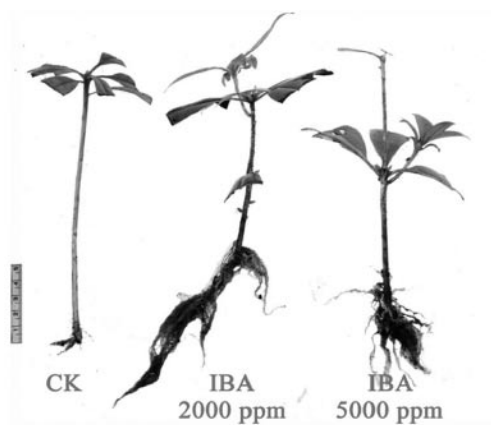
▲圖3-13 使產生新傷口



▲圖3-14 以生根促進劑處理



▲圖3-15 將處理好之插穗斜插於介質中



▲圖3-16 西施花不同扦插處理發根情形

二、生根促進劑處理

(一) 最常用的生長素

最有效、便宜而常用的生根促進劑為IBA (indolebutyric acid)，NAA (naphthaleneacetic acid) 則對某些樹種有效。

(二) 使用的型態

使用的型態大致分成下列3種。

1. 粉劑

- (1) 使用濃度：不同樹種間用以處理的生根促進劑的濃度並不相同，常用之濃度在500~4,000ppm (百萬分之一) 間，生根困難的樹種通常使用較高的濃度，而柔弱、多汁和易生根樹種則使用較低的濃度。
- (2) 處理方法：插穗在處理前於基部作新的切口才沾粉劑，以整束插穗沾取較單枝處理迅速，但要注意均勻度每支插穗是否皆有沾取生根促進劑。插穗基部切口太乾，則先沾在濕的海棉或水苔後再沾粉劑，可有效改善。插穗經過生長素處理後於最短時間內即行扦插，為避免粉劑脫落，先用扦插棒挖穴後才插入生根介質中。
- (3) 注意事項：粉劑是最廣泛使用且方便的方法。但要注意下列事項：不論是自行調配或購買現貨皆要注意有效期及儲存環境的條件。一般認為最好用深色瓶盛裝，儲存在陰涼、乾燥處或冰箱中，且於數個月內使用。儲藏在溫暖而潮濕的環境下易於變質，應予避免。使用時要避免各種雜質的污染。若自冰箱中取出，先放在室內讓其回溫，減少打開瓶蓋時受潮。打開瓶蓋後，輕敲瓶身，慢慢倒出預期的使用量於淺器皿中或厚紙板上，切忌使用瓶蓋。倒出而使用後所剩餘的生長素應予捨棄，勿倒回瓶中以避免污染。

2. 低濃度溶液浸漬法

- (1) 使用濃度：濃度約在20~200ppm之間，視生根容易度而異。
- (2) 處理方法：先將插穗基部之約2~3公分浸在低濃度的生根促進劑溶液24小時後才扦插。處理的場所應選擇陰涼處而勿在太陽下，以避免插穗因蒸散作用過度旺盛而失水。
- (3) 藥劑配製：以濃度100ppm、體積1公升之溶劑為例，取100毫克的藥劑，先溶在10毫升的95%酒精 (因藥劑不能直接溶於水)，然後再加蒸餾水至1公升。

- (4)注意事項：低濃度溶液配製後數天內就要使用，因縱使放在冰箱內也不能久藏。使用過之溶液則倒掉不再使用。

3.高濃度溶液沾取法

- (1)使用濃度：普遍使用且效果良好者為快速沾取高濃度溶液的方法，尤其用以改善生根困難的闊葉樹種有最佳的效果。溶液濃度自500至10,000 ppm不等，最常用者在2,000至4,000ppm之間。
- (2)溶液配製：欲配製100毫升的4,000ppm溶液，取400毫克藥劑，溶解在100毫升的50%酒精中。
- (3)處理方法：處理時將溶液慢慢倒入燒杯或玻璃杯中且立即使用，手持插穗以其基部切口輕輕的沾取溶液即可，並不需要浸在溶液內。
- (4)注意事項：高濃度溶液如未受污染可保存一段相當長的時間，但要以褐色玻璃瓶盛裝，鎖緊瓶蓋，放在冰箱內。使用時間太久或在太陽下，因酒精蒸發會使濃度增加。使用過而剩餘的溶液則倒掉不再使用。

三、母樹的重要性及採穗園之經營

(一) 插穗應採自幼齡母樹

插穗應採自幼齡及活性強的母樹，若母樹也是來自於扦插苗，則當枝葉繁茂後即應採穗，勿拖延太多年以致老化。雖然母樹的年齡對生根容易的樹種或材料並未造成太大的困擾，但對生根困難者而言，母樹的年齡愈大，則插穗生根愈為困難。

(二) 設立採穗園

1.母樹的遺傳性狀

為能取得質優且量多的插穗，必須建立遺傳性狀優良、至少要以外表形質比一般林木優越，而且均勻、沒有病蟲為害及活性強的母樹為採穗園。

2.母樹的管理

母樹每年進行修剪、施用化學或有機肥料、除草、病蟲害防治等集約管理作業，使母樹因妥善的照顧而存在於最理想的狀態，若老化則淘汰。在這段期間，因母樹仍維持其幼年化狀態致其插穗易於生根。縱使沒有每年採取插穗，母樹仍要修剪以維持幼年化狀態。這些作業對生根困難的樹種尤其重要，因修枝可以促進萌生長枝以供採取插穗，其生根能力比短枝為強。

第十六節、嫁接苗之培育技術

- 一、砧木的大小：理想的砧木高度大約為45cm（30～60cm的範圍），植株健康。針葉樹種之砧木通常為1+1苗（播種床1年，移植床1年）或2+0苗（播種床2年），闊葉樹種之砧木，因為生長較迅速，有些不到一年即可作為砧木。
- 二、砧木與接穗同種或不同種的抉擇：原則上，砧木與接穗同種為第一選擇，若有其他考量如擬矮外植株、抗病、或同種嫁接有嫁接障礙，則不一定同種，但仍以親緣較近的數種為宜。
- 三、選擇能與接穗保持平衡發育、根群優良、容易養成、生長迅速、抗病蟲害能力強之砧木。
- 四、選擇枝條成熟、無病蟲害、樹幹直、結實豐富之接穗，於休眠期採取，且於早晨陽光柔弱時採集，通常採第一側枝較有活力。每一接穗剪為長度約5 cm，上留二芽，餘5~7片葉子將其剪半。
- 五、嫁接的時期於接穗及砧木休眠芽開放之前；針葉樹1-2月間，闊葉樹12月-1月間。
- 六、以切接（劈接）法最通用，以利剪切斷砧木主幹頂部，再以銳利的切接刀自切口中央髓心垂直向下縱切成一光滑的深約1.5cm的割切口。
- 七、以銳利的刀片將接穗基部斜切成楔形切面，切面長度與砧木縱切長度等長。
- 八、將接穗基部斜切面插入砧木縱切口，使接穗與砧木之形成層互相密切貼合，於接合處噴灑億力殺菌劑。接合面以封口膜（paraffin）包紮固定，以免脫落或感染。
- 九、套袋：以塑膠袋套袋，將接穗及砧木的一部分側枝包進袋內，以保持溼氣。外加套牛皮紙袋，以防陽光直射。
- 十、去袋：嫁接後5～6週，接穗吐新芽後需去袋。
- 十一、嫁接最好在塑膠蔭棚下或溫室內進行，避免風雨危害。
- 十二、嫁接後，進行定期澆水、噴藥、換袋、及摘除砧木新長之側芽等管理工作。



▲圖3-17 將砧木主幹尾端切除



▲圖3-18 自切口中央髓心垂直向下縱切*

*注意：切勿爲了扶住砧木而將手放置於刀片下方，避免割傷



▲圖3-19 以利刃將插穗基部削成楔形



▲圖3-20 插穗基部削成楔形



▲圖3-21 使用塑膠繩將嫁接處綁緊固定



▲圖3-22 於嫁接處噴灑億力



▲圖3-23 套上塑膠袋保濕



▲圖3-24 套上牛皮紙袋



▲圖3-25 台灣杜鵑種內嫁接，接合處產生癒傷組織之情形



▲圖3-26 森氏杜鵑種內嫁接存活長新葉之情形

第十七節、壓條苗之培育技術

- 一、選取成熟健壯、芽飽滿的1~2年枝條。
- 二、在適當部位進行環狀剝皮寬1cm，用濕潤之水苔包住環剝處，再以塑膠薄膜包覆水苔，其上下端以繩子緊縛。
- 三、可使用刻截、舌狀切、緊縛、環剝、扭枝及生根促進劑處理（一般為IBA、NAA、或市售之發根粉）促進發根。
- 四、定期檢查水苔是否濕潤及發根情形。
- 五、待根群生長良好後，於晚秋或早春切分離；大枝須分多次切離。



▲圖3-27 環狀剝皮1.cm*

*環剝須完全刮除皮層下方綠色部分



▲圖3-28 用濕潤之水苔包住環剝處



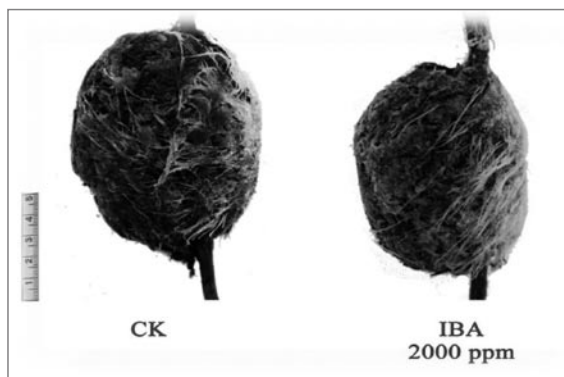
▲圖3-29 以塑膠膜包覆水苔



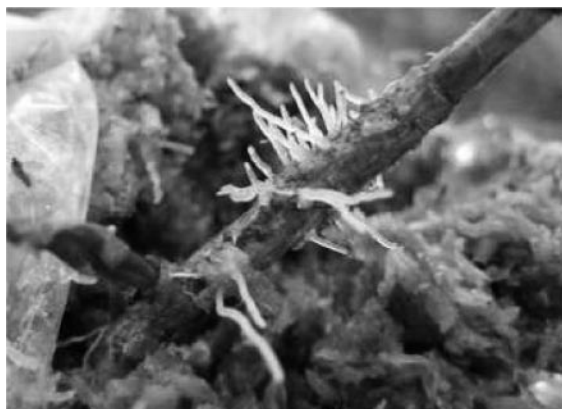
▲圖3-30 上下端以繩子緊縛



▲圖3-31 高壓完成



▲圖3-32 西施花壓條繁殖發根情形（水苔上佈滿著根系）



▲圖3-33 森氏杜鵑壓條繁殖發根情形（以IBA 2000ppm處理）



▲圖3-34 無患子壓條繁殖發根情形

第十八節、苗木養分缺乏之症狀

養分元素缺乏時其針葉或葉片會出現徵狀，但不同元素缺乏的症狀有者甚為相似而不易鑑別。另外，由於水分不足或根系受傷時會影響養分的吸收，而出現養分缺乏之症狀。

表3-6 苗木之養分缺乏症狀表

缺乏要素	徵 狀
氮肥	生長緩慢，發育不良。葉片較小，呈黃綠色或淡黃綠色；輕微時老葉黃化，幼葉呈淡綠色；嚴重時全株葉片黃化，老葉出現紅色斑點，易焦乾脫落；或部份植物老葉葉柄、葉脈呈紫紅色。根系生育不良。
磷肥	生育初期之發育緩慢，苗木萎凋尤其新梢之發育欠佳。葉色暗綠或葉脈間組織呈暗綠色或藍紫色（斑塊），老葉較新葉嚴重。細根之發生甚少。在柳杉、停止新梢之發育，葉尖變硬，苗幹呈綠褐色乃至古銅色葉呈帶紫暗綠色。
鉀肥	生長尚屬正常。老葉自葉尖及葉緣先黃化、成褐色或焦乾，葉面褐色斑點或焦腐，漸次擴及新葉；或主脈及側脈仍保留綠色或葉脈間黃化。在柳杉、樹葉變成暗綠色或淡黃，下部樹葉則稍帶赤色。
鎂	老葉葉脈間黃化，夾雜斑點狀綠色，並自下位葉漸次擴及成熟葉，幼葉；莖及葉柄偏紅色。或生育之中期至後期由下部樹葉尖端開始變呈黃綠色～桃黃色或赤褐色，隨缺乏程度之惡化，漸及上部樹葉，在柳杉由下部樹葉尖端變呈桃黃色亦深桃紅色。
鈣	雖較其他要素甚難呈現缺乏症，嚴重時樹葉呈暗深綠色。或老葉正常，幼葉呈現生長不良或變形，嚴重時頂芽黃白化、扭曲變形或枯死。根系之生長及發根致受阻害。在柳杉則頂芽及側芽均停止伸長以至枯死。
硫	主梢頂端及側枝前端之葉片首先黃化，呈淡黃綠色，隨後主脈、側脈以及部份葉網狀脈亦呈紅色。
鐵	先由新葉黃化，嚴重時白化，老葉維持正常。然後逐漸蔓延至下部樹葉。
錳	新葉黃化或老葉呈網狀黃化，或葉脈間呈淡綠色，老葉維持正常。然後逐漸蔓延至下部樹葉。

第十九節、優良苗木應具備性質條件

- 一、苗幹（莖）粗大、單直、堅實不徒長者。
- 二、枝條伸長法正，枝葉由下而上適正繁茂，頂芽粗大完全者。
- 三、裸根苗需有多數之側根發生，容器苗不可有盤根及老化根系。
- 四、地上部與地下部配合相稱者。（其他條件相同者，以TR率小者為佳）
- 五、有該樹種固有之色澤，樹勢旺盛，組織充實，無病害或傷痕者。
- 六、大小形狀整齊者。

註一：雖苗木的外形與活力相似，仍應儘量選用與栽植預定地鄰近或環境條件相似之苗圃所培育苗木。

註二：育成之苗木外部形態符合上述條件，出栽時仍應以根頸直徑及苗高規範品質一致之苗木。就同一批苗木而言，以健壯之最大根頸直徑為標準，當苗徑小於1/2吋，及以健壯之最大苗高為標準，當苗高小於1/3吋即應剔除。例：一批苗木之最大根直徑約為1cm，最大苗高約為60cm，出栽時應將苗徑小於0.5cm、苗高小於20cm之苗木剔除。

第二十節、苗圃之防寒與防風林帶建構

一、苗圃之防寒對策

在中、高海拔山區或是地勢低窪苗圃，苗木冬天易受凍害或霜害者，應加強防寒措施。

- （一）冬天育苗工作需加強苗床之夜間保溫，配合搭設竹稈或隧道式鐵架等支柱，上覆尼龍塑膠布，或以不織布直接庇護苗床亦可有效防寒。但披覆塑膠布時，棚架上方需留適當的排氣孔，以供日間天晴時換氣之用。由於庇護資材重量較輕，容易被風吹動，必須加以確實固定。
- （二）在苗圃北側應設置保護林帶或防風牆等，或於苗床上風處再以斜式竹籬笆保護，其傾斜角度需配合太陽入射角調整，避免苗床光照不足。或在苗床北側架設細竹枝稈欄柵，以減緩寒風吹襲，亦可防止霜害產生。
- （三）苗圃氮肥施用過多或澆水頻繁，苗木在秋天會繼續生長，主幹纖弱細長、健化不全最易受凍害。冬季之澆水次數應視天候狀況適度減少，或採隔日供水為宜。若有苗木因土壤水結霜而被凍拔時，應儘速種回受害苗木，注意不能傷及枝葉，將苗床土壤踏緊，且減少澆水。
- （四）苗圃應設置排水溝，避免苗床積水且降低地下水位，防止地表結霜。重黏質土壤需混合砂、泥炭土或蛭石等土壤改良劑，改善土壤的透水性等，或是撒布落葉、鋸屑等有機物於苗床，或於地表鋪設稻藁等保溫材料，皆可減少凍害發生。

二、苗圃之防風林帶建構

- (一) 防風林帶與冬季東北風或因地形引起之風向成直角，且林帶樹冠密度為50～60%左右之減風效果最佳。上風側有效減風範圍可達樹高的2倍，而下風處則可達樹高之10倍。
- (二) 防風林藉著林帶樹冠結構，可避免形成渦流，且減低風速，發揮防風機能。無論在風上或風下側，愈接近林帶之風速減少越多，離開林帶愈遠，風速則會逐漸回復。
- (三) 防風林帶可減少風速之外，亦能保持地表溫度，對於中、高海拔山地苗圃苗木越冬有顯著保護效果。另外，在鄰近海岸之苗圃，因風速減低亦可使砂塵逐漸堆積於林帶前緣，避免飛砂之害。
- (四) 防風林帶在強風之地應設在苗圃北側，考量林帶一般具備樹高10倍之防風效果，林帶樹高以10m為標準，在面積較大或長形苗圃，防風林帶應每間隔100m連續配置，同時為風向通常不固定，主林帶與翼林帶成格子狀配置之防風效果最佳。
- (五) 防風林生育除需有適當土壤深度外，防風林帶與農地相接觸需以堆石或挖深溝為界，避免林木根系過度伸長而影響到農作物。
- (六) 防風林帶樹冠以圓柱型為佳。為避免防風林過度遮蔽苗床光線，應適度修剪防風林帶樹冠，降低樹木高度，並保持適當的樹冠幅度。另一可以防風用生籬取代，其帶幅保持為1m左右，高度則修剪到2～3m。防風林帶或防風生籬內側，苗床設置應距離樹高三分之一以上方可。

第二十一節、不同特性土壤改善法

一、森林土壤

(一) 沖積土

1. 沖積土多位於河流沖積扇上，一般為較肥沃的新土，土壤生產力較高，養分之分解吸收亦較迅速。惟若土壤含砂量過多，雖然土壤空氣及水分之流通良好，但肥料亦容易隨水分流失。應儘量施用堆廐肥及綠肥等有機物肥料，且為持續保有土壤適量養分，肥料宜分數次施用。
2. 若於黏土質成分過多之排水不良處，或是地下水高之地點，土壤長期積水，在苗圃則易誘發根腐病。應即時施行排水作業，使土壤保持乾適濕而通氣狀態為要。

（二）黃紅壤土

1. 黃紅壤土通常存在於低海拔丘陵地帶，土壤層多屬黃紅色～赤紅色，土壤構造發育不良，土壤堅硬及透水性差，表土缺乏腐植質，土壤肥沃一般較差。應施用堆廐肥或綠肥等有機質肥料為宜。
2. 黃紅壤土多呈酸性，且缺乏石灰質成分。應施用適量石灰質肥料補充，並矯正土壤酸度。
3. 因土壤酸度較低，有效性磷常被固定。應施用磷肥改善，與堆肥等混合施用更佳。

（三）黑色土

1. 黑色土極少，僅分布陽明山等火山灰土壤及台東成功之草原土壤，其表土疏鬆，缺乏膠質物質，粘著性及可塑性雖較少，土壤物理性雖良好，但土壤磷酸吸收係數大，有效性磷常被固定。應施用適量石灰以中和土壤酸度，減低鐵與礬土之活性，使其不容易與磷結合，有助於苗木吸收磷。
2. 土壤養分量少，土壤中腐植質的鹽基交換容量雖較大有利，但吸著保持力弱，鈣及鎂等養分容易缺乏。如無須施用石灰時，將過磷酸鈣等磷酸肥料拌入堆廐肥中合併施用亦可。

（四）褐色森林土

1. 中海拔之森林土壤大多為褐色森林土，其中分佈於山腹之適潤性褐色森林土分布最廣，土壤表層有機物含量雖不多，但土壤團粒構造發達，孔隙量大，土壤水分多，土壤動物活動旺盛，最適合林木生長。
2. 另外，分布於中高海拔山脊稜線之乾性褐色森林土，土壤表層有機物含量則較多，為防止其腐植質過多而呈酸化，應施用適量石灰矯正土壤酸度，並應施行植穴翻土作業，將上下層土充分混合，使土壤有機物能遍布根系生長之土層，此有利於有機物分解與根系的吸收利用。
3. 乾性褐色森林土土壤呈塊狀結構多，細根含量多在地表，土壤養分及水分含量低。應施用磷肥補充為要，與堆廐肥合併混合施用更佳。

（五）灰化土

1. 灰化土僅存在於終年潮濕之高海拔森林，灰化土因強酸性土壤，且降雨量多，鐵、鋁礦質養分等被雨水淋洗至土壤下層，A層土壤下常化育出明顯之灰白色殖質土壤層，此層土壤乾燥時極為堅硬，不利林木根系穿透。
2. 灰化土所含腐植質量雖多，惟此種腐植質多為分解不完全之酸性腐植質，對苗木生長不但無益、有時反而有害，應施用適量石灰矯正其酸度為宜。
3. 翻土深耕，充分混合上下層土壤，並將乾性不透水之菌絲網層打破，有助於苗木生長。

二、特殊土壤

(一) 砂質土壤

1. 土壤質地中粘土成分少，土壤保水力及保肥力極差，土壤養分含量少且極容易流失，土壤也容易乾燥。
2. 應多量投入有機質肥料（落葉、鋸屑、樹皮堆肥等）及堆廐肥改善土壤理化學性質。

(二) 重粘質土壤

1. 重粘質土壤下層常有硬盤產生，不適合林木根系生長，一般土壤多屬排水不良者。林木根系適合在表土層鬆軟處進行呼吸生長，必須將堅硬土壤構造改善為鬆軟狀態。
2. 應先改善排水，並施用適量堆廐肥等有機物以改善土質，或以砂質壤土作為客土改善。

(三) 鹼性土壤

1. 海岸地帶土壤常受海水淹浸鹽沫波及而形成。應開溝築堤，以降低地下水位，使土壤鹽分能藉天然降雨淋洗或人工澆灌而排出。海岸弱鹼性土壤，併用客土改善亦可。
2. 土壤鹽分濃度不高者施用堆廐肥等有機質肥料亦頗有效。
3. 鹼性土壤矯正可使用硫磺粉末，若以化學肥料則施用硫酸銨、過磷酸鈣、硫酸鉀等酸性肥料可中和鹼性。
4. 灌溉用水不充分之地，應避免使用石灰或草木灰，以免鹽分濃度反而增加。

(四) 酸性土壤

1. 土壤酸度強時，鉀鈣鎂等離子鹽類及微量元素化會缺乏，進而使土壤中鋁離子活性增強，會造成林木生長受阻。多數林木適合在酸性～微酸性（pH5.5～6.5）土壤中生長，而喜好強酸性土壤之樹種極少，以松類為代表。
2. 一般應施用適當石灰以矯正土壤酸性外，促進可利用性養分量的提高，並儘量施用堆肥或廐肥為要。
3. 高山地帶含有酸性腐植質者，施用石灰後應充分予以耕耘，上下翻動土壤，使空氣與水能流通，促進酸性腐植質之加速分解。
4. 施用硫銨、硫酸鉀，過磷酸鈣等化學肥料過量時，會提高土壤酸度，必須施用石灰矯正改善。

第二十二節、組織培養技術與運用

一、造林樹種的組織培養繁殖

(一) 不定芽繁殖技術

不定芽繁殖技術是採取植物體的某一部份作為培植體，通常以生理年齡甚輕，尚未深度分化的組織為宜，例如胚的子葉或胚軸等。將其以表面殺菌程序處理到無菌狀態之後，置於培養基上培養。使用細胞分裂素（cytokinin）或是細胞分裂素大於生長素（auxin）的組合作為誘導物質，使培植體在表皮或次表皮層形成許多具細胞分裂能力的分生組織（生長點），在更換培養基之後讓這些分生組織持續生長形成芽體，再接續使芽體抽長，最後利用添加生長素的培養基誘導芽體，促使其發根，遂形成小植株。在逐步調整的環境下將植株移出組織培養容器使其健化，適應外界環境後即可建立獨立生存之苗木。以本方法繁殖苗木，其效率取決於培植體能否充分接受誘導刺激並做出良好反應（培植體單位面積上能誘導多少分生組織）而定。在台灣有繁殖紀錄可查者包括：溼地松、台灣二葉松、台灣雲杉、台灣扁柏、紅檜、台灣杉、泡桐、多倍體異葉銀合歡等樹種，惟由於台灣林業之經營，並非以經濟收益為重，組織培養繁殖苗木成本偏高，僅台灣杉曾應用本方法進行過造林生長驗證。

(二) 側芽繁殖技術

側芽繁殖技術是採取植物體帶有頂芽的莖節或是切除頂芽；收集幼嫩新萌發抽長之莖段，在表面殺菌之後，置於含有細胞分裂素的培養基中培養。利用培養的植物體中原本存在的側（腋）芽，誘導其持續抽長即可獲得芽體，進行發根誘導後也可形成小植株。以本方法繁殖所得之苗木數量取決於培植體上有多少側芽，以及這些側芽接受誘導刺激後抽長反應是否良好。在台灣有繁殖紀錄可查者包括：溼地松、杉木、台灣扁柏、紅檜、台灣杉、台灣肖楠、台灣檫樹、牛樟、樟樹、台灣欖、桉樹類、多倍體異葉銀合歡、烏腳綠竹等樹種，惟以上各法培育之苗木尚未應用於實際造林。

(三) 體胚繁殖法

植物在有性生殖作用結束形成合子（受精卵）之後，會歷經胚的發育、種子成熟、萌芽、成長成苗木至成熟而達開花，植物個體在這個過程中皆由體細胞構成，且這個過程為不可逆轉。但是由於植物細胞之全能性，體細胞可以在培養狀態中接受植物生長調節劑控制而發生逆分化作用，這個作用可將體細胞返回至原始胚胎的狀態，重新進行胚的發育。於是可以取用植物在體細胞階段時的未成熟胚、成熟胚、幼苗子葉甚至植株幼芽等細胞誘導逆分化作用以產生胚，遂稱之為體胚。雖然理論上植物細胞都具有此特性，但仍然也是以分化早期的細胞較容易發生。體胚繁殖法優點是只需要少數組織，再配合增殖的過程形成細胞群團，能產生大量體胚。但是方法是否有效取決於不同物種需要有其特定的植物生長調節劑組合來進行誘導，方能引發此過程，因此困難度稍高。在台灣有繁殖紀錄可查

者包括：溼地松、台灣雲杉、台灣扁柏、紅檜、牛樟、麻竹、烏腳綠竹等樹種。本法雖有驚人之繁殖效率，然成本亦為最高，台灣目前尚未應用於實際造林。

（四）經由癒傷組織的器官發生

本方法須先取得適當植物組織作為培植體，使用生長素為主要誘導物質，使培植體形成癒傷組織，藉由繼代培養將癒傷組織增量，再轉換至以細胞分裂素為主的培養基中，誘導癒傷組織表面或內部細胞形成多數分生組織（生長點），待芽體抽長後進行發根處理而形成小植株。本方法成功與否取決於是否能誘導出具分生能力的癒傷組織，在針葉樹種中成功例子較少，以闊葉樹應用較多，同時也是基因轉殖需應用的步驟之一。在台灣有繁殖紀錄可查者包括：桉樹類、多倍體異葉銀合歡、烏腳綠竹等樹種，其中以桉樹類經此過程進行基因轉殖之後，已有造林紀錄並在進行生長驗證之中。

二、組織培養苗木使用的時機

（一）建造高度集約化經營的經濟林

森林之建造若以經濟生產為導向，需要強調樹種特定性狀，如材質優良、立木生長迅速、抵抗特定病蟲害等，可採用無性繁殖苗木進行營養系單純林之建造，取其性狀穩定遺傳變異低之優點以提升產物之經濟價值，同時降低建造及伐採收穫時之成本。此時若林地非屬生態環境敏感之區域，即可使用組織培養苗木為營林材料，進行集約化之經營。

（二）建立優良營養系庫或種質資源保存

當森林樹種之組織培養技術，發展至可自遺傳性狀確定之優良單株取用營養器官為繁殖材料時，即可將繁殖體建成營養系庫。或是將組織培養過程中特定階段的材料以低溫冷凍方法長期保存，作為種質資源使用。

（三）基因轉殖（基改）森林苗木之培育

凡以基因轉殖技術培養之林業用苗木，因為轉殖作用導入的特定基因不一定同時在對偶基因位置發生置入作用，以致轉殖個體可視為該基因之異質結合體（Aa基因型）。在進行有性生殖時因為基因重组致後代（種子）有可能喪失該導入之基因（形成aa基因型），利用組織培養屬無性繁殖之特性，可使繁殖體均保留轉殖之基因。

（四）與傳統繁殖技術互補

某些樹種在進行有性繁殖時會有障礙，如結實多為空粒，或種子產量有豐歉年之區分。也有樹種進行無性繁殖時扦插不易發根，或扦插苗有生長惰性，缺少直立主幹，此時可以考慮利用組織培養技術繁殖苗木。又或稀少或受保護植物突遭嚴重病蟲危害，影響族群繁殖及延續，亦可利用本技術，僅需採取少量健康組織即可進行繁殖，將個體複製成多數，分散地點栽培以減少集體滅絕之風險。

第二十三節、生物技術應用

一、影響內生植物荷爾蒙促使針、闊葉樹種提早開花

(一) 基本原理

激勃素 (gibberellic acid) 是一種植物荷爾蒙，會促進植物節間之伸長。在闊葉樹種 (以溫帶果樹為例) 發育中的種子會製造激勃素，運送並留存在植物體其他部位之後，抑制次年花芽形成。於是施用激勃素合成的抑制劑，讓植物不要累積激勃素，就能促進開花。同時抑制劑減少激勃素合成，植物枝條伸長受阻，樹形低矮，因此累積碳水化合物，也是促進開花原因之一。惟許多激勃素合成的抑制劑因為殘留在土壤中的時間太久，屬於影響環境的管制用藥，使用上需有限制。在針葉樹種使用激勃素的效果卻和闊葉樹相反，施用在松類、柏類時，可使林木在幼年期即開花結實，同時也能促進成熟木在施藥有效期間內連年開花。

(二) 發展實例

赤桉組織培養苗健化栽植六個月後，經由莖部注射或土壤澆灌 paclobutrazol (一種激勃素合成抑制劑)，即可提早使苗木開花。台灣肖楠25年生母樹從樹幹韌皮部施給激勃素 (GA3) 後，能促進開花。

二、接種共生菌根菌改善苗木營養狀態及提高逆境抗力

(一) 基本原理

森林樹種的共生菌根菌，可以藉由感染植物根部細胞形成菌根。內生菌根菌的菌絲會伸入根的內部組織，而外生菌根菌則在根部外側形成菌絲網，前者可作為根部內外聯通的管道，後者則增加物質吸收交換的表面積。菌根的形成可擴大植物根部吸收物質能力所及之區域，於是協助植物體吸收土壤中養分及水分，在養分缺乏的環境或乾旱土壤，有助植物生長。運用此原理將苗木接種適當菌根菌，可在崩塌地、採礦棄土區、沿海地層下陷廢耕農地 (鹽溼地) 等養分條件不足，水分供應有限的逆境環境中，提高造林成活率，協助林木生長。

(二) 發展實例

取林地根域土壤以濕篩傾倒法及糖液密度梯度離心法分離菌根菌孢子，先接種於玉米或高粱等宿主以大量繁殖之。接種林木時以濾紙袋盛裝繁殖之孢子，置入盆栽基質之底部，於其上種植欲接種之林木幼苗並覆土後即完成接種程序。成功接種菌根菌形成菌根之紀錄，在一般造林樹種有相思樹、台灣杉。適生於海岸鹽溼地之樹種有繖楊、草海桐。景觀造林樹種包括欖仁、烏桕、棟樹。煤礦棄土區復舊樹種為琉球松。提高樹種對重金屬鎘與鋅耐受性的例子為台灣二葉松及青剛櫟。

三、以分子生物技術進行苗木鑑定與區別

(一) 基本原理

不同物種縱使在外形上極其相似，但是在遺傳組成DNA上仍然會有差異，這種差異可能小到只有一個或數個DNA鹼基的有無或差別而已。在實驗室裡若能找到並利用這種差異，將其設計成爲讓DNA進行複製作用的起點，於是當複製作用開始時所需的要件（引子）能辨認出這個特徵點時，就會在物種甲的遺傳背景下完成DNA複製，而在物種乙中因爲特徵點存在差異，無法完成辨認步驟致DNA複製不發生。於是甲、乙二物種在進行相同DNA複製作用時，就會出現複製產物有無的差別，等於是放大了原本DNA上的小差異，讓檢驗工作的結果更容易判讀。藉此差別即可區分外形相近的物種，辨別真偽。

(二) 發展實例

在鑑定區分台灣土肉桂及陰香時，以設計之引子進行DNA複製之後，二個樹種有各自專屬的複製產物出現，足以作爲明確區分二者之分子證據。

四、感染農桿根群菌促進扦插苗木發根

(一) 基本原理

農桿根群菌爲土壤中的細菌，當感染植物傷口時，細菌中質體DNA的片段（稱爲T-DNA）會被活化而與細菌之質體分離，轉而植入植物細胞的遺傳組成中。因爲這個片段上攜帶有合成生長素及細胞分裂素所需酵素之基因，因此植物細胞被植入此片段後，內部就開始製造額外的生長激素，導致細胞進行異常分裂增殖，形成細根叢生之病徵。在育苗工作上，可以取不易發根的插穗，將其切口浸於農桿根群菌的培養菌液中。若感染成功，插穗基部切口處即可發生大量根系，有助扦插苗成活。

(二) 發展實例

將農桿根群菌以適當之液體培養基震盪培養，菌體經活化並增殖到固定濃度（以分光光度計量測在60nm光波照射下吸收值達0.8~1.2之間）後即可作爲接種菌液。接種時將林木插條基部浸置於菌液中數秒至數分鐘不等，接種後將插穗移往遮陰噴霧砂床如一般扦插插穗照護即可。

成功之案例包括自胸徑18公分之台灣紅豆杉母樹採取插穗建立採穗園，以農桿根群菌R1600、R1601及R15834菌系感染採穗園提供之插條，均能有效提高發根率。亦有自12年生牛樟母樹採取插穗，以農桿根群菌R15010及R15011菌系感染，能有效提高發根效率。

第二十四節、林木基因轉殖技術

林木傳統育種期長，台灣建立的種子園能開花結實生產種子的樹種僅台灣肖楠與香杉，種子園的經營從選育母樹至建立種子園生產種子，都長達20至30年以上。利用林木基因轉殖技術，將該樹種所無之優良性狀基因或強化該基因直接經由轉殖技術到該優良品系，可快速培育出目標樹種。在基改林木的發展上，速生樹種桉樹最具代表性，利用傳統的種子園經營3代，不如利用雜交育種2代的時間效率與遺傳增益大。利用營養系林業的遺傳增益又比改良種苗的遺傳增益大，將目標基因轉殖到優良營養系，開拓桉樹耐寒及增加纖維素產量，又遠非傳統育種所能企及。唯基改林木生長期長，對生態環境的衝擊有許多不可測知的因素。因此基改林木通常要考慮轉殖雄不稔基因，防止開花產生的種原污染，或者在未達開花時就必須採收。國內如要栽植基改林木，並需符合國內法規。最上位法源為「植物品種及種苗法」，明訂基因轉殖植物可作為品種權申請，規定基改植物必須經過中央主管機關（農糧署）核准同意文件，不得輸出入與推銷推廣。基改實驗必須符合「基因重組實驗守則」，基改植物田間試驗必須依據「基因轉殖植物田間試驗管理辦法」提出申請，基改植物在獲准推廣栽培前必須通過中央主管機關核可之遺傳特性與生物安全檢定。林木品種權的主管機關為林務局，因此基改林木品種權的審議也當為林務局。目前基改林木的研發策略，係以台灣為研發中心，海外林業為發展基地。同時，為防止基改林木的入侵，雖然引種者需向中央主管機關申報，但如未申報，將對台灣生態產生衝擊，因此對國外基改林木的進展，林務單位必須隨時注意，一有疑慮應進行檢驗是否含有非該樹種的外源基因，進行執法取締。

林木轉基因技術常用方法有3種，茲以桉樹與台灣泡桐發展的轉基因技術分別說明與圖示如下：

一、農桿菌轉殖法（*Agrobacterium transformation*）

為最常用方法，利用自然界之植物農桿菌內含有使植物產生腫瘤的質體進基因轉殖。當該病原菌感染植物時，會將質體中的致腫瘤基因轉殖到植物的染色體，使植物細胞不斷分裂，產生腫瘤。遺傳工程學家將該質體進行改造，把目標基因取代致腫瘤基因，利用農桿菌轉殖的機制，將目標基因與選殖基因轉殖到植物細胞的染色體內。選殖基因通常為抗抗生素基因，獲得轉殖基因的細胞因擁有抗抗生素基因，得以在含有抗生素基因的培養基種俾存增殖，接著利用促進細胞分化的再生培養基培養，誘導轉基因細胞分化成植株，即可獲得基改植物（圖3-35）。

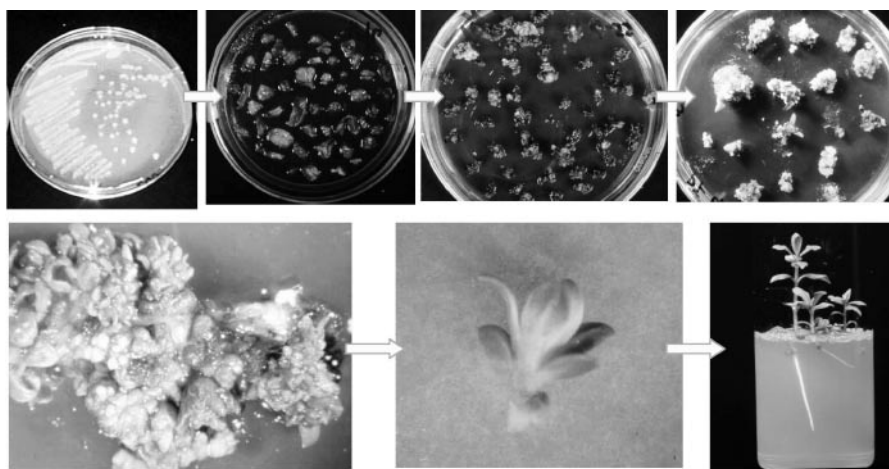


圖3-35 農桿菌的培養、接種赤桉葉片、在含有抗生素培養基中轉基因細胞生長、分化成芽體、芽體增殖、芽體具有轉基因的藍色反應、芽體發根成轉基因植株。

二、電穿孔處理法 (electroporation)

電穿孔技術係將花粉或組織，浸泡於含有大量目標基因質體之溶液中，利用高壓電使細胞穿孔，目標基因得以進入細胞內，與染色體結合。最常用的係轉殖到剛發芽的花粉粒，目標基因從穿孔的花粉管進入，然後將轉基因花粉管授粉在柱頭，經由天然或人工受精，獲得轉基因種子。

三、粒子槍導入法 (particle gun)

用粒子槍高速將塗被有目標基因的質體的高密鎢粒子（圖4），打入細胞或花粉粒內與其染色體結合，然後將轉基因細胞培養在抗生素的培養基選殖出轉基因細胞，再生成植株。

第4章 育林作業

第一節、造林種源及主要造林樹種表

育林原則為適地適種，依造林目標選擇樹種時首需考量其生育習性，如耐陰性、耐旱性與需肥性等。同時需考量其種源，有些樹種之種源表現差異大，而影響生長與適應。因此，造林前需確認樹種及其來源。樹種或其種源距離造林地的水平距離或高度差愈大，造林失敗的可能性愈大。原則上，以當地之原生樹種或外來樹種已在本地環境馴化者為宜，例如相思樹、油桐、木麻黃、杉木等樹種即為馴化種。對目標樹種之造林材料亦需注意苗木種類與品質，以提高造林成效。

表4-1 臺灣主要造林樹種及其適宜之林地條件

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
臺灣冷杉	<i>Abies kawakamii</i>	中性	喜深厚濕通氣且排水良好濕潤肥沃之地	全臺	2,800~3,500	濕	北、東	砂、粘質壤土	2~5	●		
臺灣雲杉	<i>Picea orrisonicola</i>	陰性	喜多濕通氣之高山及濕潤肥沃土壤	全臺	2,300~3,000	濕、潤	北、東	砂質壤土	2~5	●		
濕地松*	<i>Pinus elliotii</i>	陽性	喜土層深厚排水之砂質壤土	全臺	800以下	乾、潤	南、西	砂、粘質壤土		●		
馬尾松	<i>Pinus massoniana</i>	陽性	瘠薄乾旱地最佳	北	300~1,300	乾、潤	南、西	砂質壤土	12~2	●		
臺灣二葉松	<i>Pinus taiwanensis</i>	陽性	土層深厚坡度緩斜之地	全臺	700~3,000	乾、潤	南、西	壤土	2~5	●		

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
臺灣五葉松	<i>Pinus morrisonicola</i>	陽性	以深厚壤土為宜	中	200~2,300	乾、潤	南、西	砂質壤土	2~5		●	
華山松	<i>Pinus armandi</i> var. <i>masteriana</i>	陽性	乾燥瘠薄之地亦可生長	中	2,300~3,000	乾、潤	南、西	壤土	2~5	●		
臺灣黃杉	<i>Pseudotsuga wilsoniana</i>	中性	砂質壤土多石礫排水良好	中	1,000~2,700	潤	北、東	砂質壤土	北中 1~4 南 5~8	●		
臺灣鐵杉	<i>Tsuga chinensis</i> var. <i>formosana</i>	陽性	土壤深厚多溼	全臺	2,000~3,000	濕、潤	北、東	粘質壤土	2~5	●		
柳杉*	<i>Cryptomeria japonica</i>	中性	喜溼度高富腐植質排水良好地帶	全臺	1,000~2,000	潤、濕	北、東	砂質壤土	北中 1~4 南 5~8	●		
杉木*	<i>Cunninghamia lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	陽性	喜溫暖多雨土壤肥沃地區	全臺	500~2,000	潤、濕	北、東	砂質壤土	北中 1~4 南 5~8	●		
巒大杉	<i>Cunninghamia lanceolata</i> var. <i>konishii</i>	陽性	土層深厚的砂質壤土	北、中	1,000~2,500	潤、濕	北、東	砂質壤土	北中 1~4 南 5~8	●		
臺灣杉	<i>Taiwania cryptomerioides</i>	中性	深厚砂質壤土	全臺	1,000~2,800	潤、濕	北、東	砂質壤土	北中 1~4 南 5~8	●		
紅檜	<i>Chamaecyparis formosensis</i>	中性偏陰性	肥沃濕潤之地乾燥瘠薄地亦能生長	全臺	1,000~2,800	潤、濕	北、東	粉、粘質壤土	北中 1~4 南 5~8	●		

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
臺灣扁柏	<i>Chamaecyparis obtuse</i> var. <i>formosana</i>	中性偏陰性	土壤較淺且多石礫及排水好	全臺	1,300~2,800	潤、濕	北、東	玢質壤土	北中1~4 南5~8	●		
臺灣肖楠	<i>Calocedrus macrolepis</i> var. <i>formosana</i>	中性	表土深厚之粘質或砂質壤土	全臺	300~1,900	乾、潤	北、東	砂、粘質壤土	北中1~4 南5~8	●		
竹柏	<i>Decussocarpus nagi</i>	中陽	壤、砂質壤土	全臺	300~1,900	濕	北、東	壤、砂質壤土		●	●	
羅漢松	<i>Podocarpus macrophyllus</i>	陽性	濕潤排水良好土壤	全臺	800以下	潤	南、西	砂質壤土			●	●
肯氏南洋杉	<i>Araucaria Cunninghamii</i>	陽性	排水良好之砂質壤土	全臺	800以下	潤	南、西	砂質壤土			●	●
小葉南洋杉	<i>Araucaria heterophylla</i>	陽性	排水良好之砂質壤土	全臺	800以下	潤	南、西	砂質壤土			●	●
臺灣紅豆杉	<i>Taxus sumatrana</i>	幼苗陰性 成苗中性	表土深厚之壤土多石礫	全臺	1,800~2,300	潤	西、北	壤土	北中1~4 南5~8	●		
烏心石	<i>Michelia compressa</i>	中陰性	肥厚濕潤壤土最佳砂或粘質壤土亦可需排水良好	全臺	400~1,800	潤、濕	北、東	玢質壤土	北中2~4 南5~8	●		
昆欄樹	<i>Trochodendron aralioides</i>	中陰性		中北	300~2,000	潤			2~4	●		

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
樟樹	<i>Cinnamomum camphora</i>	陽性	排水良好肥沃之粘質壤土	全臺	1,500 以下	潤	北、東	砂、粘質壤土	北中 2~4 南 5~8	●		
牛樟	<i>Cinnamomum kanehirae</i>	中偏陽	宜土層厚腐植質多	全臺	300~2000	潤	西北、東	壤土	北中 2~4 南 5~8	●		
土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	中陰性	對環境適應性強	全臺	1,200 以下	潤	東、南	壤土	中北 10~4 南 5~8	●		
豬腳楠 (紅楠)	<i>Machilus thunbergii</i>	中陰性	土層肥厚而濕潤之砂質壤土最佳	全臺	500~1,500	濕、潤	北、東	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8	●		
香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>	中性	土層肥厚而濕潤之砂質壤土最佳	全臺	500~1,500	濕、潤	北、東	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8	●		
臺灣檫樹	<i>Sassafras randaiense</i>	陽性	需通氣排水良好之酸性土壤	中、北	800~2,000	乾、潤	南、西	砂質壤土	中 2~4 北 11~4	●		
山櫻花	<i>Prunus campanulata</i>	陽性	排水良好深厚土壤	全臺	2000 以下	乾、潤	南、西	壤土			●	
豔紫荊*	<i>Bauhinia blakeana</i>	陽性	排水良好深厚土壤	全臺	800 以下	乾、潤	南、西	壤土			●	
阿勃勒*	<i>Cassia fistula</i>	陽性	排水良好深厚土壤	全臺	800 以下	乾、潤	南、西	砂質壤土			●	

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
鳳凰木*	<i>Delonix regia</i>	陽性	排水良好深厚土壤	全臺	800以下	乾、潤	南、西	砂質壤土、石灰岩質土			●	
相思樹	<i>Acacia confusa</i>	陽性	適應性甚強不擇土壤	全臺	100~1,000	乾	南、西	各種土壤	北中 2~4 南 5~8	●		
青拷皮樹*	<i>Acacia decurrens</i>	陽性	排水良好質地	全臺	500~1,500	乾、潤	南、西	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8			
水黃皮	<i>Pongamia pinnata</i>	中陽性	耐鹽性、抗強風、耐旱性土壤適應性強	全臺	300以下	高溫、濕潤	西、南	壤土	中 3~4 南 5~8	●		●
印度紫檀*	<i>Pterocarpus indicus</i>	陽性	喜肥沃土壤	中、南	100~400	乾、潤	南、西	各種土壤	北中 2~4 南 5~8	●	●	
鵝掌柴	<i>Schefflera octophylla</i>	陰性	土質以排水良好且富含有機質之砂質壤土為佳	全臺	100~500	潤	北、東	壤土	中北 9~3 南 5~8	●		
楓香	<i>Liquidambar formosana</i>	陽性	一般壤土均可	全臺	100~1,500	乾、潤	南、東	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8	●	●	
楊梅	<i>Myrica rubra</i>	中陰	肥沃之稍黏質土	全臺	300~2000	潤		壤土			●	●
臺灣赤楊	<i>Alnus formosana</i>	陽性	喜崩壞地溪畔或腐植質少地區	全臺	200~2,500	乾、潤	南、西	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8			●

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
板栗*	<i>Castanea mollissima</i>	陽性	疏鬆及微酸性土壤為宜	中南北	5,000~2,000	乾、潤	南	砂質壤土	中 2~4 南 5~8			
長尾尖櫨	<i>Castanopsis carlesii</i>	中性		全臺	300~2,000	濕、潤	南、西	砂質壤土	中北 12~3 南 5~8	●		
赤皮 (石櫨)	<i>Cyclobalanopsis gilva</i>	中性	表土深厚肥沃濕潤之壤土	中北	250~1,500	潤	南、西	坊質壤土	中北 12~3	●		
青剛櫨	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	中性偏陽性	土壤適應性甚強，石灰岩山地亦可生長	全臺	300~1,500	潤	南、西	砂、粘質壤土	北中 12~3 南 5~8		●	●
木麻黃類*	<i>Casuarina spp.</i>	陽性	喜好砂地至砂質之壤土	全臺	300以下	乾	南、西	砂土	北中 2~4 南 5~8			●
山黃麻	<i>Trema orientalis</i>	陽性	常在坍方之裸露地排水好土壤不拘	全臺	200~1,000	濕、潤	南	砂質壤土	中北 2~4 南 5~8			●
櫟樹	<i>Zelkova serrata</i>	陽性	喜好肥沃濕潤而排水良好之地	全臺	500~1,200	潤	南、西	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8	●	●	
構樹	<i>Broussonetia papyrifera</i>	陽性	溫暖濕潤地且排水良好土層深厚之礫質及砂質壤土或腐植土	全臺	800以下	潤	南、西	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8	●		

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
銀樺*	<i>Grevillea robusta</i>	中性	喜高溫多濕之壤土	中、南	100~1,000	乾、潤	南、西	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8		●	
杜英	<i>Elaeocarpus decipiens</i>	中陰性	排水好濕潤肥沃壤土	全臺	600以下	濕潤	南、西	砂礫質壤土		●	●	
木棉樹	<i>Bombax malabarica</i>	陽性	日照充足且排水良好	中、南	200以下	乾	南、西	砂質壤土			●	
黃槿	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	陽性	日照充足、高溫多濕、抗風抗鹽	全臺	500以下	濕潤	南	砂質壤土			●	●
油桐*	<i>Aleurites fordii</i>	陽性	土層深厚要求最大容水量為80%最佳	全臺	100~800	潤	南、西	粘質壤土	北中 2~4 南 5~8		●	
千年桐*	<i>Aleurites montana</i>	陽性	排水良好質地疏鬆之砂質壤土	南中北	100~800	潤	南、西	壤土	北中 2~4 南 5~8		●	
茄苳	<i>Bischofia trifoliata</i>	陽性	高溫多濕，肥沃之砂質壤土	全臺	500以下	濕	西、北	砂質壤土			●	●
烏桕*	<i>Sapium sebiferum</i>	陽性	不擇土壤耐瘠	全臺	500以下	700以下	南、西	壤土	中 3~4 南 5~8	●	●	
木荷	<i>Schima superba</i>	陽性	對土壤適應性強土層需較疏鬆	中、北	800~2,000	濕、潤	南、西	粘質壤土	中 2~4 北 11~4	●		
瓊崖海棠	<i>Calophyllum Inophyllum</i>	中陽	石灰質土	全臺	500以下	乾					●	●

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔(m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
福木	<i>Garcinia Subelliptica</i>	陽性	石灰質土	全臺	500以下	乾					●	●
檸檬桉*	<i>Eucalyptus citriodora</i>	陽性	排水良好濕潤土層深厚稍含礫質之地	全臺	700以下	乾、潤	南、西	砂質壤土	北中2~4 南5~8	●	●	
大葉桉*	<i>Eucalyptus robusta</i>	陽性	對土壤適應性頗強	全臺	700以下	乾	南、西	砂質壤土	北中2~4 南5~8	●	●	
白千層	<i>Melaleuca leucadendron</i>	陽性	耐乾旱高溫及貧瘠土壤	全臺	500以下	乾		砂質壤土			●	●
棋盤腳樹	<i>Barringtonia asiatica</i>	陽性	排水良好之沙地或砂礫	中、南	500以下	潤		砂土			●	●
穗花棋盤腳	<i>Barringtonia racemosa</i>	陽性	排水良好之沙地或砂礫	全臺	500以下	潤		沙土			●	●
大花紫葳*	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	陽性	日照充足排水良好	全臺	1400以下	潤		各種土壤			●	
九芎	<i>Lagerstroemia subcostata</i>	陽性	深根性，排水良好佳	全臺	1400以下	潤		各種土壤			●	●
欖仁	<i>Terminalia catappa</i>	陽性	不擇土壤能耐風耐濕	全臺	500以下	乾	南、西	壤土	北中2~4 南5~8	●		●
毛柿	<i>Diospyros discolor</i>	半陰性	不含石灰質之肥沃土壤最佳	南	300以下	乾、潤	南、西	粘質壤土	南5~8	●		●

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
象牙樹	<i>Maba buxifolia</i>	幼樹耐陰成株喜光	耐旱	全臺	300以下	乾				●	●	
大葉山欖	<i>Palaquium Formosanum</i>	陽性	耐鹽、旱能力強	全臺	300以下	乾				●		●
黃藥	<i>Phellodendron wilsonii</i>	中性		東北中	1,800~2,600	溼潤	南、東	粘質壤土	中 2~4 南 5~8			
楝樹	<i>Melia azedarach</i>	陽性	喜肥沃土壤、耐石灰質土	全臺	800以下	乾		砂土		●		●
大葉桃花心木*	<i>Swietenia macrophylla</i>	中陰性	土層深厚排水良好	中南東	300以下	潤	北、東	粘質壤土	中北 2~4 南 5~8	●	●	
桃花心木*	<i>Swietenia mahagoni</i>	中陰性	喜土壤深厚日照充分	中南東	300以下	潤	北、東	粘質壤土	中北 2~4 南部 5~8	●	●	
台灣欒樹	<i>Koelreuteria formosana</i>	中陽性	日照充足排水良好	全臺	800以下	濕潤		砂質壤土				●
無患子	<i>Sapindus mukorossi</i>	陽性	喜肥沃鬆土對土壤適應性強	南中	1000以下	潤	南、西	壤土	中 3~4 南 5~8			●

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
黃連木	<i>Pistacia chinensis</i>	陽性	乾燥向陽地腐植土之砂質黏土及砂質土	全臺	100~750	乾	南、西	砂質壤土	中北2~4 南5~8	●		●
安南漆*	<i>Rhus succedanea</i> var. <i>dumoutieri</i>	陽性	濕潤肥沃透水性良好之壤土	中、南	700以下	乾、潤	南、東	粘質壤土	中2~4 南5~8			
青楓	<i>Acer oliverianum</i>	中	肥沃適潤而排水良好之地	全臺	700~000	潤		砂質壤土			●	
光臘樹	<i>Fraxinus griffithi</i>	中陰性	濕潤之砂質壤土至石灰質土最佳瘠薄乾旱地宜多施堆肥	中、南	1,000以下	乾、潤	南、西	各種土壤	北中2~4 南5~8	●	●	●
黑板樹*	<i>Alstonia scholaris</i>	陽性	排水良好不擇土壤	全臺	500以下	乾		各種土壤			●	●
海欖果	<i>Cerbera manghas</i>	中陽	耐乾、鹽能力強	全臺	500以下	乾		砂土		●	●	●
水筆仔	<i>Kandelia candel</i>	陽性	耐鹽、耐水淹	全臺	300以下	濕		粘質壤土		●		●
紅海欖	<i>Rhizophora stylosa</i>	陽性	土壤深厚、有機質高之生育地	中、南	300以下	濕		粘質壤土				●
欖李	<i>Lumnitzera racemosa</i>	陽性	耐鹽力強	全臺	300以下	濕		砂、粘質壤土		●		●
海茄苳	<i>Avicennia marina</i>	中陽	耐鹽、耐水淹	全臺	300以下	濕		粘質壤土		●		●

中名	學名	適應性		適宜地區		生育環境			造林時期 (月份)	主要用途		
		耐陰性	土壤條件	地區	海拔 (m)	溼度	方向	最適土壤		用材	景觀	環境
柚木*	<i>Tectona grandis</i>	陽性	喜深厚肥沃土壤	南	50~500	潤、濕	南、西	砂質壤土	中 3~4 南 5~8	●		
泡桐	<i>Paulownia fortunei</i>	陽性	排水良好深厚之黃土地	全臺	400~1,500	潤	南、西	砂質壤土	北中 2~4 南 5~8	●	●	
荊竹	<i>Bambusa stenostachya</i>	陽性	土壤深厚濕潤排水良好之壤土	南、中	500以下	乾、潤	南、西	砂質土壤	南 3~4 北 5~8	●		
綠竹*	<i>Bambusa oldhamii</i>	中性	喜肥沃濕潤之砂質壤土至粘質土	全臺	500以下	潤	南、西	砂質壤土	南部 3~4 5~8	●		
長枝竹	<i>Bambusa dolichoclada</i>	陰性	土壤適應性甚廣	南、中	750以下	乾、潤	南、西	砂、粘質壤土	南部 3~4 5~8	●		
孟宗竹*	<i>Phyllostachys pubescens</i>	陰性	喜好排水良好土層深厚之地	中、北	800~1,600	潤	東、北	砂、粘質壤土	9~2	●		
桂竹	<i>Phyllostachys makinoi</i>	中陰性	喜好濕潤及排水良好之地	中、北	100~1,300	潤	東、北	砂質壤土	9~2	●		
麻竹*	<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	中性	土壤深厚濕潤膨鬆且排水良好之砂質壤土	全臺	1,000以下	潤	東、北	砂質壤土	中北 2~4 南部 5~8	●		

* 代表外來之馴化種

第二節、林地分等與適宜樹種

參考林務局1976、2006年出版的育林手冊，依臺灣林地土壤各土系之地力作分級及適栽樹種，如4-2表及4-3表所示，可供現場林業人員施業之參考。

表4-2 臺灣的林地土壤分區表

土壤分區	事業區	母質 & 母岩	地質層	土類	土系
I	羅東、太平山、大甲溪、濁水溪、丹大、巒大、秀姑巒、關山、延平、臺東、荖濃溪、屏東、潮州恒春、大武、南澳、和平、立霧溪、林田山、玉里、太麻里、六龜	板岩	Eh：西村層、新高層 E0：四稜砂岩（少部分） M1：盧山層 0M1：乾溝層	8	19
II	宜蘭、文山、烏來、大溪、竹東、大安溪、大甲溪、八仙山、埔里、巒大、棲蘭林區、惠蓀林場	砂、頁岩（中北部）	Mj：瑞芳群 Ms：三峽群 My：野柳群 0M3：澳底層 0M2：大桶山層	9	23
III	阿里山、大埔、旗山、玉井、恒春（上半區）、臺大試驗林	砂、頁岩 & 泥岩	Mj：瑞芳群 Ms：三峽群	10	22
		泥岩	P2：卓蘭層	2	3
		泥岩 + 砂頁岩混層	P1：錦水頁岩	2	2
IV	南澳、和平、立霧溪、林田山、秀姑巒、玉里、關山、延平、臺東、太麻里	東部母岩	Mj：瑞芳群 Ms：三峽群 My：野柳群 0M3：澳底群 0M2：大桶山群	38	62
V	恒春	恒春母質區	PQ1：泥岩夾外來岩 Q2：石灰岩礁 Q4：臺地堆積 Q6：隆起珊瑚礁	—	—

表4-3 林地土壤地力分級一覽表

土 壤 分 區 土 系 林 地 地 力 分 級	I區： 羅東、太平山、大 甲溪、濁水溪、丹 大、轆大、秀姑巒 東、荖濃溪、屏東 、潮州恒春、大武 、南澳、和平、立 霧溪、林田山、玉 里、太麻里、六龜	II區： 宜蘭、文山 、烏來、大 溪、竹東、大 安溪、大 甲溪、八仙 山、埔里、 轆大、棲蘭 林區、惠蓀 林場	III區： 阿里山、 大埔、旗 山、玉井 、恒春（ 上半區） 、臺大試 驗林場	IV區： 南澳、和平 、立霧溪、 林田山、秀 姑巒、玉里 、關山、延 平、臺東、 太麻里	VI區： 恒春（下 半部）
1	Cit、Nsa	Nac	Tuk		—
2	Stm、Lks	Ylk、Thy、 Tci、Wsk	Yup、Ip 、Sft、 Hls	Hcw、Cdc、 Tmt、PPs、 Lst、Hpy、 Llt、Shm、 Hfs、Lmw、 Hls、Lkp、 Ti、Tft	—
3	Ths、Fcs	Tah、Ws、 Tsi、Tlu、 Ttw、Tsh	Ptp、Ewp 、Llc	Fst、Hpc、 Tmt、Pps、 Lst、Hpy、 Wnt、Hnc、 Tho、Lh、 Yf、Ty	—
4	Ycl、Wss、Ths、 Hys、Sss、Mls、 Gts、Dns	Hyw、Taa、 Tcu、Ams、 Chu	Kuh、Chc 、Ft、Cc 、Tct、 Lwa、Tup	Hwj、Tcn、 Scd、Tlp、 Het、Knt、 Cmi、Hct、 Kp、Lms、 Hcp、Lhs、 Yks、Hoc、 Cht、Hkt、 St、Sft、 Fln	—
5	Sp、Lt		Slp、Stk 、Li	J s、C i、 Ssh、Mes、 Cft、Lpj	—
6	Nsh、Wat、Shs、 Wus	Smh、Myk、 Ssk、Btr	Hos、Yhs 、Yts、 Tzt、Tfs	Hcy、Kys、 Cfs、Lch、 PPn、Slw、 Wan、Kys、 Cl1、Hns、 Tta、Pch	—

備註：1.土壤圖中複合土系決定等級之準則

- ①定積土-崩積土，若坡度為C級則為2級地力，若坡度為D級則為3級地力；
- ②定積土-石質土，若坡度為D級則為4級地力，若坡度為E級則為5級地力；
- ③崩積土-石質土，若坡度為D級則為5級地力，若坡度為E級則為6級地力；
- ④沖積土-石質土若坡度為C級則為5級地力，若坡度為D、E級則為6級地力。

2.若土系所在高程為2,500m以上，地力分級均降二級，如I區、2級 Lks C（分布於2,650m），地力降二級、則屬4地力級。

3.等級越大表示地力越差。

表4-4 林地地力等級及適宜樹種

寒帶： 2500m以上	1、2、3、4級：雲杉、冷杉
	5級以上：以靠天然更新為主，不宜採用人工造林
溫帶： 1500～2500m	1、2、3級：巒大杉、臺灣杉、牛樟
	2、3、4級：紅檜、扁柏、肖楠、台灣紅豆杉、鐵杉、黃蘗
	3、4級及部分地形單純V級：五葉松、華山松、台灣黃杉、昆欄樹
	5、6級：台灣赤楊、以採用天然更新為宜
暖帶： 500～1500m	1、2級：杉木、巒大杉、柳杉、泡桐、樟樹、孟宗竹
	2、3級：楓香、肖楠、烏心石、台灣檫樹、赤皮、香楠、紅楠、桂竹
	3、4級：檫木、光蠟樹、楊梅、土肉桂、青楓
	4、5級：相思樹、馬尾松、山櫻花、青剛櫟
	5、6級：台灣赤楊、山黃麻、九芎
熱帶、亞熱帶： 500m以下	1、2級：杉木、泡桐、樟樹、桃花心木、鵝掌柴、杜英、構樹、棟樹、柚木、可可椰子、麻竹、綠竹
	2、3級：黃連木、無患子、毛柿、濕地松、大葉桉、檸檬桉、楓香、鐵刀木、台灣欒樹、桂竹、麻竹
	3、4級：黃連木、印度紫檀、光蠟樹、檫木、茄苳、馬尾松、青剛櫟、棟樹、黃槿、水黃皮、小葉南洋杉、木麻黃類、綠竹、長枝竹
	4、5級：相思樹、印度紫檀、馬尾松、瓊崖海棠、刺竹
	5級：相思樹、山黃麻、九芎、台灣赤楊 6級：不宜造林，更應注意水土保持

第三節、苗木出栽之程序

一、出栽前健化之要領

（一）蔭棚卸除

1. 視苗木生長情形，於10月初即寒露前後際將蔭棚卸除，使接受日曬寒風鍛鍊，準備翌春出栽。
2. 蔭棚卸除前之一個月即白露過後，宜逐漸增加苗木接受陽光之照射量，不可驟然卸除。

（二）切根

1. 切根可防苗木徒長，硬化組織促進側根、鬚根之發生，進而提高出栽及移植成活率。
2. 松類宜於出栽前約60天前實施切根。
3. 膠袋苗於出栽前1~2個月先行切斷伸長袋外之根。

（三）養分管理

9月之後，需降低氮肥之用量，提高磷肥及鉀肥之比例，使苗木之根、莖組織強化抗旱之能力。

（四）水管理

在養分調整之同時，也要調整水分之供應，以逐步增加澆水之間隔天數，使苗木逐漸適應低水分之環境或短期缺水之逆境，以提高苗木出栽後之成活力。

二、苗木數量與選別

（一）苗木數量調查

1. 9~10月間調查苗木總量及可出栽株數，作為次年造林及育苗計畫之依據。
2. 調查結果宜記錄於苗圃圖上，並於每苗床豎牌標示，俾利苗木之分配及掘取。

（二）掘苗

1. 掘苗前1~2天，應先充分灌濕床土而後掘苗。
2. 通常用短柄鋤或叉等工具，注意切勿傷及苗根。
3. 雨天掘苗，應防泥土附著於枝葉阻礙苗木呼吸。
4. 掘起之苗，立即置於筐或桶內，以濕蓆、蒿草等掩護其根，勿令其風吹日曬。
5. 原則上宜掘苗當日栽植。如係大量掘苗運往遠方，掘起後，應隨即假植或置於庇蔭之處，掩護其根，以待包裝運送。

6. 蒸發抑制劑：掘苗之前，對苗木枝葉噴霧蒸發抑制劑（有美製Rutex、日製Greener等），可抑制蒸發，維護苗木之生機。

（三）選苗及分級

1. 苗木之生長過小而樹勢衰弱者，不宜出栽造林，應換床培育供翌年補植之用。
2. 苗木之被害者（病蟲害或被掘傷），應剔出而捨棄之。
3. 苗木應依發育、枝葉、根系、TR率、地際直徑等性狀選事宜出栽者。

三、苗木運輸作業

（一）捆束

1. 合格之苗木宜分為大、中、小各等級，分別計其株數，通常以每100株為一束，再合5或10束為一大束。
2. 苗木之選別、分級、捆束等作業，應於掘後隨即迅速行之。在乾燥或多雨天氣，宜在室內（或作業棚）進行。

（二）包裝

1. 苗木如須運往外地出栽，必須妥為包裝，藉資保持生機。
2. 先將每束苗根浸以泥土漿或陶土泥漿後，再以草蓆或草袋包裹捆紮苗根及苗幹。
3. 若用車輛運苗，可將束好之苗木，分為兩份，彼此苗根向外相接，用草蓆包捲為一大束。
4. 苗木捆包應依樹種、苗齡、株數、重量而分類並予標記，以便分配及搬運。
5. 膠袋苗應以塑膠籃盛裝，以避免苗木之莖葉受壓傷。

（三）運苗

1. 車輛搬運最忌成捆之苗木堆積過厚，互相擠壓，或暴露直射日光之下。
2. 運搬中如天氣乾燥，宜適當供給水分，倘費時較長，則須予以適當之換氣。
3. 搬運宜迅速，到達後應迅即解開包裝，即行假植或出栽。

（四）假植

1. 苗木掘後如不立即出栽，應予假植；又苗木運到林地，如非當日出栽，亦宜予假植，以免傷其生機。
2. 如苗木乾燥過度，應速浸入水中，待其吸飽水分而後假植。
3. 假植之法，擇庇蔭無風，排水良好，土質疏鬆之地，掘地成溝，放入苗木排成一薄層，蓋土於幹下部及根，分層踏實後澆水，並圍以草蓆。
4. 亦可將苗浸於流水中假植法。

第四節、栽植株數

一、栽植密度之原則

- (一) 密度與成長之間，有密切之關係。密度雖對樹高成長影響較小，惟對直徑成長則影響頗大，因此能左右單木之材積成長。密度越低（越疎立），單木之成長越速，胸高直徑粗而材積大。故如欲使快速肥大，即須使其疎立。
- (二) 密度越密，鬱閉越早，幹徑越細小，卻能生產較為完滿之幹材。在疎林則容易發生多枝節及缺頂木。
- (三) 由一定面積所生產之材積數量，在某林分密度範圍內，是株數越多其材積亦越多。但密度到了某種程度以上時，材積之總生產量則趨於一致。又其最大密度因樹種而異。
- (四) 密度越高包含枝葉總生產量之中，枝條所佔之比率減少，而幹材材積所佔之比率則增多。越近密林狀態，越能生產枝條，節痕較少之材。
- (五) 在過密之林分，單木之生活力變為衰弱、纖弱，而減少其林分之安定性，有兩敗俱傷之危險。所以需要施行適度間伐，其理由亦即在此。

二、栽植疏、密之利弊

(一) 密植之利點：

- 1. 密植者樹冠能較早鬱閉，因此有下列各種有利之點：
 - (1) 可防止表土之侵蝕，而減輕皆伐所致使之地力減退。
 - (2) 可縮短刈草之期間及降低藤蔓之傷害，而節省工資費用。
 - (3) 枝條細小，下枝自然枯落早，因此可節省修枝之經費。
 - (4) 因樹木互相競爭，年輪寬度小而均勻，可生產特種優良建築用材。
- 2. 除伐或間伐時選木之機會較多，能夠留存生育良好。形質俱佳者，即可達成優良林分。
- 3. 可期待間伐收入：密植者可提早間伐收入。如施行集約的間伐，且有增加材積收穫之可能。在勞動生產方面，即每工平均收穫量亦有以密植者較，為有利之實例。

(二) 密植之缺點：

- 1. 需要較多經費：擬密植時，整地必須細心施行，且需要多量之苗木，而在栽植後初期之除草作業因密植之關係施行較不容易等，因此所需經費較多。
- 2. 容易遭受風、雪害：密植之林木，其樹幹細長，根系未能充分發育，遭受風害可能性較大。當除、間伐過遲，而處於密林狀態者，在間伐後立即遭受風害時，程度更甚。為育成健全之森林，稍予保持疎立狀態較佳。至於應在栽植時

即減少栽植株數，育成疎林，抑亦栽植時增多栽植株數然後反復施行適度之間伐，以保持適宜之密度，後者在材積收穫上可能數量較多，但在經濟上是否有利，因山林所在地之情形而異。又雖知密植有共利，有時仍因苗木需求量過多或勞工短缺等之關係，致使未能實行。

（三）栽植密度之決定

應密植抑亦疎植，即栽植多少株為宜，必須斟酌經營目標，地利條件，土地之肥瘠，樹種之性質，經營之方式如：混合林、次生林林相改良、擇伐作業等，及僱用勞工之難易，經濟狀況等情形，然後決定之。

第五節、人工造林地之整治

一、土壤之整治

土壤之恢復，分下列幾種情形進行之：

- （一）土壤水之過剩或不足，利用排水系統或掘水溝引水等方法，自可排除多量之土壤水，亦可推土成丘或脊，而後實行直播及栽植。若土壤過於乾燥，則利用灌溉改善；凡為重粘之土地，需有設置排水系統。
- （二）不透水底土具不透水之基層，原為一密實之黏土層、或由砂或礫與黏土、有機物或氧化鐵混合而成，或石灰及礦物鹽類於不同表土之下沉積則形成不透水底土。此不透水層稱為硬磐（hardpan）。磐形成以後，阻止水分之移動。如滲入下層之滲流，必遭阻止。在乾燥季節，亦將妨害微管水之上升。此皆妨害根群之正常發育，致常發生風倒。為堅硬之不透水底土，將為害林木之生育，愈為接近表土者，為害顯著。凡有硬盤之地，自應擇用淺根性樹種，惟林木之收穫量亦告減少。其唯一有效之法，則為破壞此不透水層，使土壤水成為平等之分配，且林木根群亦可深入下層。硬磐非過於堅硬或距表土下層不遠之處，可採用犁耕之法、掘溝法、或由曳引機牽引底土犁，藉達破壞之目的。
- （三）土壤移動：土壤移動之程度，要視降雨之性質及土壤之暴露情形等而異。如多暴雨地區，由於地表沖蝕及土壤陷落，遂使土壤及不穩定，尤推下層為不透水岩石及上層形成淺薄土層者為然。土壤經暴露，且屆移動之階段者，以永久覆蓋森林為要。而欲控制裸露山坡之地表水，藉以固定斜坡之土壤者，為阻止流速，應加強整理山坡，使成為適當安全之坡度。種植固土之灌木或蔓藤類或打入萌芽力強之木樁，有緩和地表逕流及安定坡面之效。在陡坡宜作排除系統及建擋土牆、護坡以安定坡腳。
- （四）在飛砂延之地，首宜建造攔砂柵，以固定砂丘，阻截風力，自然沉積砂粒，屏障砂地，俾便繁殖適生植物。

二、土壤之耕耘

在地勢平坦之林地，深耕為整治林地之有效工具，在人工造林1或2年，實行中耕，由於鬆土之作用，使腐植質與表土形成完全混合者，皆有利於林木生長，然所費較昂。

三、植群之整治

人工造林地常密生各類植物群，自應施行合理之整治。在台灣，絕大多數造林地由於植物群的極度旺盛生長，致凌壓幼苗及幼樹且減少有效土壤水及養分之供給。

- (一) 草生地整治：通常於栽植適期前完成，地形如屬平坦，可自造林地之任何一側開始，直至全面刈除為止；如屬傾斜山地，則以條刈為宜，條刈之寬度，為草高之2倍以上，庶免雜草蔭蔽及競爭之為害，而妨礙幼苗之生育。施行條刈者較全刈者不僅節省30%之勞力，且兩旁之雜草，可防止乾燥、強風及烈日之為害。另有施行孔狀刈草者，稱曰孔刈。孔徑之大小，視雜草之種類而異，需為雜草高度之2倍以上，庶免雜草蔭蔽及競爭之為害。
- (二) 竹叢地之整治：叢生型竹類，如麻竹，應整叢砍除，竹桿橫坡帶狀堆置，中間為栽植帶。散生型竹類，如桂竹及孟宗竹，宜採行接伐以加速竹鞭死亡，竹桿也採橫坡帶狀堆置。箭竹類則採帶刈或全刈皆可，惟後者費用較昂。
- (三) 灌叢地之整治：割除，同前述之草生地整治。
- (四) 雜木地之整治：凡位於暴風之處，林緣之天然林多任其留置，整治法如次：砍伐、環剝、毒殺輒較環剝者為佳。



第六節、天然更新林地之整治

一、廢材之處理

廢材雖包括各類材料如為小形之廢材，易於腐朽，如葉、樹皮、樹冠材及直徑小於1.5公分之枝條屬之。而樹冠材枝條之直徑1.5~10cm，此類木材分解較緩。另等外材（cull logs）及直徑大於10cm之木材者，分解需數年或數十年。

(一) 廢材之利用

廢材對於育林作業，具直接影響，且利弊兼具。這些大型有機殘體能防止陽光直射及乾風吹襲，故具保護之能力。表土上層由於存放廢材之故，常能維持濕潤之狀態，且在分解後腐植質量隨以增加，成理想之發芽床，致可供保護幼苗，且有助於幼苗之生育。廢材之缺點如葉及小枝之類常易燃燒，尤以針葉分解遲緩，若林地為大面積暴露於風日之下，有引起火災之疑慮。過度厚積之廢材常阻

止種子之著床，而廢材之處置方法常影響新林之組成，昆蟲及真菌自有易於廢材之分解。廢材妨害森林景觀，且若投於水中，分解之際將減少水中含氧量，增加水溫。然廢材也提供許多野生動物棲息之所，若完全清除實屬不宜。

（二）廢材處理之方法

1. 長期堆積：廢材堆積後歷經多年任其腐朽，廢材焚燒如意引起森林火災通常任其堆置腐朽。
2. 截斷或散佈之廢材處置：將廢材截斷使其接觸土壤之面積增加，加速腐朽。

二、植物群、枝葉層及腐植質之處理

林地如厚積枝葉層及腐植質之類，自應予以適當處置，如利用育林伐（silvicultural cutting），促其分解、腐朽。或藉伐木及運材之作用，破壞厚積地面之枝葉層及腐植質，庶使土壤暴露。由犁、耙及其他新式林具，使供剷除積聚地面之枝葉層及腐植質。

三、土壤之處理

目的在使種子與土壤相接觸，藉使早獲發芽及完成生長。在天然下種之際，須使礦物土成裸露之狀態，俾種子易於入土。天然下種之環境如極適宜，一般不須特別處理，即可完成下種。如欲完成下種，先須細碎土壤。地面施行孔狀或條狀處理者，自較全面處置為經濟。

第七節、除草及除蔓實行

人工林於其建造之初，常須施行除草，庶免幼苗受害。人工林於建造以後，初年如不除草，幼林常難建成。造林撫育管理工作，通常是指造林後至鬱閉前這一階段對造林地進行管理的各種技術措施，目的在於提高造林成活率和為林木生長創造優越的環境條件，撫育管理是整個造林過程之重要工作，也是決定造林工作成敗的關鍵措施。林木生產周期長，從造林到鬱閉成林需要數年至數十年時間，如果撫育管理工作不善，就可能導致造林工作的失敗。因此，必須十分重視做好幼林撫育管理工作。

一、除草

除草是撫育管理的重要技術措施，除草就是消滅林地的雜草，可以排除雜草灌木對水、肥、氣、熱、光的競爭。

- （一）除草（weeding）為造林後初步撫育工作，林分尚未鬱閉以前，常須實行除草。除草之草越小越省工，除草前要澆水較好拔除，除草完也要澆水。一般

則以苗頂超過雜草及其他草類60~80公分為標準，不再除草。

(二) 除草之影響：增加苗木受光量，使地表氣溫穩定，降低相對溼度。除草後，若通風良好，土壤含水量降低；若氣溫低大氣濕潤，含水量增加。

(三) 除草之方式

1. 全刈：造林束種如屬陽性、大型草類繁生之處或被覆植物易於入侵之場所，一就全面施行除草。惟風衝地、乾燥地或發生旱害之地，全刈常降低成活率，以不施行此一刈除為當。
2. 條刈：苗木在其幼齡時期，地面或須留置一部份之植物，使供庇護之用。尤其較適於非全光之樹種，宜實行條狀刈除，旋使覆蓋苗木周圍之土壤，既可防止土壤之乾燥，且為肥料之來源。未行刈草之條狀地，尚具庇護幼苗之功效，致使免遭強風及烈日為害，亦較全刈節省費用。初期全刈之造林地，其後亦可改行條刈。
3. 孔刈：自苗木周圍實行圓形或方形刈草者，稱曰孔刈。本法對於幼苗最具保護效果。如屬耐陰樹種，或為寒冷極強風之所，以實行此一刈除為當，俾發揮其保護作用。孔刈之面積雖小，但於每一苗株周圍，皆須刈成圓形或方形之孔，有感實行不易。不論條刈或孔刈，條寬及孔徑均須在苗高2倍以上，庶免幼苗遭受凌壓。

(四) 除草次數、時間、及年數

1. 耐陰樹種之幼苗能耐庇蔭，除草次數宜較陽性者少，如屬密生而高大之雜草，且其生長繁茂，則除草次數宜多。在寒冷或高山地帶，除草1-2次已足；溫帶區須除草2次左右；暖帶及熱帶常須刈除3次。
2. 除草之最適宜時期，即為雜草生長最旺之際。年行一次者，擇6、7月之交刈除之；年行二次者，初次於4、5月間刈除之，二次擇8、9月間刈除之；年行三次者，初次於4月刈除之，二次擇6、7月間行之，末次擇9、10月頃行之。林務局編列預算是五年第一年刈3次、第二年刈3次、第三年刈2次、第四年刈2次、第五年刈1次。

二、除蔓



蔓藤植物或稱攀繞植物，約區別為纏體植物(twiner)、卷鬚植物(tendrill climber)、盤根植物(root climber)、頃倚植物(leaner)，惟後者為害不著。蔓藤植物極具萌芽力，當其纏繞樹幹而攀登樹冠，林木生長不僅受到阻滯；且因遭受束縛與不平衡之重力，遂使樹幹彎曲或淪為畸形；樹皮凹入，致成環狀缺刻；年輪疏密不均；紋理亦不整齊，足以降低林木之利用價值及其利用率。其為害甚者，終致枯死。台灣常見蔓藤有魚藤、葛藤、小花蔓澤蘭、百香果。

(一) 除蔓之方法

1. 刈除或掘根法：刈除作業，雖可收效一時，然仍再度萌發；且其生長之情形，常較刈除前為盛。林地之雜草如被刈除，則陽光可獲充份射入，亦有助於藤蔓

之生長。為刈除作業若能連年實行，不稍間斷，亦可滅殺其生長能力；且林分將逐漸鬱閉，林內陽光稀少，蔓藤之生機衰退，以致枯死。對於蔓藤植物這種兼具有性及無性繁殖優勢的雜草，應用人工或機械砍除其植株，雖在短時間內較難以完全清除其入侵危害，但適期且正確的進行防除，仍不失為控制其族群擴張的有效方法，且不致造成生態環境的二次傷害。依照林業單位防除的經驗，建議作業方式如下：最佳的防除觀念是不分生長階段隨時清除，否則應把握時效，最慢在每年11月份開花結實前完成機械防除，避免種子成熟大量散播繁殖。如限於人力不足因素，則應在夏秋季時進行除蔓工作，其方式可於7月至9月份以間隔3星期分成三次進行連續切蔓作業（儘可能貼近地面根際），或於7月及9月間各進行一次的拔蔓作業，即以人力或機械切蔓之後，再將根部挖（拔）除，根據目前實際作業經驗，以拔蔓方式的防除效果最佳。切除或拔除後的蔓莖及根部，不可散置地面，應加以收集、捆紮後置入可分解的黑色大塑膠袋中使其腐爛，或集中至水泥地或空地上曬乾後再予燒燬；而攀附在樹體上之藤蔓則於連根拔除後，任其懸掛枯萎，以避免刺激不定根生長，形成更多新植株，而造成更嚴重的危害。

2. 藥劑防除法：根據文獻記載應用45.1%拉草乳劑或80%達有龍可濕性粉劑，可抑制蔓藤植物種子萌芽及幼苗生長；另以61.6%的三氯比乳劑300倍稀釋液噴灑於田間細莖（蔓直徑1~3mm）的小花蔓澤蘭，於施藥後三週據稱具有良好的殺草效果。因施用除草劑同時會造成其他植物之危害，因此造成根、莖（蔓）及葉部的組織或器官敗壞枯萎，甚至影響生態環境。因此建議除非不得已，否則儘量避免。
3. 遮光消滅法：凡於陽光不足或缺少陽光之處，蔓藤常趨死亡。凡藉遮阻陽光之法，而使莖葉及塊根陷於腐爛者，頗收消滅蔓藤之效。
4. 生物防治法：應用尋找蔓藤植物合適的病源、蟲源或微生物天敵來施予生物防治，具有控制時效長及對環境安全的優點。這必須從原產地引入或篩檢對蔓藤植物具專一食性又不危害其他植物之天敵，重新建立其間的動態平衡，才是根本的防除方法，值得有關單位加強研究。但在引進天敵之前，應先進行一連串嚴謹的試驗，否則貿然引進，恐會釀成另一種危害。

第八節、人工造林技術—栽植造林

一、山坡地造林

（一）整地

1. 荒地造林

- （1）黏土先鬆土、翻耕，再整成栽植行。

(2) 碎石多的表土先集中碎石於非栽植行，泥土集中於栽植行。

(3) 崩塌地，先刷坡再沿等高線進行打樁編柵穩固土壤，然後設置排水設施（如排水溝或沙包排水線）。

2. 跡地造林

(1) 林地：先移除倒木、大樹頭、樹根，在栽植行剷除雜草、蔓藤等。

(2) 竹林地：先移除竹類地下莖、竹頭，再整成栽植行。

(3) 茶園、果園、菜地：先砍除地上物，移除樹頭、樹根等。

（二）季節

1. 北部及東北部適宜冬植：1~3月。

2. 中部：可利用梅雨季1~5月。

3. 南部：梅雨或夏季颱風5~7月。

4. 東部：11~3月。

（三）密度

1. 生育地佳

(1) 密植長輪伐期之用材：針葉樹 $2 \times 1.5\text{m}^2$ —如柳杉、台灣杉；闊葉樹 $2 \times 2\text{m}^2$ ，如台灣櫟、木荷。

(2) 疏植（短輪伐期之用材）或水土保持樹種：針葉樹 $2 \times 3.3\text{m}^2$ —如紅檜、台灣扁柏。

(3) 疏植水土保持樹種，如台灣櫟、台灣相思樹。

2. 生育地差

(1) 密植涵養水土樹種：針葉樹 $1 \times 2\text{m}^2$ —如台灣二葉松；闊葉樹 $1.5 \times 2\text{m}^2$ ，如台灣赤楊。

（四）方法

1. 順坡

(1) 行列栽植：地形較平緩。一致處進行規則之行列栽植。

(2) 依現狀地形：地形較陡或不規則處，依現況進行半規則或不規則之栽植。

2. 橫坡

(1) 行列栽植：地形較平緩。一致處進行規則之行列栽植。

(2) 依現狀地形：地形較陡或不規則處，依現況進行半規則或不規則之栽植。

（五）撫育

1. 荒地造林：初期不進行除草、除蔓；俟林地覆蓋，林木生長受雜草、蔓藤威脅時再進行除草、除蔓及除伐、修枝工作。

2. 跡地造林：初期進行除草工作（1~6年），然後進行除蔓工作（1~20年）；俟需要時再進行修枝及除伐、自由伐、除害伐、整理伐或疏伐等工作。

二、平地造林

（一）整地

1. 農地造林－排水設施與栽植行、穴之規劃
2. 都市造林（公園、學校）－客土
3. 社區造林－刈除搬除地上物、翻土、客土與栽植區域規劃

（二）季節

1. 北部－1~3月或雨季
2. 中部－1~5月或雨季
3. 南部－5~7月或雨季
4. 東部－1~5月或雨季

（三）密度

1. 農地造林

- (1) 一般造林樹種－ $2 \times 3\text{m}^2$
- (2) 短期輪伐樹種－密植 $1 \times 1\text{m}^2$
- (3) 特用樹種－依目的採疏植（油桐、無患子等採果樹）或密植（紙漿或生質酒精能源用）

2. 都市造林

- (1) 大喬木－疏植 $2 \sim 3 \times 4 \sim 5\text{m}^2$ ，如樟樹、桃花心木、黑板樹、木棉
- (2) 中小喬木－ $1 \sim 2 \times 3 \sim 4\text{m}^2$ ，如菩提、福木、羅漢松、竹柏
3. 社區造林－依目的採用 $2 \sim 3 \times 4 \sim 5\text{m}^2$ ，如龍柏、山櫻花、茄苳。
4. 海岸造林－ $1 \sim 2 \times 1 \sim 2\text{m}^2$ ，如木麻黃、海茄苳、白水木、水黃皮。

(1) 方法

行列栽植－農地造林、海岸造林

現狀－依現狀規畫，如都市造林、社區造林、耕地防風造林

(2) 撫育

固定支架

修枝－定期3~6個月

病蟲害防治－定期調查、監測

三、景觀造林

- (一) 整地—翻土、填土、客土
- (二) 季節—一年四季，以1~4月較佳
- (三) 密度—依層次分
 - 1. 上層—大喬木，株距3~5m。如小葉欖仁、小葉南洋杉
 - 2. 中層—中喬木，株距1~3m。如流蘇、櫻花、風鈴木、艷紫荊、含笑花
 - 3. 下層—灌木，株距0.2~1m。如朱槿、錫蘭葉下珠
 - 4. 地被—草本，台北草、地毯草、韓國草
- (四) 方法—行列依規劃面積及景觀需求進行不規則栽植
- (五) 撫育—定期施肥、灌溉、修剪、病蟲害調查與監測

四、生態綠化造林（如公園）

- (一) 整地—移除地被物、全面翻土、客土
- (二) 季節—一年四季，1~4月較佳
- (三) 密度—多層次、喬木疏植2~5m²、中小喬木1~3m²、灌木0.5~1m²
- (四) 方法—依現狀規畫，配置喬木、灌木、草皮，引鳥、誘蝶等不同季節開花之樹種如山櫻花、冇骨消，營造生物多樣性環境。
- (五) 撫育—定期灌溉、施肥、修剪、補植

五、行道樹造林

- (一) 整地—鬆土、客土、翻土
- (二) 季節—一年四季，2~3月較佳
- (三) 密度—
 - 1. 上層—大喬木，株距5~10m。如小葉欖仁、樟樹
 - 2. 中層—中喬木，株距3~5m。如菩提、台灣檫樹
- (三) 方法—行列栽植，大喬木與中喬木可分列栽植
- (四) 撫育—灌溉、施肥、修剪、補植、支撐

六、工業區造林

- (一) 整地—移除地被物、鬆土、填土、客土、施肥
- (二) 季節—2~5月較佳
- (三) 密度—多層次、喬木疏植2~5m²、中小喬木1~3m²、灌木0.5~1m²

- (四) 方法—以行列栽植方法進行塊狀栽植，樹種以對污染耐性佳之樹種如福木、榕樹…等為主
- (五) 撫育—灌溉、補植、病蟲害防治

第九節、人工造林技術—分生造林

一、山坡地造林

- (一) 整地—移除地被物（植插造林）成水平式階梯狀或移除母株附近之地被物（矮林之萌蘖造林）
- (一) 季節—以2~5月較佳
- (二) 密度—每一植穴2~3枝，0.5~2m一穴，或每一母樹留2~3之萌蘖
- (三) 方法—直插造林或利用地下莖，或砍除母樹之矮林造林法
- (四) 撫育—補植或移除太多之萌蘖

二、崩塌地造林

- (一) 整地
 1. 黏土先鬆土、翻耕，再整成栽植行
 2. 碎石多的表土先集中碎石於非栽植行，泥土集中於栽植行
 3. 崩塌地，先刷坡再沿等高線進行打樁編柵穩固土壤，然後設置排水設施（如排水溝或沙包排水線）
- (二) 季節—以2~6月較佳
- (三) 密度—每一植穴2~5株，每一平方公尺2~4穴
- (四) 方法—直插造林法
- (五) 撫育—補植，除草，除蔓

三、平地造林

- (一) 整地
 1. 農地造林—排水設施與栽植行、穴之規劃
 2. 都市造林（公園、學校）—客土
 3. 社區造林—刈除搬除地上物、翻土、客土與栽植區域規劃
 4. 海岸林

砂岸

- (1) 定砂
- (2) 築堤
- (3) 防砂柵或防風籬
- (4) 栽植行

岩岸

- (1) 防砂籬或防風籬
- (2) 栽植行

5. 耕地防風造林－排水

- (二) 季節－以2~5月較佳
- (三) 密度－每一植穴2~5株，每一平方公尺2~4穴
- (四) 方法－直插造林法
- (五) 撫育－灌溉、補植、除草、除蔓



第十節、人工造林技術－播種造林

一、山坡地造林

(一) 整地－

- 1. 林地：先移除倒木、大樹頭、樹根，在栽植行剷除雜草、蔓藤等。
- 2. 竹林地：先移除竹類地下莖、竹頭，再整成栽植行。
- 3. 茶園、果園、菜地：先砍除地上物，移除樹頭、樹根等。

(二) 季節－以1~5月較佳

(三) 密度－參考擬直播樹種發芽率檢定之平均發芽率

(四) 方法－直接撒播或穴播（每穴播2~5粒），每平方公尺4~10穴

(五) 撫育－灌溉、補植、除草、除蔓

二、崩塌地造林

(一) 整地－崩塌地，先刷坡再沿等高線進行打樁編柵穩固土壤，然後設置排水設施（如排水溝或沙包排水線）。

(二) 季節－以2~6月較佳

(三) 密度－參考擬直播樹種發芽率檢定之平均發芽率

(四) 方法—直接撒播

(五) 撫育—不進行任何措施

第十一節、天然造林技術

一、天然下種

(一) 整地—

1. 跡地造林—在11月～次年2月間清除林下之雜草、藤本等地被物，淺耕、鬆土

2. 崩塌地—在11月前完成雜草、淺耕、鬆土

(二) 撫育—1～2年內初期進行除草除蔓及間拔；2～5年後期進行除草、除蔓、砍除影響苗木生長之灌木

二、孔隙地造林

(一) 整地—

1. 天然下種：11月～次年2月間將孔隙內之雜草、灌木、藤本等地被物移除，淺耕、鬆土

2. 分生造林：11～12月移除萌蘖母樹附近之灌木

(二) 撫育—

1. 天然下種：1～2年間除草、間拔，2～5年進行除草、除蔓及砍除小苗附近之灌木

2. 分生造林：砍除母樹四周之灌木；砍除過多之萌蘖，留1～2支

三、林下栽植（複層林）

(一) 整地—

1. 天然下種：1～2年間除草、間拔，2～5年進行除草、除蔓及砍除小苗附近之灌木

2. 分生造林：砍除母樹四周之灌木；砍除過多之萌蘖，留1～2支

(二) 撫育—

1. 天然下種：1～2年間除草

2. 分生造林：砍除多餘之萌蘖，留1～3支

第5章 林害防治

第一節、森林嚙齒類動物危害

一、赤腹松鼠之爲害、鑑定及評估

遭啃剝而掉落之樹皮碎片，可供鑑定爲害動物之種類：若爲赤腹松鼠所啃剝者，其碎片長約15~20cm，寬約1~1.5cm，齒痕爲一對與樹皮呈45度的點狀痕跡，一片碎片上約有4~6對間距約3cm的齒痕，此等齒痕甚易與其它嚙齒類動物相區別。經由爲害鑑定後，進一步觀察赤腹松鼠啃剝柳杉樹皮的行爲，發現可分爲二類：第一類發生在秋末至春初，樹皮遭塊狀或長條狀啃剝，單株單次遭啃剝面積約爲400至1,000cm²，韌皮部及形成層均遭啃食，重量約爲30至80g，發生的原因係爲取食，頻度較高，爲害季節亦長。

第二類啃剝樹皮之行爲，則多發生在春末，立木樹皮遭啃剝面積極大，嚴重者全株遭剝皮，檢視樹皮，其韌皮部及形成層均保留完好未遭啃食，顯見其原因不是爲了取食，多屬偶發性，惟因剝皮面積極大，常使受害木死亡。

於評估林木受害程度時，一般將受害度分爲五級：

- (一) 第一級：健全木，全無受害傷痕，評分爲0。
- (二) 第二級：輕微受害，存有已癒合之舊傷痕者，或長度小於20cm，寬度小於2cm之新傷口，有癒合之可能者，評分爲1。
- (三) 第三級：中度受害，存有外部已癒合，然已造成畸變之舊傷口，或受害面積大於輕傷等級，於短期內無癒合可能之新傷口，評分爲2。以柳杉爲例，受害超過第三級之立木，其木材終將因腐朽與畸變而成廢材，致無可利用材積。
- (四) 第四級：嚴重受害，存有無法癒合之大型舊傷口，致林木生長停滯，樹幹嚴重畸變，木質部已腐朽，惟立木尚未枯死者，評分爲3。
- (五) 第五級：受害枯死木，評分爲4。

經取樣調查後，依如下公式加權平均後，換算出該林分之受害指數：

$$\text{受害指數}\% = 100 \times \frac{\sum (\text{樣木胸高斷面積} \times \text{受害級數評分})}{(\text{總胸高斷面積} \times 4)}$$

一般而言，受害指數在8%以上者即屬嚴重，而柳杉人工造林地之赤腹松鼠為害，屢見10%乃至30%以上者，其為害之烈可見一般。由於中度以上程度之受害木已無復元之可能，且終將因畸變與腐朽而成廢材，因此，凡林分受害指數超過10%者，其前期造林及撫育之投資，可謂已無經濟效益。而此一為害又多發生於小桿材至桿材階段，離輪伐期尚有十數年乃至數十年，其後續的撫育及經營究竟應如何因應，亦有待林業經營人員極早規畫。

二、赤腹松鼠的防治歷史與檢討

以集中誘集、一次施放原則較屬可行，除效率的考量外，亦將毒餌置於林地的時間降至最短，以避免過量取食及非目標動物之誤殺，此法略述如次：

- (一) 基於赤腹松鼠與刺鼠對棲息地型態的不同偏好，擇定造林地與天然林交界之林緣地帶為施放地點，避免於林內過密處施放，並以冬季施行為妥。
- (二) 視受害造林之面積決定施放區的數目，原則上每3~5ha設置一處施放區，每區面積為 $50 \times 50\text{m}^2$ 。
- (三) 於每施放區設置25處供餌站並加編號（一般選定合適之立木為供餌站），各站略成 $10 \times 10\text{m}$ 之網格方陣。
- (四) 毒餌為市售蠟米餌塊，並需另行訂製外觀及顏色完全相同的無毒蠟米餌塊備用，餌塊均以小型之透明塑膠袋盛裝，每袋一塊並繫以細塑膠繩（毒餌餌塊以紅色、無毒餌塊用黃色），方便繫掛於立木枝條或以訂書機訂於樹幹胸高處，俾便後續作業之進行，不可任意棄置於林地或拋於樹梢。
- (五) 以無毒餌塊先行施放，每站一包，施放後需每日巡視，觀察取食之情形。
- (六) 一般而言，如地點選擇正確，施放後約5~7日後，開始有嚐試性的取食現象發生，此時宜紀錄餌站之編號，並補充無毒蠟米餌包。
- (七) 如超過二個嚐試取食期（14日以上），仍未發生取食，便應放棄此一施放區，另行擇地為之。
- (八) 若單日取食包數超過20包（取食率超過80%）以上，則應將無毒餌的施放量增加後繼續觀察，直到單日取食率約為60%左右，此即該區赤腹松鼠單日最高取食量。
- (九) 取食達穩定之每日最高取食量後，將無毒餌全數置換成毒餌並放置林地24小時，而後將未遭取食之毒餌取下攜回，結束毒餌施放作業。
- (十) 經現場驗證，此法極為精準有效，對毒殺區赤腹松鼠之毒殺率幾達100%，且可有效避免刺鼠之誤殺。除毒殺外，林業界亦曾採用陷阱捕殺做為防治手段，此法雖較毒殺的專一性高，然而若施行不當，仍有造成非目標動物誤殺之可能，適用之方案如次：
 1. 施行時間、地點及陷阱站網格陣之設置同毒餌施放。
 2. 陷阱以一般市售鼠籠最為有效，無需高價購置國外產品，而誘餌則以香蕉切段最為有效。

3. 陷阱置於地上與用鐵絲綁在立木胸高處均可捕獲赤腹松鼠，且捕獲量相近，然放置於地面之陷阱，捕獲刺鼠比率遠高於綁在樹上者，故陷阱仍以綁在樹上為佳。
4. 陷阱捕捉之與毒殺相同，亦需掌握集中誘集、一次捕捉之原則，初設置時，需將鼠籠之彈簧取下，開啓籠門並以細鐵絲固定，開始掛上誘餌以誘引，並逐日更新補充誘餌與觀察紀錄，俟達穩定取食後，方進行捕捉。
5. 捕捉時將彈簧裝回，並調整籠門及掛鉤角度使其靈敏並防止逃逸。
6. 捕捉期可延長至三日，於此期間應逐日巡視並釋放非目標動物，捕捉期結束後，將所有的鼠籠取下攜回，不可棄置林地。

三、育林作業法的選擇

而今生態保育的理念早已深植人心，林業界若再將赤腹松鼠或其他森林嚙齒類動物以「害獸」視之，並採取毒殺或陷阱捕殺等方法進行防治，無論方法粗糙或精密，仍將引發諸多爭議。惟因松鼠為害新植造林地的可能性也依然存在，因此，防治方法，宜分「善後」及「預防」二方面來進行規畫，而其主要的手段則在育林作業法的選擇。

（一）造林樹種的選擇

由於赤腹松鼠為害造林木的主因之一，在於天然食物供應的季節性短缺，與受害樹種樹皮含糖量及其季節性積聚有關，此亦即赤腹松鼠對柳杉造林地造成如此嚴重為害之主要原因。因此，在造林樹種之選擇上，宜避免易受害之柳杉、杉木等樹種。

（二）新植

經由為害鑑定及評估發現，柳杉林凡與天然林接壤、林分密度低、灌叢與林床植物繁生之處，其受害指數均較高，因此，新植造林地與天然林交界處，造林木遭為害之必然性，宜考量其風險。若欲建造同齡純林時，宜採密植，使儘早鬱閉。近年來，新植造林已逐漸傾向混合複層林的建造，且樹種選擇上，多以台灣原生之闊葉樹種為優先考量，此一新植造林設計在赤腹松鼠為害的預防上，有其功效。

（三）多元化育林作業

林齡已達桿材級以上的造林地，以除害伐、整理伐，乃至強度疏伐等間伐作業，清除林地內的受害木、枯立木、樹形不良木、斷頂木、被壓木等，並保留樹形良好與健康之造林木，以及天然出現於林地的闊葉樹種。如林分密度太低，則選擇演替中、後期之長輪伐期樹種，於大型孔隙混合間植，以逐步恢復林地之生態完整性與生產力。此種多元化育林作業，將可使受害林地的形、質逐步趨近於天然林，而成為半天然化的人工林，除針對赤腹松鼠之為害收善後之效外，預期亦將能預防為害之再度發生。

第二節、林木常見蟲害、特徵及防治法表

森林蟲害	為害樹種	分佈地區	為害程度	防治方法
青枯葉蛾	各造林樹種	全台各地	6-7月間盛行，啃食葉片，以幼蟲期越冬，幼蟲可長至10公分，食量很大。	一、族群不大時，不會造成樹木的死亡，也不影響正常生長，無需用藥。 二、大量發生時則必需採用藥劑防治，使用稀釋300倍的50%加保利可溼性粉劑。
松毛蟲	松樹類	新竹以北各松樹林	幼蟲食葉不分晝夜，以針葉為食，年約3代，冬季亦不冬眠，老熟幼蟲於松葉間或樹幹縫隙結蛹。	一、捕殺幼蟲、蛹及卵塊。 二、在4至5月嚴重為害時噴灑稀釋300至400倍的50%加保利可溼性粉劑或使用生物製劑防治。
星天牛	木麻黃 櫟木 苦楝	全省各縣市海岸林以雲林彰化等地較為嚴重	臺灣年生一代，幼蟲每年春、秋兩季蛀食，幼蟲進入一公尺以下的樹幹內部，在樹皮上可見其排出之木屑蟲糞，隔年春天建造蛹室化蛹，羽化成蟲後，成蟲於枝葉間啃食樹皮並產卵。	一、該蟲害對於樹木胸脛10公分以下較具傷害性，防治對象以此為主。 二、成蟲可利用光誘引捕殺。 三、樹幹基部至離地1公尺的高度用塑膠布或麻布包裹樹幹，可以防止成蟲產卵。 四、於4至5月成蟲活動使用稀釋200倍40.8%陶斯松乳劑均勻噴灑於樹幹。
松綠葉蜂	松樹類	以北部及中部松樹林為害	年發生2代，5至6月及9至10月，幼蟲食害葉片及新芽，老熟幼蟲於松葉間、樹幹縫隙或落葉雜草間結蛹。	一、捕殺幼蟲、蛹及卵塊。 二、於5至6月及9至10月噴灑稀釋500倍的50%加保利可溼性粉劑於受害處。

森林蟲害	爲害樹種	分佈地區	爲害程度	防治方法
松樹天牛類	松樹類	北部較嚴重	生態及危害情形與星天牛類似。唯松樹天牛類中，松斑天牛爲松材線蟲的媒介昆蟲，可造成松樹的大量死亡，故應注意該類天牛的發生族群量，以防止松材線蟲的蔓延。	一、松林內間伐確實執行。 二、蟲害劇烈時，砍伐之樹木應覆蓋塑膠布並燻蒸消毒。 三、被害木砍伐後剝皮以殺死皮下幼蟲。 四、於4至11月成蟲活動使用稀釋300倍的50%加保利可溼性粉劑均勻噴灑於林間，每年至少4至5次。
松象鼻蟲	松樹類	北部較嚴重	雌性成蟲主要在生長不良的樹木、伐倒木或殘根皮層處產卵。幼蟲鑽入材部鑽食，木屑由孔道入口處排出，爲本類昆蟲爲害特徵。老熟老蟲會在木材表面的穿孔內，用木屑纏繞蟲體化蛹，然後羽化成蟲。一年一代或二代，發生數量多時才會造成松樹死亡。	一、松林內間伐確實執行。 二、誘殺成蟲及砍除枯死松樹燒毀或剝皮以殺死皮下幼蟲。 三、應注意林間的衛生，不要留下殘餘的木材，以減少成蟲產卵的機會。
柳杉捲葉蛾	柳杉	北部以宜蘭較爲嚴重	幼蟲吐絲捲葉爲害，老熟幼蟲於葉間結蛹，以十年生以上林木受害最烈	一、捕殺捲葉中之幼蟲及蛹。 二、於4、5月幼蟲嚴重啃食，使用稀釋300倍的50%加保利可溼性粉劑或生物製劑均勻噴灑於林間。
苗圃害蟲				

森林蟲害	爲害樹種	分佈地區	爲害程度	防治方法
吹棉介殼蟲	木麻黃 相思樹	全省各地	春季開始出現，一年歷經三-四代，初孵化幼蟲在葉片移動，二齡幼蟲遷移至枝幹上固著取食，成蟲和幼蟲有群聚的現象，並分泌蜜露，背面被白色蠟粉向上隆起，致樹勢衰弱。	一、受害輕微時，剪掉受害部位，集中燒毀即可。保護天敵（如寄生蜂、瓢蟲）的成蟲及幼蟲來捕食介殼蟲。 二、受害非常嚴重時，使用44%大滅松乳劑稀釋1000倍加上95%礦物油稀釋100倍混合後進行防治。
黑角舞蛾	各種林木樹種，食性雜	北部桃園，中部台中港、八卦山	每年一個世代，幼蟲於三月孵化取食葉片爲害，初孵化的幼蟲會吐絲下垂，隨風飄揚到附近的枝條。幼蟲經過一個月半月到兩個月的發育，5月化蛹，6月羽化成蟲，雌蛾將卵塊產於1公分以下的枝條上，然後以卵塊方式越冬，長達8、9個月，隔年再孵化。	一、秋季時摘除卵塊。 二、於3至4月間爲害嚴重時，幼蟲可利用生物製劑或使用稀釋400倍的50%加保利可溼性粉劑均勻噴灑於林間，撲殺幼蟲。 四、成蟲可使用燈光、費洛蒙誘殺。
樟白介殼蟲	樟科樹種	全台各苗圃	幼蟲及成蟲吸食植物的枝條及葉片，造成葉面呈黃斑或枯萎，嚴重時枝幹佈滿白色粉末的蟲體，影響植物養份、水份的吸收，導致植物全株或部份枝條如火烤狀的乾枯，大約三至五月及八至十月各有一代，一年共二代。	一、以44%大滅松乳劑（或50%撲滅松乳劑，或50%馬拉松乳劑，或50%加保利可溼性粉劑等）稀釋1000倍加上稀釋150倍的95%礦物油混合後，噴灑於全株。 二、請勿長期使用同一藥劑，以避免抗藥性的產生，每隔10天施作一次，於好發季節4~6及9~10月期間施作4次。

森林蟲害	爲害樹種	分佈地區	爲害程度	防治方法
蘇鐵白輪盾介殼蟲	蘇鐵類	全台各苗圃	受害的部位，新芽及新葉呈現白色斑點狀，除了寒冬時節族群下降外，其他時間皆可能嚴重危害，嚴重時蘇鐵的頂芽尚未萌發就已枯萎，導致整株枯死。	一、4至6月以44%大滅松乳劑（或50%撲滅松乳劑，或50%馬拉松乳劑，或50%加保利可溼性粉劑等）稀釋1000倍加上稀釋150倍的95%礦物油混合後，噴灑於全株。 二、避免經常使用同種藥劑，導致抗藥性的產生，造成害蟲無法控制。
銀紋淡黃蝶	鐵刀木 阿勃勃	全台各苗圃	幼蟲於夏季啃食葉片，爲害並不明顯。	一、以2.8%賽洛寧乳劑稀釋2000倍，噴灑於全株。 二、爲害不明顯，無需防治。
楓香綴葉夜蛾	楓香	全台各苗圃	幼蟲每年5-9月間幼蟲吐絲將新芽幼葉捲成筒狀的巢，居於其中啃食葉肉至僅留下葉脈，之後幼蟲又移至植物其他未梢重新築巢繼續取食，在化蛹之前可爲害數個嫩梢。	一、剪除幼蟲的筒狀巢。 二、以2.8%賽洛寧乳劑稀釋2000倍，噴灑於頂芽。
青銅金龜	相思樹 樟樹 榕樹 茄苳 青剛櫟	全台各苗圃	成蟲食葉，幼蟲爲害苗木之根部。	一、燈光誘殺成蟲。 二、苗圃整地時檢除幼蟲，或採用無菌介質，以袋苗方式扶育苗木。 三、6、7月間嚴重爲害時，以48.34%丁基加保扶乳稀釋2500倍，噴灑於頂芽。

森林蟲害	爲害樹種	分佈地區	爲害程度	防治方法
黃豔金龜	茄苳 青剛櫟	全台各苗圃	成蟲食葉，幼蟲爲害苗木之根部。	一、燈光誘殺成蟲。 二、苗圃整地時檢除幼蟲，或採用無菌介質，以袋苗方式扶育苗木。 三、6、7月間嚴重爲害時，以48.34%丁基加保扶乳稀釋2500倍，噴灑於頂芽。
其他介殼蟲類	烏心石 玉蘭花 黃槿 茶花	全台各苗圃	介殼蟲爲固著性且體被蠟質分泌物，或體背強度硬化，形成受害枝葉滿布白色或褐色的蟲體。爲害時往往造成葉梢枯萎或分泌物引發煤煙病，影響光合作用。	一、以44%大滅松乳劑（或50%撲滅松乳劑，或50%馬拉松乳劑，或50%加保利可溼性粉劑等）稀釋1000倍加上稀釋150倍的95%礦物油混合後，噴灑於全株。 二、避免經常使用同種藥劑，導致抗藥性的產生，造成害蟲無法控制。
蚜蟲類	烏桕 黃槿 茶花	全台各苗圃	一年繁殖代數可至10數代，以卵期越冬。每年春天時，卵孵化生成無翅幼蟲、幼蟲會群聚頂梢處爲害，成蟲後可以孤雌生殖方式大量繁殖，甚至產生有翅個體到處遷移，造成爲害擴大。	一、以44%大滅松乳劑（或50%撲滅松乳劑，或50%馬拉松乳劑，或50%加保利可溼性粉劑等）稀釋1000倍加上稀釋150倍的95%礦物油混合後，噴灑於全株。 二、避免經常使用同種藥劑，導致抗藥性的產生，造成害蟲無法控制。

森林蟲害	爲害樹種	分佈地區	爲害程度	防治方法
捲葉象鼻蟲	青剛櫟	全台各苗圃	雌性成蟲將幼葉葉面部份切斷並捲曲成花苞狀，將卵產於其中，卵孵化後幼蟲取食葉肉組織發育直到化蛹爲止，除寒冬外，全年其他時間皆可發生，對於高度在30公分以下的幼苗可能有生長上的影響	一、剪除幼蟲的筒狀巢。 二、嚴重爲害時，以48.34%丁基加保扶乳劑稀釋2500倍，噴灑於頂芽。
金花蟲類	桂花 楓香 黃槿 光臘樹 九芎	全台各苗圃	幼蟲及成蟲取食嫩葉爲主，金花蟲的爲害僅偶爾發生，爲害時幼蟲食害樹葉呈網狀，成蟲把葉肉全部食盡，在葉上僅留軸脈，嚴重時甚至會將所有細小枝條取食殆盡。	一、5、6月嚴重爲害時，以48.34%丁基加保扶乳劑稀釋2500倍，噴灑於頂芽。
螟蛾類、捲葉蛾類	青剛櫟 烏心石 桂花 樟科苗木 楓香 玉蘭花 白千層 光臘樹 烏白	全台各苗圃	幼蟲吐絲將小枝條或新葉綴合成巢取食枝葉爲生。初齡幼蟲刮食葉肉組織，殘留葉表皮，老熟幼蟲則自巢內向外取食葉肉留下葉脈，通常受害處位於植物體的頂芽，且可以清楚的看到附著在巢穴上的幼蟲糞便，全年皆可發生。	一、剪除幼蟲的筒狀巢。 二、嚴重爲害時以2.8%賽洛寧乳劑稀釋2000倍，噴灑於頂芽。

森林蟲害	爲害樹種	分佈地區	爲害程度	防治方法
椿象類	烏心石 桂花 茶花	全台各苗圃	幼蟲及成蟲吸食新芽及嫩葉中的營養液，平時個體不多時，無嚴重蟲害發生，大發生時才有大害，一年約發生兩次，以3至5月、8至10月爲主。	一、嚴重爲害時，以44%大滅松乳劑稀釋1000倍，噴灑於頂芽。
蝙蝠蛾類	烏心石 玉蘭花	全台各苗圃	幼蟲穿入樹幹內部啃食木材，並用吐出的絹絲將蟲糞粘著塞住蟲孔開口處保護之，寄主植物幼小者，往往因本蟲寄生而枯死。一年約爲一代，成蟲於8~9月期間出現。	一、燈光誘殺成蟲。 二、加強苗床土壤的消毒，採用無菌介質栽培，以減少蟲卵的產生，或以袋苗方式栽植，可以更有效的防止該類蟲害的發生。
潛葉蛾類	烏心石 樟科苗木 玉蘭花	全台各苗圃	幼蟲潛入新葉的組織內進行食害，通常爲害的部位吃到只剩下葉片的表皮，而呈半透明狀，可清楚看到幼蟲包覆在葉片表皮之下，被害樹葉及早凋落，導致較小苗木生長不良，影響品質。	一、輕微時可以摘除受害葉片燒毀。 二、爲害嚴重時以44%大滅松乳劑稀釋1000倍或50%馬拉松乳劑稀釋1000倍，噴灑於新葉上。

一、蛾類生物防治法

如松毛蟲在4、5月，黑角舞蛾在3、4月，柳杉捲葉蛾在4、5月，以蘇力菌（BT）、毒素病原（核多角病毒，NPV）等二種病原微生物進行防治，就發生害蟲密度，採取一種或兩種，同時施用的綜合防治，如能配合高溼雨季氣候施用其效果更佳。

施用方法：

- （一）蘇力菌：每公頃選用3%蘇力菌可濕性粉劑0.4至0.6公斤稀釋1000倍，或10.4%蘇力菌水懸劑1.5公升稀釋700倍後，使用動力噴霧機噴灑於受害株，每隔7天施用一次，於害蟲為害期共4次。
- （二）毒素病原：每公頃以每毫升含有十二億個病原體之多角形包含體（Virus inclusion body）原液3公升，稀釋400倍後，使用動力噴霧機噴灑於受害株，每隔7天施用一次，於害蟲為害期共4次。

第三節、林木病菌危害、病徵及防治法

病蟲害	為害樹種	分布地區	危害程度	防治方法
幼苗 猝倒病	闊葉樹與 針葉樹	全台苗圃	種子初萌發至木質化前的幼苗，莖基部及根部腐爛。	（一）種子以殺菌劑做消毒處理。 （二）以薰蒸劑做土壤消毒，如必速滅。 （三）以殺菌劑稀釋淋澆於苗床上，如殺紋寧、地特菌等。
苗木 根瘤病	闊葉樹與 針葉樹	全台苗圃	為害土壤中的根部，尤其是細根被感染而腐敗，導致苗木枯萎死亡。	同幼苗猝倒病。
杉木 芽枯病	杉木、 香杉、 台灣杉	全台苗圃 及林地	初期感染嫩葉為紅褐色病斑，頂芽呈褐色枯死，春季發病，夏季最嚴重。	（一）使用億力種子消毒。 （二）噴灑鋅錳乃浦500倍稀釋液或4-4式波爾多液，每10日一次，共2~3次。

病蟲害	爲害樹種	分布地區	危害程度	防治方法
紅檜 葉枯病	紅檜	全台苗圃 及林地	苗圃期至5年生的幼齡木，自幼嫩的枝葉開始發病，葉尖呈現紅褐色，最後葉片枯死。	(一)苗圃管理，保持良好通風及排水，病株需焚毀。 (二)噴灑億力2000倍稀釋液，或6-6式波爾多液。
紅檜 梢枯病	紅檜	全台苗圃 及林地	幼齡木至20年生的林木，小枝條初爲紅褐色病斑，後變白，自林木下層枝條發病，逐漸往上擴散。	(一)施用億力2000倍稀釋液。 (二)適當疏伐及修枝。
林木 炭疽病	闊葉樹與 針葉樹	全台苗圃 及林地	危害植物許多器官，如根、莖、葉、花、果實等。嚴重時整株甚至整區植株死亡。	(一)避免密植，增加日照及通風，降低溼度。 (二)參考果樹炭疽病防治藥劑，如待克利、腐絕、快得寧等。
林木 銹病	多種闊葉樹，如楠木類、杜鵑、相思樹、台灣欒樹、竹	全台苗圃 及林地	主要危害葉及枝條，病斑爲近圓形，逐漸擴大並互相癒合，一般不致死苗木，但影響苗木品質。主要發生在低溫高濕的環境。	苗木期可參考植保手冊防治銹病的藥劑，如三泰芬、三得芬等。
林木 白粉病	多種闊葉樹，如月橘、九芎、紫麻、構樹、青剛櫟、樟樹、相思樹、木麻黃	全台苗圃 及林地	主要危害葉及嫩枝條，發生於溫度及相對溼度較低的環境。	苗木期可參考植保手冊防治白粉病的藥劑，如依瑞菲克利、賽福座等。

病蟲害	為害樹種	分布地區	危害程度	防治方法
龍柏枝枯病	柏類	全台各地	危害地上部，包括葉片、枝條和主莖。自內側的組織開始發病。為害葉片時，造成黑褐色斑點，最後全部枯黃。潮濕、密植有利於發病。	(一)剪除病枝、清除掉落的枯枝，並燒毀。 (二)可噴灑防治炭疽病的藥劑。
白紋羽病	多種闊葉樹，如櫻花、梅樹、光臘樹、桃花心木等	全台各地	主要為害根部及基部，在潮濕的環境下產生大量白色羽毛狀的菌絲，導致根腐，全株黃化、萎凋、死亡。	(一)發病地區於再植前燻蒸劑處理。 (二)受害病根掘起並燒毀。 (三)罹病初期，可灌注殺菌劑，如貝芬替、免賴得、扶吉胺等。
根瘤線蟲病	光臘樹、泡桐、硃砂根、檫木、柳杉、松等	全台苗圃及林地	生長不良，植株明顯矮化，根系發育不良，並有根瘤。	(一)發病地區於再植前以燻蒸劑處理。 (二)可參考其他作物上所推薦的藥劑，如普伏瑞松或福賽絕。
松樹萎凋病	松科植物，以兩針松樹較嚴重	全台各地	生長停止，針葉褪色黃化，早期單枝或少許枝條末梢，最後全部枝條黃化枯死。	(一)剷除感染林木。 (二)樹幹注射如Greenguard。 (三)土壤施藥如福賽絕。
竹細菌性萎凋病	麻竹、綠竹、桂竹、孟宗竹	全台各地	生長減緩、隨後竹籜部便成紅褐色並形成不規則同心圓紋狀病斑。筍或幼竹自頂端凋萎枯死。	(一)加厚竹叢及竹鞭的覆土。 (二)可使用溴氯氰、必速滅，實施土壤薰蒸。 (三)採筍時用福馬林或酒精消毒採筍刀。

病蟲害	爲害樹種	分布地區	危害程度	防治方法
竹簇葉病	散生型竹類，如桂竹、孟宗竹、方竹	全台各地	枝條芽稍萌發許多柔軟多節的小枝，葉片細小稀疏，小枝節短且多生側枝，聚生成簇，多雨潮濕的秋季或春季較易發生。	(一)砍除罹病竹林並燒燬。 (二)加強竹林疏伐撫育及施肥作業。
褐根病	多種闊葉樹及針葉樹	低海拔	根腐及莖基腐導致全株黃化萎凋，最後枯死。受害莖基部害林木莖基部及根部表面常有黃褐色菌絲面，受害木材呈白色腐朽，並有黃褐色網紋線。	(一)掘溝阻斷法以阻隔病害蔓延。 (二)受害林地土壤進行薰蒸，及病組織挖除燒毀。 (三)受害林地可施用浸水一個月。 (四)施用藥劑保護健康樹木受到感染。
靈芝根基腐病	多種闊葉樹與針葉樹	全台林木	根部及莖基部之木材腐朽，導致林木易風倒，生長不良或死亡。	防治方法同褐根病。

第四節、森林火災

一、火災發生前之保護措施

(一) 林火危險度預測制度之設立

1. 何謂林火危險

林火危險指森林火發生前，推算引燃林火之機率，將引起燃燒之機率劃分等級，並將之發佈於森林區域之週邊及森林管理單位，讓公眾知悉林火發生之可能性。

2. 林火危險計算基礎

林火危險度以引起燃燒之機率作基礎，引燃機率與輕質燃料之濕度及燃料溫度有關，燃料濕度可由氣溫及大氣濕度加以推導，亦可由燃料棒直接測量。

3. 林火危險度之計算與發佈

各林區宜以工作站為單位，每日量測燃料濕度與燃料溫度。因大部份工作站已遷置平地，宜全面檢選適當地點，例如花蓮林區新城工作站宜設於太魯閣或合歡山；羅東林區太平山工作站則宜設於太平山遊樂區等。測量時間為每日下午1～2點之間，此時間之林火危險度最高，此時間屬於安全者林火較不易發生。降雨日則不量測。量測後計算危險等級於次日九時以前發佈，亦即每日之危險度為以前一日正午所測得之數據加以預測。各林區彙集各現場資料成為林區之林火危險度，林務局彙整各林區資訊成為國有林之危險等級。累計每日之危險度可成為每季之危險度。發佈則在林道入口處設立告示牌及在防火中心設置指示牌（未來此部份可移入電腦系統）。

4. 測量所需工具

(1) 簡易方法之一

各工作站或測量單位須設置氣象站（但目前均無），故至少須有乾濕球溫度計，每日量測及紀錄乾、濕球溫度後再換算相對濕度。

(2) 簡易方法之二

製作燃料棒（現均由林試所提供）如附件1，只要量測棒重及氣溫，經一次推導即可得林火危險度，因為動作簡單此法在試行的八個工作站員工反應較佳。但須較大量提供燃料棒（目前試驗階段並無問題，未來可由疏伐木來製作）。

(二) 防火林帶設立

1. 樹種選擇

篩選適合營造防火林帶樹種之主要原則為選植較造林樹種如松樹或杉木等不易引燃的樹種，或火後能夠快速恢復生長的樹種建置林林帶防火線。因此林

帶防火線防火樹種的篩選涉樹種燃燒性、生物與生態學特性以及造林學特性等三方面。

2. 已被選用樹種

樹種	含水率 (%)	熱值 (cal/g)	灰分 (%)	抽出物 (%)	纖維素 (%)	木質素 (%)
大頭茶	62.62	4,635	3.90	21.37	28.41	41.80
木荷	64.21	4,817	3.98	19.70	32.50	30.83
青剛櫟	60.89	4,855	4.59	15.49	46.89	31.38
狹葉櫟	63.60	4,837	4.84	17.02	40.84	20.33
細葉杜鵑	64.36	4,818	4.07	19.07	28.48	35.37
米飯花	74.25	4,900	3.35	21.09	39.79	31.00
楊梅	65.69	4,986	2.95	10.92	38.68	48.28

3. 防火林帶營造

- (1) 混植：以 $1 \times 1\text{m}$ 之行株距混植，林帶寬度可視立地條件 $15 \sim 30\text{m}$ 。
- (2) 單植：以 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 之行株距混植，林帶寬度可視立地條件 $15 \sim 30\text{m}$ 。

二、火災發生之滅火措施

(一) 初期階段

森林火災發生時，初步應經由民衆或巡山員發現火情通報至工作站值日人員，工作站值日人員應立即報告工作站主任。工作站主任接獲報告後，除要求開始動員外，應立即啓動由森林火災應變資訊系統，研判火場擴展的方向與速度後，立即派遣救火隊前往救火。

在火情通報方面，主要以火災快報的通報為主。依現階段通報規範，應每小時通報一次，其通報內容資訊包括：報告人（單位、姓名、住址與電話號碼）、時間（發生時間、回報時間）、火場地點（可直接定位法、單點觀測定位法、前方交會定位法等方式，計算出火場座標），地點（事業區、林班、小班）、地形（坡度、坡向、類型）、燃料（類型、量）、氣象（氣溫、相對濕度、風速、風向）、火場資訊（火焰長度、擴展方向）、森林火災行為種類。

(二) 擴展階段

依『災害防救法』之法律規定，森林火災發生後，按不同森林火災擴展程度，由小至大有不同的應變要求。以災害防救法所定之準則而言，森林火災擴展面積在 5公頃 以下，由林區管理處之工作站處理，所以工作站通報至林區管理處

即可。當森林火災擴展面積達5公頃以上20公頃以下時，林務局局本部須成立應變中心因應。其細節詳見下表5-1。

表5-1 不同火場範圍權責層級

火場面積範圍	通報層級	成立單位	現場指揮官
5公頃以下	林區管理處	工作站現場指揮所 林區管理處應變小組	工作站主任
5～20公頃	林務局	林務局應變中心	林區管理處處長
20～50公頃	農委會	農委會中央應變中心	林區管理處處長
50公頃以上	行政院	行政院中央應變中心	林區管理處處長

當工作站或現場指揮所通報火場範圍達到5公頃以上時，林區管理處必須立即通報林務局成立應變中心之外，由處長率領ICS小組成員至現場指揮所，取代工作站主任成為火場指揮官。

（三）控制階段

當火場範圍不再擴大，或已完成火場包圍，確定火場不再擴大時，均可視為進入控制階段。在此階段火情通報除火場資訊之外，也應開始進行火燒嚴重度的評估工作，以便進行復育規劃工作。

（四）救火動員作業

在不同火場階段需要動員不同的救火資源，其細部分工如下表5-2所示：

表5-2 不同火場階段之動員

火場面積範圍	主要動員 協調單位	動員對象	現場指揮官
5公頃以下	工作站	工作站內機動救火隊 與一般救火隊	工作站主任
5～20公頃	林區管理處	林區內所有機動救火隊 及一般救火隊山青及消防單位	林區管理處處長
20～50公頃	林務局	局內所有機動救火隊及 一般救火隊消防單位、 山青與國軍部隊	林區管理處處長
50公頃以上	林務局	局內所有機動救火隊及 一般救火隊消防單位、 山青與國軍部隊	林區管理處處長

(五) 森林火災控制策略

森林火災控制策略取決於擴散速率、森林火災強度、發生團火可能性、財貨風險、森林火災規模、可使用資源型別及其他因素等，將控制線定位於既存障礙如道路、溪流、燒毀地區等，以降低森林火災側面襲擊的可能。森林火災控制策略可以包含以下所列一或數種策略：

1. 直接攻擊

- (1) 控制火力均集中於火場周邊而可開闢並形成控制線
- (2) 當火場周邊森林火災以低強度延燒（火線長度低於3m）且為輕質燃料，且火場邊界可以安全作業時
- (3) 高價財貨或改良工事受威脅者
- (4) 焚燒面積小者
- (5) 若可能不應離開安全燒毀地帶太遠
- (6) 需要定位點者

2. 間接攻擊

- (1) 沿天然障礙物建構控制線，最好在地形不連續處或在遠離火場處其間燃料已燒盡
- (2) 若採行間接攻擊，則森林火災有可能快速延燒，應留心此種可能性
- (3) 適用範圍包括：快速前進之地表火其火勢對防火隊過於強烈、樹冠火、地形陡峻或包含人工或天然障礙之地區

3. 側翼攻擊

由一定位點開始同時或連續地在火場兩翼撲救，以連接兩翼之控制線

- (1) 可為直接或間接攻擊，控制線與火場邊界距離取決於森林火災強度
- (2) 森林火災邊界與控制線間未燃燒燃料帶應在開闢控制線時立即燒毀
- (3) 此法適用於強度與擴展速率中等之森林火災

(六) 森林火災控制戰術

1. 臨時防火線位置原則

依下列各項設立臨時防火線：

- (1) 提供救火員安全
- (2) 與火場保持適當距離使防火線可及時設置完畢、燒毀燃料、並根據預測擴展速率及森林火災行為以做處置。
- (3) 保留適當時間以便救火人員在火勢轉劇之前開闢臨時防火線及完成其他必要工作，如伐倒並燒毀枯立木

- (4) 衡量實際情況，儘可能利用地形使防火線最短最直
- (5) 使用最簡單之路徑為臨時防火線，但不可犧牲作業實效性及太多林地與資源。
- (6) 減輕著火區域之危害，且應在防火線與危害地區間保持安全距離
- (7) 防火線避免挖掘過深且不應有急彎
- (8) 使用既有之天然或人工障礙物
- (9) 情況許可則使用重型器械開闢防火線
- (10) 當團火過多且以零星火點處理不符實際時，應圍繞整個範圍並燒去所有未著火燃料
- (11) 應考量環境效應及機關政策
- (12) 參考臨時防火線開闢要點

2. 臨時防火線開闢原則

- (1) 考慮植生高度，防火線寬度不應超過所需
- (2) 實際情況允許時，將防火線清理至礦土層
- (3) 將臨時防火線內所有未燒毀物質拋棄至防火線外
- (4) 將灰燼或燃燒物質散佈於火場內
- (5) 在陡峭坡地建造溝渠式防火線以承接火場掉落物
- (6) 以覆土或灑水冷卻火場鄰近區帶以增加防火線寬度效率
- (7) 以覆土或灑水處理防火線外未炭化之腐朽木及根株
- (8) 時間許可時，在燒毀前將枯立木伐倒或排列於防火線附近
- (9) 在安全許可範圍內開闢臨時防火線以離火場邊緣愈近愈好，燒毀臨時防火線以建置控制線
- (10) 可能時不應離開安全區

3. 用水原則

- (1) 水源不足時應節約用水
- (2) 直接將水噴於火焰基部
- (3) 手工具操作員與噴嘴操作員應一同作業以有效利用水源，尤其在災後火場清理時
- (4) 噴嘴操作員與水源控制員應保持良好通訊
- (5) 依供水充裕進行行動規劃－必要時得要求供水車

- (6) 協調各小組使危急時刻不致同時缺水
- (7) 不可阻斷道路通行
- (8) 消防車頭應朝逃生方向
- (9) 直接用水攻擊後，立即沿火場周圍開關防水線至礦土層
- (10) 提供噴嘴操作員護眼
- (11) 使用泡沫或其他水性添加劑以節水並提高噴水效率

4. 空中阻燃劑使用原則

- (1) 依據估計森林火災規模及可使用資源決定空中阻燃劑施用戰術(直接或間接)及戰略
- (2) 建立一安全點(定位點)並由此開始作業
- (3) 採用適當之投擲高度
- (4) 採行適當之覆蓋度
- (5) 可能時在黃昏時及向坡下投擲
- (6) 向風中投擲，以求最佳準確度
- (7) 保持地面與空中間有效通訊
- (8) 採用直接攻擊戰術僅當地面支援可得時
- (9) 規劃投擲位置使其可有效擴展或交錯
- (10) 確實評估及監控阻燃劑效能，並依此調整其使用方式

5. 滅火劑使用原則

- (1) 僅在撲滅A級可燃物火勢時可在水中添加A級發泡劑以增加水之天然滅火力
- (2) 一般言之，A級滅火劑安全地使用於可產生灰燼之可燃物
- (3) A級滅火劑之作用在於將可燃物冷卻至引燃點以下
- (4) A級滅火劑降低純水之表面張力，加深水對燃料之滲透
- (5) A級滅火劑混合比例依需要可由0.1%至1%
- (6) A級滅火劑可在乾或濕狀況下調製，取決定混合比例及通風程度
- (7) A級滅火劑可以下列各方式加入水流之中：
 - 整批在水槽或供水調製
 - 利用流量控制器以調節抽水唧筒之噴出及吸入側比例
 - 以加壓器將發泡劑注入水流中

(8)A級滅火劑之使用應經檢驗使符於腐蝕及毒性範圍，只可採用核可之發泡劑

三、災後火場清理原則

- (一) 當控制線建好且燃料完全燒毀後即應開始火場清理。威脅性高之狀況應優先清理
- (二) 若燃料可快速且安全燒盡，則令其燒盡
- (三) 火場範圍小時，若符於實際狀況可清理所有範圍
- (四) 火場範圍大時，清理範圍應更深入防火線，以確定在預期可能最惡劣之情況下，無爆裂、團火或燃燒物質飛越臨時防火線
- (五) 僅需伐倒可導致團火或森林火災擴展穿越防火線之枯立木
- (六) 尋找有無悶燒之團火
- (七) 考量控制線外枯立木、悶燒原木及燃料密度所可能引發之問題
- (八) 尋找並掘出燃燒中燃料以降低熱度及團火之危險
- (九) 掘低、阻擋或翻轉重型原木、根株等免其滾動
- (十) 沿防火線邊緣處小心慢行以手背測試有無悶燒部位
- (十一) 配合手工具用水。乾式清理則攪拌混合熱灰燼與砂土
- (十二) 節約用水，但用水量仍應足量以配合工作
- (十三) 以水清理深層燃料如泥炭土、腐植層或松針時，應一面澆水一面刮除或攪動
- (十四) 加入濕潤劑或發泡劑水之濕潤效率可大為增加，尤其對於深層燃料
- (十五) 最後檢視，以手背感溫以確定無殘火可能

第6章 林地測量實務

林地測量工作一般著重在林地境界及境界木施測，輔助以調查存活率之小樣區測量。使用測量儀器以羅盤儀（compass）及經緯儀（transit）2種為主。施測之程序分為準備規劃工作、外業部分為測量儀器對角度、距離及高程差進行施測、內業整理施測成果野帳、計算、平差與繪圖等3個程序步驟

第一節、準備規劃

一、資料蒐集：

- A. 造林地區五分之一或一萬分之一航空照片基本圖，
- B. 二萬五分之一地形圖

二、工具準備：

視需要準備下述用具A.測量野帳簿、B.調查野帳簿、C.羅盤儀、D.經緯儀、E.標竿、F.水準標尺、G.鏈鋸、H.手鋸、I.小型計算機、J.紅漆、K.油性筆、L.原子筆、M.方格紙、N.腰刀、O.鐮刀、P.雷射測距儀、Q.皮尺、R.塑膠繩、S.筆記用紙或筆記簿、T.急救藥品、U.衛星定位儀。

第二節、外業

一、羅盤儀導線測量

用羅盤儀測量，因度盤刻劃不精，以及受環境磁場引力之影響，一般而言精密較低，但羅盤儀輕巧方便，直接觀測方位角，在較小地域的土地測量，則又感便利省時，尤在森林地視線受阻的地方，更感此儀器不可缺少，故林地測量常用之。羅盤儀測定方位角、仰俯角與距離，施測時由已知點或以GPS所量測之座標點開始施測，測量記錄及野野帳調查表如表6-1

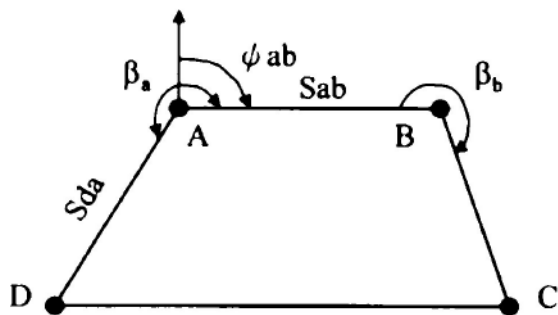
表6-1 測量野帳調查表範例

測線	方位角	仰俯角	斜距(m)
A-B			
B-C			
C-D			
D-A			

二、經緯儀導線測量

隨著科技進步與時代轉變，林地測量已由簡易羅盤儀測量角度到精密之經緯儀角度測量，不但可使誤差降低提高精度，配合經緯儀上之雷射測距儀，距離之測量更為精確，林地測量使用經緯儀不但精度提高而且快速，目前林業單位大多使用經緯儀進行林地施測。一般經緯儀施測以單角法又稱右旋折角法 (angle to the right)，常用於導線測量及一般測角。

其作業步驟舉圖6-1說明，經緯儀施測時通常需要至少1至2點已知點座標或以知點測線之方位角級距離。本例A點座標，點A、B及水平角 β_A ， β_B ，邊長AB、DA 及方位角 ϕ_{AB} 值均為已知， $A(X, Y) = (100.000, 200.000)$ $\beta_A = 267^\circ 25' 25''$ ， $\beta_B = 273^\circ 45' 05''$ ， $\phi_{AB} = 97^\circ 13' 302''$ ， $AB = 39.787m$ ， $DA = 39.500m$ 。欲測量C、D點 β_C 、 β_D 水平角及邊長BC、CD之距離，並將觀測結果記入表6-2導線測量水平角觀測手簿中。



▲圖6-1 經緯儀閉合導線測量

儀器操作步驟

步驟一：先測角度，首先取儀器於C點架設，定心、定平後，後視B點並歸 $0^{\circ} 00' 00''$ ，蓋上對零螺旋蓋子，之後鬆開制動螺旋前視C點得一水平角 β_C 。

步驟二：同上作業流程，再將儀器置於D點，定心、定平後，後視C點並歸 $0^{\circ} 00' 00''$ ，蓋上對零螺旋蓋子，之後鬆開制動螺旋前視A點得一水平角 β_D 。

步驟三：角度測完成後再量BC、CD距離往返各一次。如此完成所有外業作業，並收整儀器準備室內觀測成果計算。

註：測水平角時，其定向動作並不一定要歸零或 $0^{\circ} 00' 00''$ ，而應配合所使用儀器，一般為避免錯誤或方便檢核，還是以歸零最為方便。

表6-2 導線測量水平角觀測手簿

測站	測點	鏡位	度盤讀數			正倒鏡平均			角 度			邊長		邊長平均
			°	'	''	°	'	''	°	'	''	m		m
C	B	正	0	01	00	0	00	55	0	00	00	往	38.506	38.505
		倒	180	00	50							返	38.504	
	D	正	264	46	12	264	46	05	264	45	10	往	39.055	39.057
		倒	84	45	58							返	39.059	
D	C	正	0	00	50	0	00	55	0	00	00			
		倒	180	01	00									
	A	正	274	05	10	274	05	20	274	04	25			
		倒	94	05	30									

第三節、內業

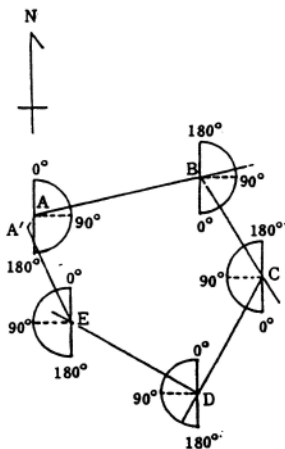
一、羅盤儀導線繪圖及平差法

(一) 導線圖展繪

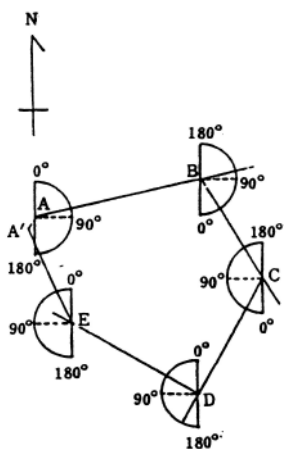
利用方格紙為繪紙，以縱線視為N、S線，橫線視為W、E線；使用量角器展繪：

1. 在方格紙上依據外業繪製草圖及適當比例尺開始選定圖面上配置起點A，在A點向上為N，向下為S，向右為E，向左為W。
2. 在第一測線AB之方位角為 $80^{\circ} 25'$ ，故將分角器中心對準A點， 0° 方向線與A點

之縱線一致，在A點縱線右（東）邊分角器取 $80^{\circ} 25'$ 之位置，定AB方向線，後接適當比例尺取 $AB=35m$ 定B點，如圖6-2及6-3。

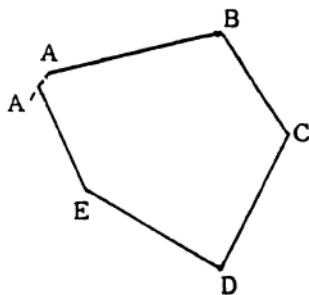


▲圖6-2



▲圖6-3

3. 第2測線之方位角為 $145^{\circ} 30'$ ，將分角器中心對準B點， 0° 之方向線向下與B點最近之細縱線平行（或一致），在B點縱線之右（東）取 $34^{\circ} 30'$ 之位置定BC方向線，後按同比例尺取 $BC=32.3m$ 得C點。
4. 各測線依據前1至2步驟接續展繪各測線，並回歸到起點A，或另得一點A'如圖6-4，量角器之最小刻度為1度，因此會治角度時要盡量仔細，避免由於展繪造成更大誤差。繪製完成後得一閉合導線ABCDE。如A'與A點不重疊，即有閉合差其閉合差為A與A'之連線AA'，如圖6-4，應加以改正，使其閉合

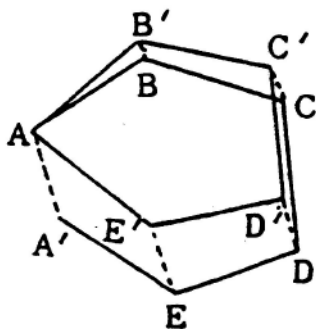


▲圖6-4 羅盤儀閉合導線之展繪

(二) 導線閉合差之圖解平差法

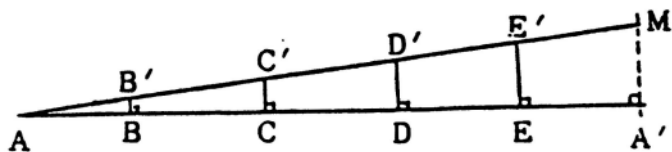
因視線不正，或測線長度及角度之誤差，則導線之閉合差乃發生，但在精度不高，閉合差甚小圖上不甚顯著者，可無須平差，若閉合差稍大，精度要求高，則須加以改正，普通消除閉合差；可用圖面比例平差之，茲分別說明如下：

測區不大，施測時成單一方向進行而返回原點者，如圖6-5， $ABCDEA'$ ，閉合差 AA' 。



▲圖6-5

用另紙畫一直線，如圖6-6，分別取線段等於圖6-5相應線段之長 $AB=AB$ ， $BC=BC$ ， $CD=CD$ ， $DE=DE$ ， $EA'=EA'$ 。再過 A' 點作 $A'M$ 垂直 AA' ，並取 $A'M$ 等於閉合差 AA' 連 AM 後，分別過 E 、 D 、 C 、 B 作垂直於 AA' 之垂直線，並分別交 AM 於 E' 、 D' 、 C' 、 B' 點。



▲圖6-6

然後在圖6-6上，分別過 E 、 D 、 C 、 B 諸點，向上分別作平行於 MA' 之平行線，並分別取 $EE'=EE'$ ， $DD'=DD'$ ， $CC'=CC'$ ， $BB'=BB'$ ，得 E' 、 D' 、 C' 、 B' 各點最後連 $AB'C'D'E'A$ ，即得改正後之閉合導線圖。

二、經緯儀閉合導線計算及平差法

(一)計算說明

表6-3 經緯儀閉合導線經距、緯距及座標計算表

測點	觀測角 β	改正數	方位角 ϕ	邊長 S	ΔX	V_X	ΔY	V_Y	X	Y
A			97-13-30	39.787	39.471	-1	-5.004	-4	100.000	200.000
B	273-45-05		190-58-35	38.505	-7.332		-37.801	-4	139.470	194.992
C	264-45-10	-2	275-43-43	39.057	-38.862		3.899	-4	132.138	157.187
D	274-04-25	-3	9-48-05	39.500	6.724		38.923	-5	93.276	161.082
A	267-25-25								100.000	200.000
	$[\beta]=$ 1080-00-05			$[S]=$ 156.849	+0.001		+0.017			

符號說明： ΔX_a (A 點座標在X 經距方向之投影值) = $S_{ab} \times \sin \phi_{AB}$

ΔY_a (A 點座標在Y 緯距方向之投影值) = $S_{ab} \times \cos \phi_{AB}$

V_X = (表於測量座標在X 經距方向之誤差改正量)

V_Y = (表於測量座標在Y 緯距方向之誤差改正量)

(二) 計算過程

表6-4 閉合導線計算及平差計算說明表

項目	計 算 式
觀測角閉合差	步驟一：計算閉合差ω，$\omega = \sum \beta - (N+2) \times 180^\circ$ $\because \sum \beta = \beta_a + \beta_b + \beta_c + \beta_d = 1080^\circ 00'05''$ $\therefore \omega = 1080^\circ 00'05'' - (4 + 2) \times 180^\circ = +05''$ 步驟二：計算改正值$V_i = -(\omega / n)$，(n 表測站數) $\therefore V_i = -(+05'' / 2) = -2'', -3''$ 說明：依正確的平差計算改正值的n 為測站數，理論上平差應取$n=4$，然因檢定公告β_a、β_b為已知，故不予考量平差，故取$n=2$。
座標閉合差	步驟一：計算各測點水平投影量之和〔ΔX〕 $[\Delta X] = 39.471 - 7.332 - 38.862 + 6.724 = +0.001$ $[\Delta Y] = -5.004 - 37.801 + 3.899 + 38.923 = +0.017$ 步驟二：計算各測量水平投影量誤差之平差值，即 $V_x = -[\Delta X] / n = -(+0.001 / 4) = 1@-0.001$ $V_y = -[\Delta Y] / n = -(+0.017 / 4) = 3@-0.004, 1@-0.005$
導線精度	$\therefore$導線縱橫投影之邊長閉合差 $W L = \sqrt{(0.001)^2 + (0.017)^2} = 0.017,$ $\therefore \text{精度} = W L / \sum S = 0.017 / 156.849 = 1 / 9226$

第四節、樣區設置

1. 決定樣區面積

樣區面積	1/20 (0.05公頃)	1/50 (0.02公頃)
長 × 寬	25公尺×20公尺	20公尺×10公尺
備註	主要林木之平均胸徑(平均胸徑超過20cm以上則採0.05ha)	樣區內之樣木株數(超過25株以上時可採用0.02ha)

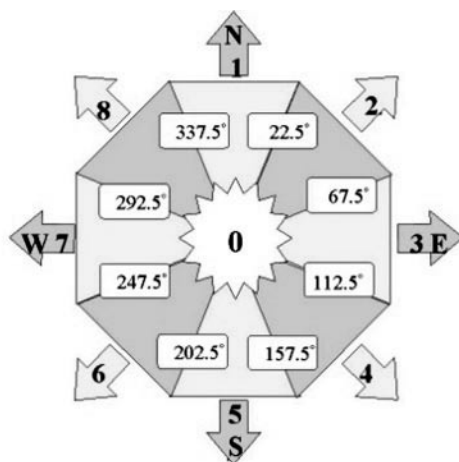
- 由樣區中心沿著垂直於等高線的方向上下設定中心線(如在平地或沒有明顯坡向之地帶，樣區中心線走向以東西向設定之，並以東方為起點)，並分別在起點、中心點、終點做上記號
- 在中心線起點及終點以垂直於中心線的方向拉出所需距離(1/2樣區寬)，並做上記號。
- 分別連接起點及終點所量測的記號點，樣區即成。

第五節、樣區調查紀錄事項

- | | | |
|-------------|------------|------------|
| 1. 樣區編號 | 2. 日期(年月日) | 3. 樣區方位角 |
| 4. 樣區面積(ha) | 5. 調查者 | 6. GPS座標 |
| 7. 座標系統 | 8. 海拔高 | 9. 坡度 |
| 10. 坡向 | 11. 土地利用型 | 12. 地形 |
| 13. 造林年度 | 14. 樹冠密度 | 15. 林分 |
| 16. 主要地表物 | 17. 次要地表物 | 18. 地表植物密度 |
| 19. 地表植物高度 | 20. 樣區記述 | |

第六節、樣區調查記錄注意事項

1. GPS座標為樣區中心點座標
2. 坡度：現場坡度係以坡度計實際量測而得，共二位數。若在同一坡面上如坡度差異太大時需分成數段量測，以求得平均坡度。
3. 坡向：坡向係指樣區所在實際位置的坡向，分為八個方位



4. 地形

1	沖積平原
2	沖積台地
3	海濱沙灘地
4	丘陵地
5	山坡、山腹
6	山谷河床湖泊
7	嶺線台地鞍部

5. 樹冠密度：

0	非林地或幼齡地00-10%
1	散生11-30%
2	疏生31-50%
3	中密度 51-80%
4	密生 > 80%

6. 林分級

0	非林地
1	低蓄積林分 <10cm
2	椎木、小桿材級林分10-20cm
3	桿材級林分 20-30cm
4	製材級林分 30-50cm
5	各幹材級林分

7. 地表植物

0	無（土壤裸露）
1	非經濟竹類（包含箭竹）
2	灌木類
3	硬草類
4	蔓藤類
5	軟草類
6	羊齒蘚苔類
7	其他



8. 地表植物之密度

1	無
2	1-10%
3	11-40%
4	41-70%
5	>70%

9. 地表植物高度（平均）

1	無
2	< 0.5公尺
3	0.5-1.3公尺
4	> 1.3公尺



第七節、林木調查記錄

1. 樣木號碼
2. 樣木狀態
3. 記錄類型
4. 樣線距離(**.*)
5. 樣區線至樣木離距(**.*)
6. 樹種中名
7. 樹種代號
8. 胸高直徑(cm)
9. 樹高(m) (**.*)
10. 枝下高(m) (**.*)
11. 樹冠級

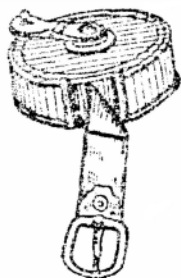
第八節、林木調查記錄注意事項

樣木狀態：1.生立木；2.風折、斷梢；3.病害、蟲害、腐朽；4.枯立木

記錄類型：由上坡向下坡方向設立一條樣線，在樣線右邊樣木為1，左邊樣木為2

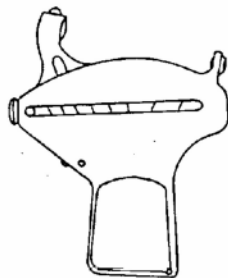
樹冠級：1.疏立木；2.優勢木；3.次優勢木；4.中庸木；5.被壓木

測量胸徑

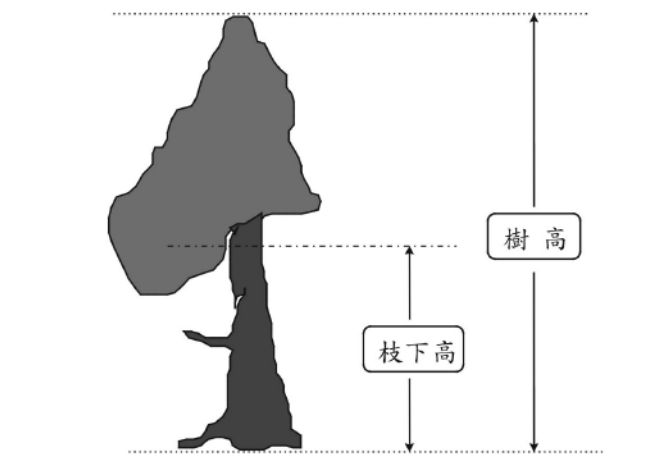


胸徑尺

測量樹高

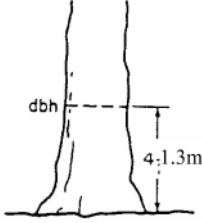
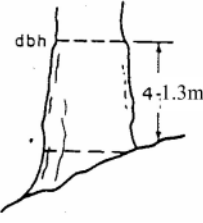
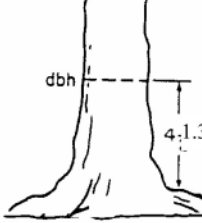
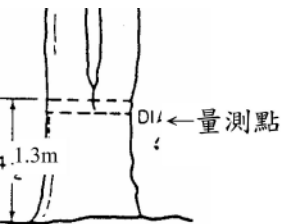
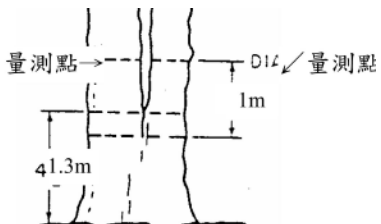
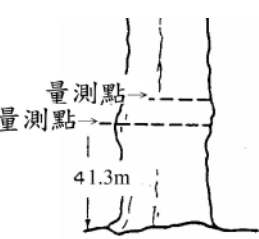
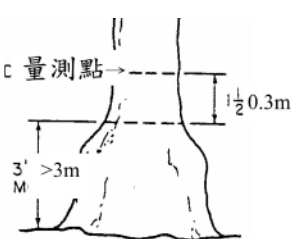


Haga測高器



第九節、胸高直徑測定之注意事項

定為立木離地面1.3m處之樹幹連皮直徑，應沿樹幹軸平行計算

	
在平地	在坡地
	
傾斜	根係露在地面者
	
分叉算一株	分叉算二株
	
胸高處壟起	基部樹幹膨大

第十節、樹高測定之注意事項

- 一、樹高之測定，應是其全高，即林木自地面至主幹頂端之長度。
- 二、根系露出之林木，視水平板根為地面高起算樹高。
- 三、測法及使用儀器須與樹高測定所希望之精度相配合。
- 四、測定位置，應選能透見立大頂梢與根際。如不透視根際時，則選樹幹上某一基準點以先測定，然後再測基準點以下高度相加之。
- 五、測點位置不宜太靠近立木，否則易將側枝葉誤認為梢端，而生過大誤差。
- 六、傾斜立木，若從傾斜方向測定，則得過大或過小值，故宜由傾斜側面測定。
- 七、圓形或扁平樹冠，其側枝平展者，每易造成誤測，故須適度延長測者與立木間之距離。而圓錐形樹冠則較易測定。
- 八、測者與立木間之距離，應正確量測。
- 九、樹梢仰俯角為A，根際仰俯角為B，儀器至根際距離為ab，樹高為 $(ab \times \cos B) \times (\tan A - \tan B)$

第十一節、生長量測計

- 一、林木生長決定於基因（樹種、品系）與環境，還有基因與環境的交互影響。
- 二、測定部位分(a)直徑生長量(b)斷面積生長量(c)樹高生長量(d)材積生長量。
- 三、生長量測定計算依時期分：

(一) 現實生長量：一定期間實際生長量

1. 連年生長量 (C.A.I.)：一年間生長之量

$$C.A.I. = G_{n+1} - G_n$$

2. 定期生長量 (P.I.)：一定期間(p)的生長之量

$$P.I. = G_{n+p} - G_n$$

3. 總生長量：由發芽到現在生長量累積總量

(二) 平均生長量：一定期之現實生長量／期間年數

1. 定期平均生長量 (P.A.I.)：一定期間(p)的平均生長量

$$P.A.I. = (G_{n+p} - G_n) / p$$

2. 總平均生長量 (M.A.I.)：一般指年平均生長量

$$M.A.I. = G_n / n$$

註：上述式中 G_n 、 G_{n+1} 、 G_{n+p} 分別為 n 年時、 $(n+1)$ 年時、 $(n+p)$ 時的生長總量（調查量）

四、查定方法：A. 利用連續調查的資料 B. 利用樹幹解析。

第十二節、樹幹解析與生物量測計

一、選木原則

藉由調查資料計算平均胸徑，以正常木為樣木選取對象，樹冠分叉、畸型或傷害木勿取，在樣區外選取樣木時，應注意選取樹幹通直且樹冠狀況良好者。

二、伐木作業

選木→拍照記錄→量測DBH、H→標定方向線與1.3m處→判定樹倒方向→製作斧口→推倒→作業完成。

三、林木鮮重調查與記錄

(一) 倒木作業：判定主幹(stem)、去枝條、量沿幹長、枝下高、標定截段位置等

1. 樹幹解析截段位置：離地面0.3m、1.3m、2.3m、3.3m、……

2. 乾鮮比取樣截段位置：離地面1.3m、1/2樹高及3/4樹高處

(二) 分段作業：分區擺放枝與葉、段木的紀錄與集材作業

(三) 重量量測：依序量測與記錄段木鮮重。

四、樹幹解析作業

(一) 年輪計算

1. 圓盤截取後，應盡速量測，否則圓盤收縮、割裂將造成年輪寬量測上的偏差。
2. 圓盤年輪判讀，原則上以取過髓心最長之樣本線一條以及與該樣本線過髓心之垂直線一條及上坡處與下坡處之沿坡向過髓心之樣線，共有六條生長輪判釋樣線。由0.3m圓盤開始，由中心第一輪算起，每1年（50年以下）或5年（50年以上）為齡階做記號（嚴禁圈劃年輪）。量測由髓心至樹皮外側之半徑長度且讀至0.1mm。將量測所得之資料記於圓盤直徑計算表中。

(二) 利用各個圓盤直徑的資料，轉錄至直徑及樹高總括表，並算出其各齡階樹高。

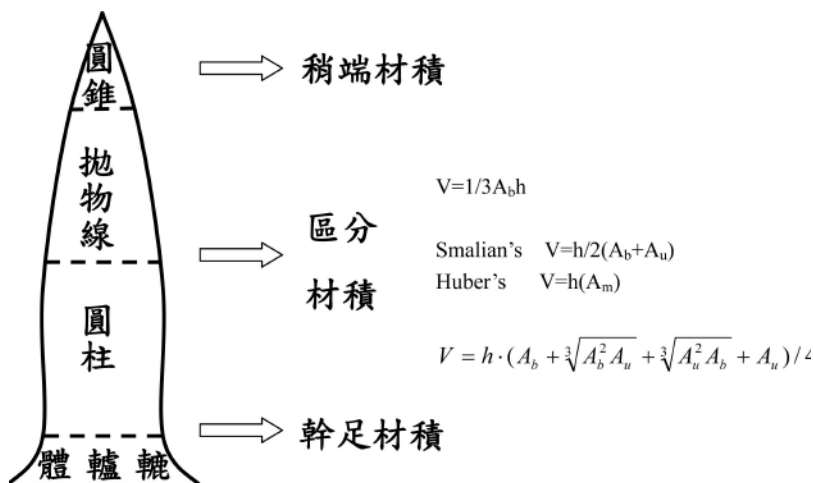
(三) 繪出樹幹解析圖

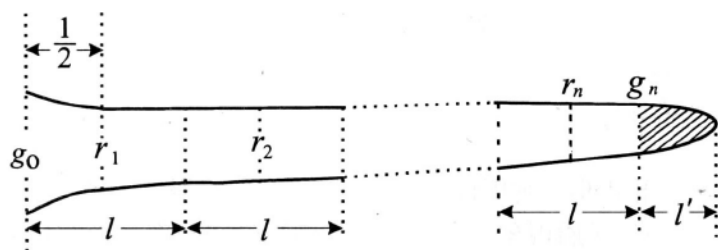
(四) 利用直徑及樹高總括表的資料，利用公式來計算林木的材積（稍端材積、區分材積、幹足材積），並填入材積計算表。

(五) 計算胸徑、樹高、斷面積、材積的生長量，並繪製其生長曲線圖。

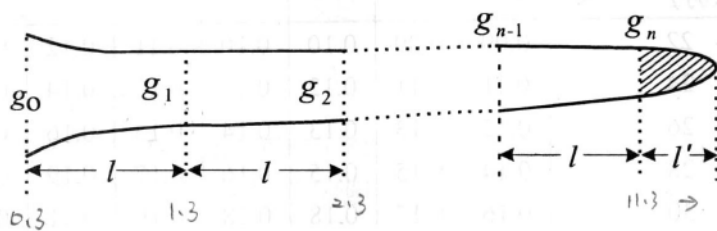
第十三節、材積計算

利用公式來計算伐倒木的材積（稍端材積、區分材積、幹足材積）。





▲圖 公式區分求積法之圖解



▲圖 n 公式區分求積法之圖解

第十四節、樹高曲線式

代號	樹種	迴歸方程式	R ²	地區	年代	作者
102	紅檜	$H=3.3643+0.3030D$	0.6540	荖濃	1977	黃崑崗
		$H=3.0608+0.2927D$	0.6224	荖濃	1977	黃崑崗
		$H=7.4664+0.3306D$	0.4716	六龜	1977	黃崑崗
		$H=4.5351+0.2860D$	0.9230	六龜	1977	黃崑崗
		$H=5.1306+0.3679D-0.0035D^2$	0.4803	阿里山	1977	黃崑崗
		$H=-0.9029+1.0539D-0.0107D^2$	0.7939	溪頭	1977	黃崑崗
		$H=7.6399+0.4275D$	0.7832	溪頭	1977	黃崑崗
		$H=2.2017+0.3409D$	0.8172	大雪山	1977	黃崑崗
		$H=2.3722+0.2616D$	0.6050	大雪山	1977	黃崑崗
		$H=2.2845+0.3378D$	0.8105	大雪山	1977	黃崑崗
		$H=2.3418+0.3347D$	0.7452	太平山	1977	黃崑崗
		$H=2.4166+0.3324D$	0.6870	太平山	1977	黃崑崗
		$H=0.417962D^{1.101322}+1.3$	0.9018	大雪山	1977	黃崑崗
104	香杉	$H=6.777275+0.507632D$	0.8062	蓮華池	1974	劉宣誠等
110	二葉松	$H=\exp(0.559306+0.594311\ln D)$		全省	1986	羅紹麟、馮豐隆
115	雲杉	$H=11.9939+0.4196365D-0.00160765D^2$	0.4780	楠梓仙溪	1980	洪良斌等
117	杉木	$H=7.990+0.1577D+4.9606\log D$	0.8530	蓮花池	1969	洪良斌
		$H=1.64644D^{0.61138}+1.3$		中埔	1953	洪良斌
		$H=1.5963+0.174564D$		能高林場	1963	林子玉

代號	樹種	迴歸方程式	R ²	地區	年代	作者
117	杉木	$Ht=1.4052+0.0835D^2-0.0019D^3$	0.9050	土場	1982	劉宣誠
		$Ht=1.9737+0.0920D^2-0.0027D^3$	0.9090	谷關	1982	劉宣誠
		$Ht=1.2707+0.4570D+0.0421D^2-0.0013D^3$	0.9120	和社	1982	劉宣誠
		$Ht=0.8853+0.7805D-0.0042D^2$	0.9710	濁水溪	1982	劉宣誠
		$Ht=1.7024+0.1330D^2-0.0049D^3$	0.9590	日月潭	1982	劉宣誠
		$Ht=1.8078+0.0984D^2-0.0027D^3$	0.9400	蓮華池	1982	劉宣誠
		$Ht=1.4376+0.1058D^2-0.0031D^3$	0.9450	藤枝	1982	劉宣誠
118	柳杉	$H=\exp(0.393170+0.692453\ln(D))$	0.8739	全省	1985	羅紹麟、馮豐隆
		$H=3.4842D^{0.302836}+1.3$	0.6698	臺大實驗林	1972	楊榮啟
		$\log H=0.592499+0.503189\log DBH$		臺大實驗林	1981	鄭進練
		$H=1.28732+0.17995D$	0.8874	全省	1968	林子玉
119	台灣杉	$Ht=-0.7266+1.0816D-0.0119D^2$	0.8590	六龜	1984	劉宣誠等
206	大葉桃 花心木	$H=1.2501+1.16358447D-0.01701174D^2$	0.9670	中埔	1981	劉宣誠等
		$H=1.1833+1.10820248D-0.00058711D^2$	0.9890	石弄	1981	劉宣誠等
		$H=1.2087+1.07381916D-0.01516064D^2$	0.9640	社子	1981	劉宣誠等
		$H=1.4890+0.83352027D-0.00710759D^2$	0.9160	六龜	1981	劉宣誠等
		$H=1.1660+0.78499213D-0.00895466D^2$	0.9660	恆春	1981	劉宣誠等
		$H=2.1068+0.97254956D-0.01901460D^2$	0.9530	太麻里	1981	劉宣誠等
301	樟樹	$H=\exp(0.441023+0.743526\ln D)$	0.7532	全省	1985	羅紹麟、馮豐隆
502	相思樹	$H=\exp(0.580371+0.675988\ln D)$		南部	1986	羅紹麟、馮豐隆

代號	樹種	迴歸方程式	R ²	地區	年代	作者
514	泡桐	$H=2.668095+0.647227D-0.0100390D^2+0.000059D^3$	0.5898	全省	1974	劉宣誠
516	光臘樹	$H=\exp(0.552856+0.730282\ln D)$			1986	羅紹麟、馮豐隆
		$H=2.37+1.14D-0.02D^2$	0.9310	潮州事業區	1984	劉宣誠、吳萬益
		$H=2.53+1.07D-0.01D^2$	0.9340	潮州事業區	1984	劉宣誠、吳萬益
		$H=2.33+1.23D-0.02D^2$	0.9140	關山事業區	1984	劉宣誠、吳萬益
524	銀合歡	$H=(D/0.96111+0.24642D)^{-1}+1.3$	0.9008	恆春潮州	1989	陳朝圳、范貴珠
600	其他闊	$H=\exp(0.824246+0.496501\ln D)$			1986	羅紹麟、馮豐隆
806	桂竹	$Ht=1.8144+1.803309D$	0.8168	全省	1971	劉宣誠、任懷安
		$H=3.1300+1.6200D$	0.8970	中埔	1975	黃崑崗
900	竹變	$H=0.065203+1.735015D-0.067401D^2$	0.3543	南投 嘉義 高雄 臺東	1975	劉宣誠 趙亞元

第十五節、材積式

代號	樹種	迴 歸 方 程 式	R ²	地區	年代	作者
102	紅檜	$V=0.00010092D^{1.540061}H^{1.135141}$	0.9605	大雪山	1985	陳朝圳
106	松類	$V=0.0000625D^{1.77924}H^{1.03066}$		全省	1970	黃崑崗
110	二葉松	$V=1.547675*10^{-4}D^{1.70088}H^{0.721114}$	0.9845	全省	1986	羅紹麟、馮豐隆
113	鐵杉	$V=0.0000728D^{1.94492}H^{0.80221}$			1973	林務局
118	柳杉	$V=5.979663*10^{-5}D^{1.873222}H^{0.9745340}$	0.9963	全省	1985	羅紹麟、馮豐隆
301	樟樹	$V=4.89823*10^{-5}D^{1.80455}H^{1.25302}$	0.9538	全省	1986	羅紹麟、馮豐隆
350	楠木類	$V=0.0000853*DH$		全省	1972	陳松藩
450	檫木類	$V=9.91157*10^{-5}D^{1.875129}H^{0.749544}$	0.9899	全省	1975	林子玉
502	相思樹	$V=0.0002045D^{1.4386654}H^{0.8480429}$			1986	羅紹麟、馮豐隆
		$V=4.45872*10^{-5}D^{1.529721}H^{1.130837}$		臺灣中南部	1968	林子玉
		$V=8.3136*10^{-5}D^{1.598779}H^{0.89275}$		臺灣中南部	1978	林子玉等
510	木油桐	$V=7.77061*10^{-5}D^{1.700289}H^{0.982390}$	0.9887	全省	1978	林子玉等
516	光臘樹	$V=0.0000772D^{1.878027}H^{0.8124601}$		東南部	1986	羅紹麟、馮豐隆
600	其他闊	$V=0.0000464D^{1.53578}H^{1.13657}$		全省	1968	劉慎孝、林子玉
600	其他闊	$V=0.0000862D^{1.87427}H^{0.8671}$			1986	羅紹麟、馮豐隆
806	桂竹	$V=26.032D^{1.5773}H^{1.1237}$	0.9830	臺灣中南部	1972	黃崑崗

第十六節、林分材積計算

一、累積單株材積法(SUM)－

由林分內單株林木材積累積，進而換算成每單位材積的方法。

$$\text{SUM}(\text{ha}-1) = \sum V_i / A \quad V_i = f(D_i, H_i)$$

其中 V_i 為第 i 株的材積

A 為樣區面積

D 為胸徑

H 為樹高

二、直徑分佈法(DDM)－

係指利用有效描述胸高直徑分佈的機率密度函數的母數，配合樹高曲線式、材積式，以求算出各直徑階材積的分佈情形，進而累計成每單位或總材積之方法。

$$\text{DDM}(\text{ha}-1) = N_t \times \int g(D) \times f(D, \theta)$$

$$f(D, \theta) = \frac{c}{b} \left[\frac{(D-a)}{b} \right]^{(c-1)} \exp \left\{ - \left[\frac{(D-a)}{b} \right]^c \right\}$$

其中 N_t ：單位面積內的林木株數

$g(D)$ ：以胸高直徑的函數，如樹高曲線式和材積式

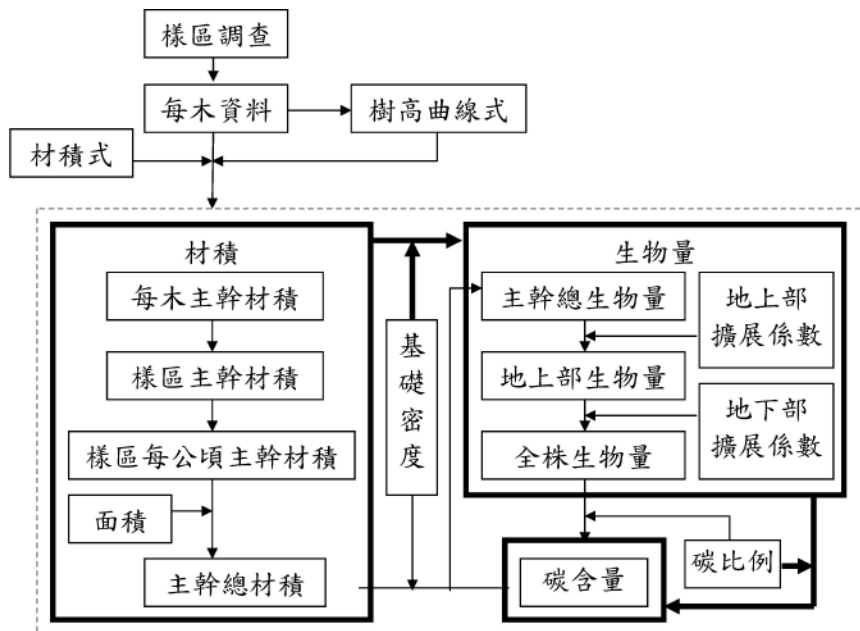
$f(D, \theta)$ ：可適當描述直徑分佈的機率密度函數

第十七節、直徑分佈法處理時的步驟

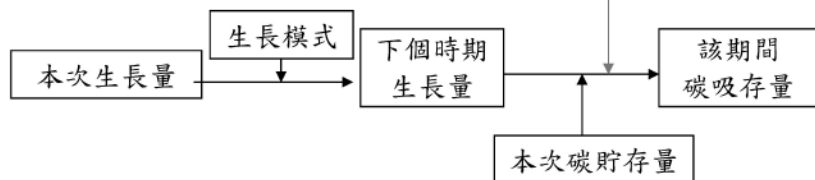
- 一、先推算能適當描述直徑分佈的機率密度函數 $f(x, \theta)$ ，如Weibull pdf的母數（如 a, b, c ）。K-S (Kolmogorov-Smirnov test)
- 二、利用每單位面積的林木株數 N_t ，配合以上求得母數的區段分佈函數式，以便獲得某一直徑階每單位面積的株數。
- 三、利用樹高曲線式 $H=f(D)$ ，求得各直徑階平均直徑的樹高，再以直徑和樹高利用材積式 $V=f(D, H)$ ，求得此一直徑階單株林木的材積。
- 四、將此單株林木材積乘上此一直徑階的林木株數，即可得此直徑階，每一單位面積的材積。
- 五、將各直徑階的材積累加起來，即得每一單位面積的總材積。
- 六、再利用各階每一單位面積的材積去乘上其樹本資料所代表的總面積，即得到欲求面積內各直徑階和全部的材積。

第十八節、碳吸存量之推估

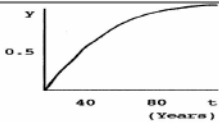
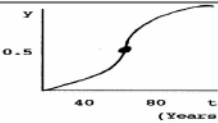
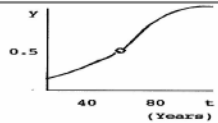
一、碳貯存量



二、碳吸存量



第十九節、生長曲線一般理論式之性質

模式形態	Mitscherlich	Logistic	Gompertz
微分方程	$\frac{d_y}{d_t} = k(M - y)$	$\frac{d_y}{d_t} = l_y(C - y)$	$\frac{d_y}{d_t} = q_y(\ln A - \ln y)$
生長函數	$y = M(1 - Le^{-kt})$	$y = \frac{C}{1 + e^{a-bt}}$	$y = Ae^{-e}$
介量之性質	$L = \frac{M - y_0}{M}$	$a = \ln \frac{C - y_0}{y_0}$ $b = Cl$	$p = \ln(\ln \frac{A}{y_0})$
	M : 漸近值 k : 潛在生長 y_0 : 初值	C : 漸近值 l : 潛在生長 y_0 : 初值	A : 漸近值 q : 潛在生長 y_0 : 初值
介質期望質之範圍	原介量: $M > 0, K > 0, y_0 \geq 0$ 導出介量: $0 < L \leq 1$	原介量: $C > 0, l > 0, y_0 \geq 0$ 導出介量: $a > 0, b > 0$	原介量: $A > 0, q > 0, y_0 \geq 0$ 導出介量: $p > 0$
反曲點	Nil	$t = a/b$ $y = c/2$	$t = p/q$ $y = A/e$
最大生長量	MLK (When $t=0$)	$bc/4$ (When $t=a/b$)	aq/e (When $t=a/b$)
凸性	上凸(all way)	上凸(When $t < a/b$) 下凸(When $t > a/b$)	上凸(When $t > p/q$) 下凸(When $t < p/q$)
對稱性	非對稱	以反曲點為中心，兩端對稱	非對稱
圖形			

第二十節、Schnute生長模式SAS程式

```
%MACRO T(M ,N ,O ,P ,Q ,R);
DATA AA;
infile "c:\SAS\&M.prn" ;
input T W;
TITLE &M ;
PROC NLIN BEST=10 PLOT METHOD=MARQUARDT;
PARMS Y1=&N Y2=&O
A=&P B=&Q;T1=1;T2=&R;
A1=Y1**B;B1=Y2**B;C=B1-A1;
D=1-EXP(-A*(T-T1));E=1-EXP(-A*(T2-T1));
F=D/E;G=1/B;L1=LOG(Y1);L2=LOG(Y2);
H=A1+C*F; MODEL W=(A1+C*F)**G;
DER.Y1=Y1**B*(1-F)*(A1+C*F)**(G-1);
DER.Y2=Y2**B*(1-F)*(A1+C*F)**(G-1);
DER.A=G*(A1+C*F)**(G-1)*C*((T-T1)*(1-D)*E-(T2-T1)*(1-E)*D)/E**2);
DER.B=(-G**2*LOG(A1+C*F)+G*((L1*A1+F*(L2*B1-L1*A1))/H))*H**G;
OUTPUT OUT=B P=WHAT R=WRESID;
PROC PLOT DATA=B;
PLOT W*T= ' 0 ' WHAT*T= ' P ' /OVERLAY;
PLOT WRESID*T ;
PROC PRINT;
Run;
%MEND;
%T(M. ,N ,O ,P ,Q ,R);
```

第7章 疏伐作業

第一節、疏伐作業之效益

疏伐作業除了大眾所周知的可增加林木之肥大生長及提升形質外，尚有下列之正面效果：

- 一、可促進地被植物的生長而減緩地表逕流及沖蝕。
- 二、增加生物多樣性，疏伐後促進土壤種子庫之發芽，前生樹及地被植群之生長，形成複層林相。
- 三、土壤溫度變化擴大，促進腐植層之分解，提高土壤肥沃度。
- 四、留存生長旺盛之林木，光合作用效率高，故能增進CO₂之吸存，減低溫室效應。
- 五、林地留存部分倒木或枯立木，可提供昆蟲、鳥類及野生動物之棲息場所。
- 六、增進林分景緻，經過疏伐之林分，林內透光良好，令人舒暢沒有壓迫、雜亂之感覺。
- 七、輪伐期延長，減低對環境之干擾。
- 八、減少病蟲害之發生。

第二節、鬱閉人工林各樹冠級林木之結構

造成樹冠分級。在未干擾鬱閉之林分，各樹冠級株數組成與斷面積佔有之百分率如表7-1所示。

表7-1 鬱閉人工林各樹冠級林木之結構

	株數百分比	斷面積百分比
優勢木	15%	38%
次優勢木	20%	20%
中勢木	30%	24%
劣勢木	35%	18%

註：此為平均值，誤差±3%

第三節、疏伐與林木形質及量之關係

一、生長

林分會隨著林齡之增加而互相競爭，疏伐可使留存木保有較大之生長空間，林木直徑和高度會隨著生長空間之增加而增大，初期增加較速，隨後逐漸緩慢。此種促進生長效果有其極限，而且不會隨著空間之增加而無限增大。另外，胸徑生長受疏伐之影響較大，而樹高較不明顯。

二、冠形、枝下高、幹形、枝節於疏伐後之變化

林分疏開後，會促進側枝的生長及延後自然修枝的時間，致林木冠幅會增大、枝下高較低，枝節數量及節徑均會增多，樹幹尖削度會提升（圖7-1）。

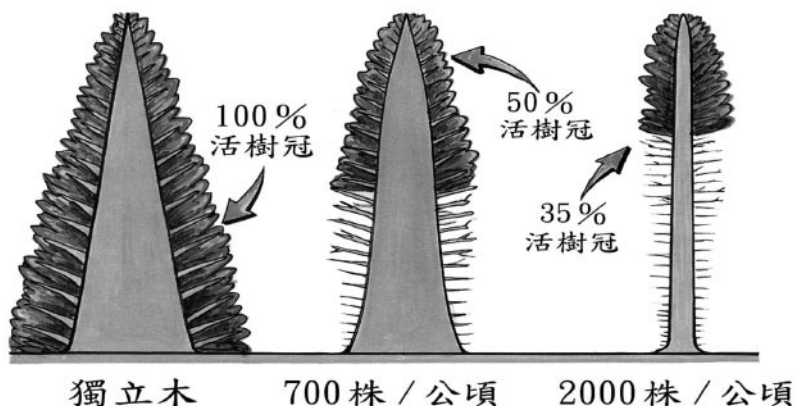


圖7-1 不同立木度林分之生長狀態、樹幹形狀、枝下高及樹冠發育狀態。

三、年輪寬、木材密度與強度之變化

林分經疏伐後，生長空間較大，直徑之肥大生長較快，因此會產生較寬之年輪。在一定範圍內，木材密度和強度均不受影響，但若太強度之疏伐，直徑肥大生長過速，年輪太寬，木材強度會減弱。未疏伐而林木太密集之林分，生長衰弱，木材之密度會變小，木材強度也會減弱（圖7-2）。

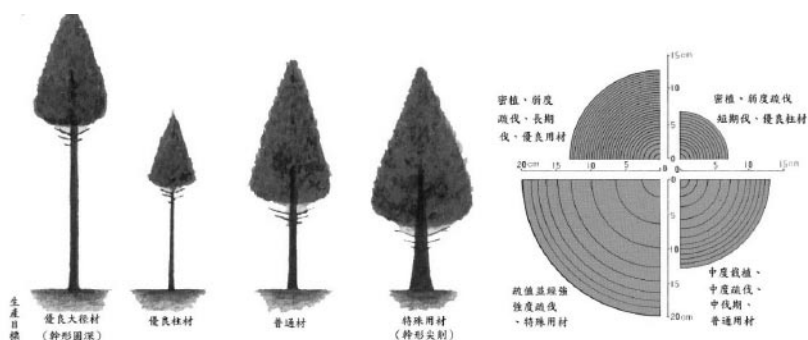


圖7-2 不同撫育方式對林木樹冠發育、年輪寬及生產目標之影響

第四節、疏伐與未疏伐林分之幹形及單木材積之比較

鬱閉而未經疏伐的林分，其林木之幹形及單木材積會與疏伐林分有明顯差異，可參閱表7-2。

表7-2 疏伐（或疏植）林分與未疏伐（或密植）林分之幹形及單木材積之比較

項 目	疏伐（疏植）	未疏伐（密植）
胸高直徑	大	小
幹材積	大	小
枝葉量	大	小
年輪寬	廣	狹
枝下高	低	高
節	多	少
圓滿度	尖削	圓滿
形狀比	小	大

第五節、疏伐與未疏伐林分單位面積幹材積之比較

大致而言，疏伐並不一定會增加材積總收穫量（主伐＋疏伐）（表7-3）。在林地充分利用之前提內，林分經不同強度疏伐，材積總收穫量與未疏伐林分相比較，當輪伐期愈短，未疏伐林分明顯較多；輪伐期愈長，則兩者差異愈小。但若林分過熟，未疏伐林分自然疏伐嚴重，則其收穫材積會小於疏伐區。

表7-3 疏伐（或疏植）林分與未疏伐林分之材積收穫量

項 目	疏伐（疏植）	未疏伐（密植）
胸高斷面積合計	小	大
（鬱閉前）枝葉量	小	大
（鬱閉後）枝葉量	約相等	約相等
主伐幹材積	小	大

第六節、林分生產目標與撫育作業法(育林體系)

國有林地分區分級，林木經營區、國土保安區與森林育樂區，因經營目標不同，其育林體系及撫育作業有明顯不同，請參閱表7-4。

表7-4 經營目標與撫育體系之關係（豬野曠，1981）

經營目標		撫育體系				
		栽植 密度	疏伐	修枝	伐期	備註
林木經營區	優良材	密	弱	胸徑6cm 開始	短	伐期中能保持健康林分之範圍內，生產小柱材。可轉換為長伐期優良材。
		密	數次， 弱	胸徑6cm 開始	長	必須儘早實施疏伐為前提
		中	數次， 弱	胸徑6cm 開始	長或 短	初期疏伐即使短伐期也必須實施
	良質材至 一般材	中	數次， 中	胸徑15-20 cm開始	長	初期疏伐即使短伐期也必須實施，以長伐期為前提
	小徑木	中	不實施	不施行	短	自達到一定規格者依次實施收穫
	紙漿材	中	不施行	不施行	短	重點置於量的生產
國土保安區	重視森林之公益機能	疏	重視健康性而實施	不施行	長	以重視林分之健康性為重點
森林育樂區	景觀大徑材	疏	視景觀需要分數次實施	修枝高度步道2.0-2.5m 行車道4.0-4.5m	無	重點以景觀安全及大徑材為目標

第七節、需優先撫育之樹種

紅檜、柳杉、臺灣杉、臺灣肖楠、樺木、光臘樹、臺灣扁柏、樟樹、香杉、烏心石。

第八節、疏伐（間伐）之實施方法

一、依疏伐木有無商業價值分類

（一）除伐（非商業性疏伐）

造林木伐除之對象，徑級太小或分叉或腐朽，無搬出之商業價值，砍伐後留置林地者。

（二）疏伐（商業性疏伐）

造林木雖未達伐期，但疏伐木之徑級或品質已達到搬出利用之商業價值，並搬出利用者。

二、依疏伐性質分類

（一）定性疏伐

已鬱閉之林分，通常依林木樹幹及樹冠之發育狀態分成不同樹冠級，以作為疏伐選木之依據。例如日本寺崎渡疏伐方法，即依疏伐木之冠級分成A、B、C、D四種疏伐度。寺崎渡之樹冠分級如次：

1. 優勢木：位於林冠上層之樹木

1級木：樹冠之發育完整勻稱，樹幹通直，全無被害分叉現象。

2級木：樹冠之發育不如1級木之完整勻稱，或比1級木稍低。

（1）樹冠之發育過度擴張而妨礙鄰木之生長

（2）樹冠之發育過小而樹幹細長

（3）樹冠之發育不完整而樹形呈側壓狀態

（4）樹幹之形狀不良，有彎曲、生瘤或分叉等現象

（5）被害木或病木

2. 劣勢木：位於林冠中層或下層之樹木，或呈被壓狀態。

3級木：比1及2級木低而比4級木高，尚未呈被壓狀態，梢端仍有自由發展之餘地。

4級木：完全被壓而仍能生存。

5級木：枯死木、被害木或枯損木。

林冠	優勢木（上層林冠）					劣勢木（下層林冠）			
區分	1	2					3	4	5
		a	b	c	d	e			
圖									
例									

圖7-3 寺崎渡樹形級區分圖。

寺崎渡依據圖7-3之樹形及疏伐數量而擬定4種疏伐種類（表7-5），但實際選木時，除根據樹幹級外，尚須考慮林冠之鬱閉度及鄰接木之相互位置等因素而作適當之調整，例如林木稀疏時，則一部分預定疏伐的林木要保留下來。

表7-5 寺崎渡四種疏伐標準

疏伐種類	A	B	C	D
伐採木	4 5	2b 2e 2c大部分 2a、2d一部分 3一部分 4 5	1一部分 2 3大部分 4 5	1一部分 2 5
保留木	1 2 3	1 2a大部分 2c一部分 2d大部分 3部分	1大部分 3一部分	1大部分 3 4

將預定疏伐的林木予以核算後，轉換成疏伐率，約略如表7-6。

表7-6 寺崎渡定性疏伐換算疏伐率(大約值)

疏伐率(%) 疏伐強度	株 數	胸高斷面積或材積	備註
A	< 35	<17	弱度下層疏伐
B	35 ~ 45	17 ~ 25	中度下層疏伐
C	45 ~ 55	25 ~ 35	強度下層疏伐
D	25 ~ 30	20 ~ 25	中度上層疏伐

(二) 定量疏伐

就預定實施疏伐之林分，依其密度施以量及質的調整與控制，決定疏伐率之後再選木。一般進行定量疏伐時，則依經營目標及生育地條件先決定保留木株數或斷面積，再依林木樹冠級進行選木，達到預定之疏伐量或留存量。

1. 林分密度管理圖

疏伐量的決定係根據林木生長過程中的競爭法則，簡單來說即建構各樹種之「林分密度管理圖」，其為各樹種的生長在各不同密度長期試驗之結果，依林分發育狀態，以每公頃株數及平均樹高來推估林分收穫及疏伐量之基準。林分密度管理圖有樹種及地區之分別。在臺灣，目前除柳杉、紅檜外，但仍為試驗研究性質，其他樹種尚缺乏林分密度管理圖。茲以日本地區柳杉及扁柏上層木樹高和每公頃適宜保存之株數列如表7-7，其中“密”為生產優良用材，“中庸”為生產普通用材，“疏”為特殊用材。

表7-7 依一般林分密度管理圖製作之疏伐指針表

上層木 高度 (m)	疏 伐 後 每 公 頃 株 數					
	柳		杉	扁		柏
	密	中 庸	疏	密	中 庸	疏
6	5,080	3,509	2,489	9,079	6,322	4,500
8	3,384	2,388	1,655	4,998	3,482	2,479
10	2,464	1,703	1,207	3,145	2,190	1,560
12	1,900	1,315	932	2,161	1,505	1,070
14	1,528	1,056	749	1,567	1,091	777
16	1,273	879	622	1,189	828	589
18	1,072	741	525	930	648	461
20	922	637	452	747	520	371
22	806	557	395	612	427	304
24	712	492	349			
26	636	440	311			
28	573	396	281			
30	520	359	255			

註：臺灣杉及香杉可參照柳杉；紅檜及臺灣扁柏可參照日本扁柏。

2. 依林木平均直徑大小而推算之林分適當之株數。

$$N = 9000 / D (D + 2)$$

N：每公頃留存之適當株數

D：平均直徑以10為單位計算。如林分平均直徑20.5cm，
即按2.05計算（9000：常數）

表7-8 依林木平均直徑而推算之林分適當之留存株數

D (cm)	N(株/ha)	D (cm)	N(株/ha)	D (cm)	N(株/ha)
12	2344	22	974	32	541
14	1891	24	852	35	468
16	1563	26	753	40	375
18	1316	28	670	45	296
20	1125	30	600	50	257

註：同一林分的疏伐作業通常實施數次，但一般至輪伐期之3/5時即不再疏伐。如輪伐期為100年，則最後一次疏伐林齡為約60年。

3. 依林分平均高度而決定林分適當之留存株數。

$$N = 10000 / (H/5)^2 = 10000 / (0.2H)^2$$

N：林分每公頃適合之株數

H：林分平均高度（單位：m）。

如林分平均高度為20m，則該林分所應留存之適當株數為625株。

表7-9 依林分平均高度所推算應留存之株數

H (m)	N (株/ha)	H (m)	N (株/ha)
10	2500	22	517
12	1736	24	434
14	1276	26	370
16	977	28	319
18	772	30	278
20	625		

（三）依疏伐選木之形式而分類

1. 下層疏伐：下層疏伐的目的在於淘汰下層被壓之劣勢木，再依序疏伐中庸木，以利上層之保留木生長。換言之，疏伐之選木順序依次為：枯死木、劣勢木、中庸木。
2. 上層疏伐：上層疏伐之目的並非將優勢木全部伐除，而是伐除部分樹幹彎曲或分叉的上層木，調節林木生長空間配置，此外也需對於劣勢木及中庸木進行伐採。

3. 機械疏伐：

(1) 空間疏伐：依固定之距離選擇保留木，其餘林木全部伐除。如距離為4公尺，則每公頃留存625株。

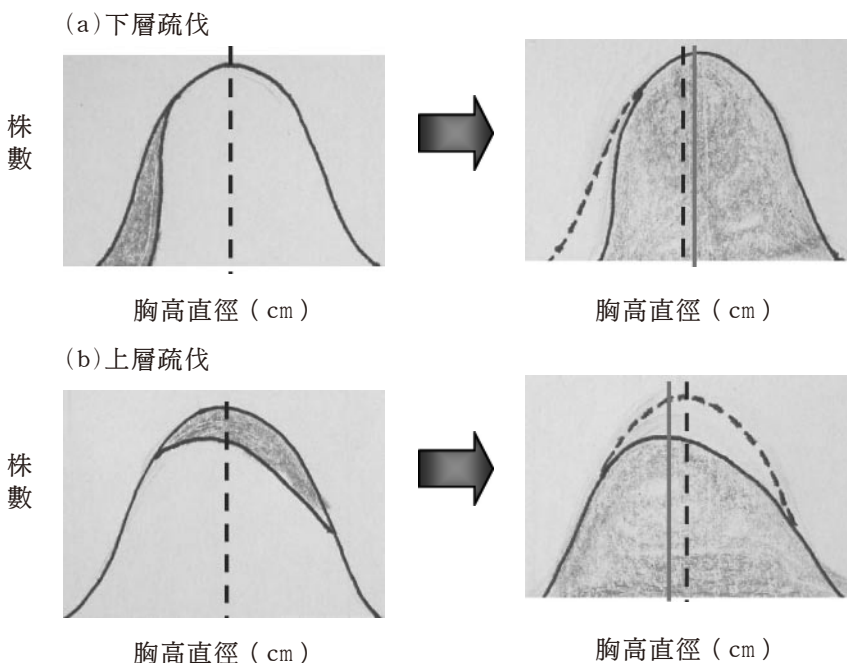
(2) 行列疏伐：依固定行間距離，做狹長帶狀選擇保留木或伐採。如砍3行留6行，或砍6m保留12m。

4. 選擇疏伐：依照特定的經營目的選擇疏伐木，例如市場有特定規格之需求，則可採用選擇疏伐的方式實施。此外，在實施選擇疏伐時也應對於劣勢木一併伐採，以利保留木之發展。

(四) 不同疏伐種類（形式）對直徑分布之影響

有關定性疏伐對直徑分布之影響以圖7-4表示。

1. 下層疏伐：疏伐後之平均胸徑 $>$ 疏伐前之平均胸徑。
2. 上層疏伐：疏伐後之平均胸徑 $<$ 疏伐前之平均胸徑。
3. 機械疏伐：疏伐後之平均胸徑 = 疏伐前之平均胸徑。
4. 選擇疏伐：依選擇疏伐木的不同，疏伐後之平均胸徑可能 ' $>$ '、' $=$ ' 或 ' $<$ ' 疏伐前之平均胸徑。



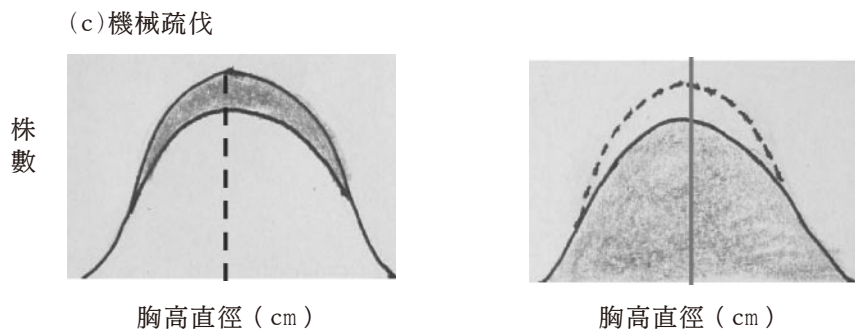


圖7-4 不同疏伐種類對直徑分布之影響（藍色虛線為疏伐前之胸高直徑平均值；紅色實線為疏伐後之胸高直徑平均值）

第九節、疏伐實務

一、何時開始疏伐

(一) 原則

1. 栽植密度：密植者，疏伐開始林齡較早。
2. 生長速率：快者，疏伐開始林齡較早。
3. 生育地：生育地佳者，疏伐開始較早。
4. 樹種：樹冠擴張大之樹種或陽性樹種，開始早。
5. 林分徑級結構：各徑級之株數分布呈倒J形，則需進行。

(二) 依林分現況判斷：需疏伐之林分為

1. 林木樹冠已鬱閉而彼此競爭，鄰接木樹冠交叉之林分。
2. 樹冠下側枝條枯死，甚至開始脫落，形成自然修枝之林分。
3. 被壓木已枯死之林分。
4. 林地光度減弱，地被植群減少，甚至地表光禿之林分。

(三) 配合市場需求

以林分內林木達到市場上具有交易價值木材大小的數量達到最多時，定為疏伐開始時期。

二、疏伐強度及疏伐間隔之決定

（一）經營目標

1. 林木生產：重視林木品質及幹形，則疏伐度宜弱，兩次疏伐間隔宜短。
2. 功能多樣性：期望維持林分之動、植物有多樣性或林分的垂直結構複雜，則疏伐度宜強，疏伐間隔宜長。

（二）生長速率或生育地條件

1. 生育地之地位佳或林木生長速率快者，疏伐度可較強。
2. 生育地不佳或林木生長緩慢者，疏伐度宜較弱。

（三）樹種耐陰性

1. 耐陰性強樹種或樹冠較窄，如臺灣杉、柳杉，疏伐度宜較弱，保留木留存之空間之直徑約為樹高的 $1/5$ 。如樹高 18m ，單株間距為 3.6 公尺，每公頃則留存 $1,111$ 株。
2. 陽性樹種或樹冠擴張之樹種疏伐度宜較強，保留木留存空間之直徑約為樹高的 $1/4$ 。如樹高 18m ，單株間距為 4.5m ，每公頃則留存 494 株。惟若需抑制枝條之擴張，以免產生較大枝節，則疏伐度宜弱。

（四）風害

1. 主幹纖細，形狀比（樹高／直徑）之比值超過 100 ，強度疏伐易受風害。
2. 形狀比小於 70 ，即樹幹較尖削者，耐風力較強，可行較強度之疏伐。

（五）疏伐間隔

1. 林木冠層是否再度鬱閉。
2. 平均樹高是否達到預期高度。

（六）林齡

1. 幼齡林生長較速，故幼齡期兩次疏伐間隔宜短。
2. 老齡林，生長減緩，兩次疏伐間隔宜長。

三、疏伐作業實施步驟

（一）疏伐前或編案時基本資料之蒐集

1. 事業區、林班、造林臺帳、年度、樹種、面積等。

2. 疏伐林分之生育地條件、造林方法、每公頃栽植株數、撫育情形及災害情形等。
3. 森林經營目標及主伐期。
4. 是否搬出利用，搬出時集運作業方式。
5. 交通狀況、調查人員住宿地點及工寮設備。
6. 氣候變化情形、毒蜂、毒蛇之有無及種類。

（二）攜往現場之資料及用具（視需要攜帶）

1. 資料：a. 疏伐地點五分之一造林地實測圖。b. 或一萬分之一航空照片基本圖。c. 材積計算表。d. 水平距離換算表。
2. 用具：視需要準備下述用具a. 每木調查野帳簿。b. 樣區調查野帳簿。c. 全套面積測量用具。d. 測高器。e. 光度計。f. 鏈鋸。g. 手鋸。h. 輪尺。i. 「查」字鋼印。j. 黑色印泥。k. 小型計算機。l. 白漆。m. 油性筆。n. 原子筆。o. 方格紙。p. 腰刀。q. 鐮刀。r. 卷尺。s. 塑膠繩。t. 筆記用紙或筆記簿。u. 急救藥品。v. 衛星定位儀。

（三）疏伐地之勘察

1. 觀察地形及林相之變化，注意其疏生、密生部分及各種被害情況。
2. 調查林地上覆蓋植物（雜草、灌木、雜木）之種類，地衣、蘚苔之生長情形。
3. 觀測林木枝下高之高度及林分鬱閉之程度。
4. 觀察林道及作業道路之分布情形。

（四）疏伐區面積之測量及界木之設置。

1. 測量疏伐區面積。
2. 設置界木：依照國有林林產物處分規則之規定辦理。

（五）樣區之設置

1. 樣區位置：以系統取樣方式或選取具有代表性林分，設置樣區或標準地。
2. 樣區面積：每樣區面積0.05~0.1公頃（如為0.05公頃，長方形樣區：25m×20m，沿等高線25m，順坡20m水平距離較妥當；或圓形樣區：半徑12.63m）。
3. 樣區數量：樣區面積約佔實際面積5~10%，樣區之相隔距離以100公尺以上為原則。林分生長若均勻，數目可酌減，若不均勻，數目宜增加。
4. 樣區應以衛星定位儀定位，以利查考。

(六) 樣區之調查

1. 工作人員之編組：每組3~4人

(1) 選擇疏伐木1人（由職員或技術士擔任）。

(2) 記帳1人（由職員或技術士擔任）。

(3) 疏伐木胸徑量測及疏伐木削樹皮（或綁塑膠繩）及烙印做標記1~2人（由技術士或臨時工擔任）。

(4) 注意事項：

① 實際作業時，宜就所選定之樣區，由參加疏伐調查之全體人員共同討論選擇疏伐木，以求選木有統一標準及作業熟練，然後再分組進行選木。

② 若僅進行編案時之樣區調查，則不需進行選木及削樹皮之標記，但需量測樹高，此時之編組則為記錄1人，胸徑及樹高量測2人。

2. 調查項目

(1) 胸徑

(2) 株數（扣除枯損木），再換算單位面積株數（如樣區0.1公頃，樣區株數140株，則每公頃為1,400株）。

(3) 實測樣區內各徑級之樹高及數株，以繪製樹高曲線圖，以求出各直徑級之樹高，作為計算材積之依據。

(4) 必要時，亦可使用光度計，同時量測林內光度及林外光度，計算相對光度（林內 / 林外 $\times 100\%$ ）而推測林分鬱閉狀況。

(5) 其他：如地表冠層覆蓋情形及天然更新狀況。

3. 調查方法

(1) 自上坡段向下坡段調查。

(2) 測定胸高（130公分處）直徑，測定人員務必站於樹幹之上坡量測之。

(3) 測定後於林木根株下坡方向30公分以下處削皮烙印。

(4) 疏伐木樹幹兩側削皮或綁塑膠繩為記。

(七) 疏伐率之計算

1. 株數疏伐率（（林分現存株數－保留木株數） / 林分現存株數） $\times 100\%$ 。

2. 斷面積疏伐率（（林分現存斷面積－保留木斷面積） / 林分現存斷面積） $\times 100\%$ 。

3. 材積疏伐率（（林分現存材積－保留木材積） / 林分現存材積） $\times 100\%$ 。

4. 求出樣區之株數疏伐率及斷面積疏伐率。

5. 大面積作業時，僅求出株數疏伐率，配合下層選木即可。即將斷面積疏伐率換算為對應之株數疏伐率。例如，斷面積疏伐率為20%，則相當株數疏伐率35%，即每3株需砍1株。

（八）選木方法

將林木樹冠分級，加以簡化：

1. 優良木：形質及成長狀況良好，且高度位於平均林冠之上。
2. 中庸木：形質及成長狀況無顯著缺點之林木。
3. 不良木：被壓木、彎曲木、傾斜木、病木、衰弱木、斷頂木、分叉木等形質及生長均有顯著缺點之林木。

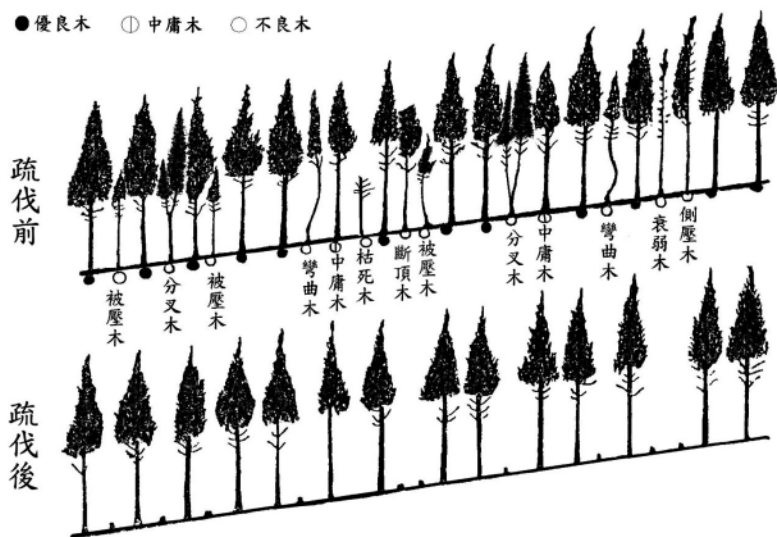


圖7-5 簡化之樹幹級分級及選木疏伐後林分配置狀況圖。

（九）選木之順序

疏伐率確定後，除特殊目的外，一般以下層疏伐方式進行選木，其順序如次：

1. 枯死木、瀕死木。
2. 受害木（包括風折為害木、鼠害木等）。
3. 傾斜木、彎曲木。

4. 被壓木。
5. 分叉木。
6. 擁擠之中庸木。
7. 次優勢木。
8. 優勢木。

惟在實際選木作業時，除依據上述選木標準外，尚須依林冠之鬱閉度及鄰接木之相關位置等作適當之調整。疏伐後其林木之行株距相隔距離以在3~5m之間為宜，而行株距若超逾5~6m，縱使其鄰接木雖為彎曲木，分叉木或中庸木等，仍應予以保留，以免林冠過度疏開，產生諸如林分生長量減低、側枝徑增大等不良影響。因此在疏伐作業前可將諸如9株林木選為一小集組，並選伐其中之3~4株，然後再以同一形式進行下一集組作業，二集組之間須部分交疊，即下一集組與上一集組間應共用部分林木（如圖7-6虛線交疊之3株）以免造成林木過分疏開。如此現場實際作業較易進行，而對行株間距亦較易於控制。

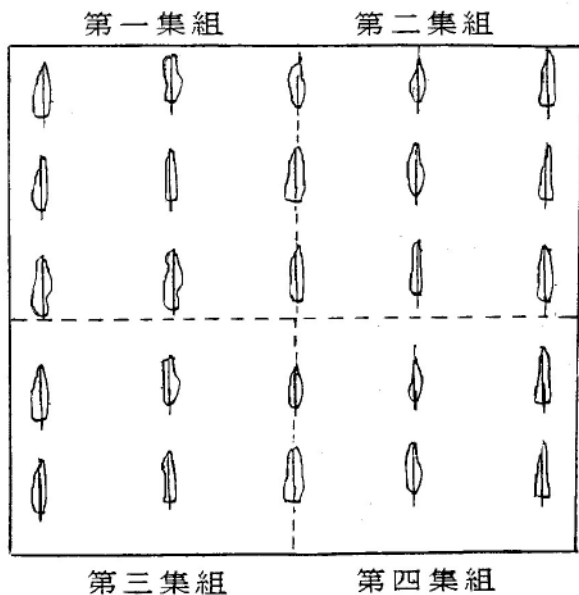


圖7-6 9株林木為一小集組，田字形選木方式。

完成選木後，保留木之空間能均勻配置，同時將選取株數換算疏伐率與疏伐預定之疏伐率相比較，以二者之差距作為修正之依據。

第十節、疏伐注意事項

- 一、避免破壞林地而危害林木，如林緣、林內空地及岩石多的地方，宜降低疏伐強度，一般僅砍伐劣勢木，其他林木則予以保留。
- 二、山峰、嶺線或突起之地勢視同林緣部分，宜降低疏伐強度，低凹地則視同平地。
- 三、疏伐順序：自林分之下坡段向嶺線方向依序疏伐。
- 四、疏伐木倒向，應為橫坡或順坡45度範圍內，樹幹基部稍向斜坡上方或大略成平行傾倒。避免順坡垂直向下倒落，因樹幹易折斷或碎裂。另外，應避免掛架在留存木上。
- 五、若欲搬出利用，應及時截枝，造材及集運，否則易腐朽及生蟲害。
- 六、初次疏伐時，株數疏伐率最好在30%以上，才能發揮疏伐效果，而留存之株數以能善盡利用地力為原則。
- 七、每公頃適宜留存之株數，若要培育優良用材，以保留較「密」為原則，但疏伐間隔宜縮短。若以培育普通用材為目標，則宜保留「中庸」為原則。欲培育特殊用材，希望生長速度快，則保留「疏」為原則，或欲培育成多樣性較高之林分，此時疏伐強度宜較強，疏伐間隔宜較長。
- 八、合理之疏伐方式，應採用定性與定量疏伐兩者之優點，即先決定疏伐率後，再依樹冠級之標準選定疏伐木。
- 九、各樹種之初次疏伐應以下層疏伐為原則，依不同之疏伐強度逐步實施。
- 十、幼齡期未經疏伐者，初次之疏伐度不應過強，否則林分急劇疏開，將有使林木生長停滯之虞，同時易受強風危害。
- 十一、若林木欲搬出利用或進行商業性疏伐，且林地地形特殊，疏伐木集材困難者，可採用每隔一定距離如20公尺或6列或以上，砍伐2列，最多3列之方式做為集材線，保留列進行弱度疏伐。惟若該地之風害（颱風）嚴重，且保留帶的寬度小於10公尺者，則保留帶不宜再進行疏伐，以維護保留木之抗風力。伐採列亦可並行林下栽植，若不進行林下栽植，砍伐帶則以2列為宜。
- 十二、以提升林木形質為經營目標者，原則上不宜施行行列（機械）疏伐，以免破壞林相而無法達成經營目標，惟疏伐後欲營造複層林或提升生物多樣性者則可進行，其疏伐方式以至少砍3行留6行以上較佳。
- 十三、欲將人工栽植的純林轉變為複層林或混合林，則可分次實施行列或單株強度疏伐，或小面積之孔隙或群狀疏伐，空隙地再配合林下栽植原生經濟樹種。
- 十四、林地內宜留存部分疏伐木或枯立木，不宜全部搬出，以便提供野生動物、昆蟲等棲息場所。

第十一節、疏伐木之造材

- 一、疏伐木若欲搬出利用，切鋸枝條時，應注意不在材面留下小枝節及傷到材身。
- 二、為求疏伐木及早乾燥、減輕重量、搬運容易及避免病蟲害之發生，林木伐倒後，樹冠可朝緩去除，以加速水分散失，再進行造材及集運工作。
- 三、疏伐木多以圓材利用，為期出售容易，價格較好，應依當地一般市場消費習慣與實際需要量而定造材規格，並據以實施造材。
- 四、消費市場對疏伐木造材規格與底價，除特殊用途之電桿材長度多為6m以上外，一般以生產3.6m的原木佔多數，其次為1.8m、3.0m、4.2m等規格，造林長度須有5cm以上之延寸。末口直徑以0.5台寸（1.5cm）為一單位，1.5台寸（4.5cm）以上即可造材銷售，但依現行木材檢尺規程之規定，末徑4.5公分須四捨五入，以5.0cm計算材積。杉木、柳杉之造材規格如表7-10所示。

表7-10 疏伐木造材規格

區 分	主 要 規 格			次 要 規 格				配 合 規 格	
材 長 (公尺)	4.8	4.2	3.6	3.0	2.4	2.1	1.8	1.2	0.9
末 徑 (公分)	5以上	5以上	5以上	5以上	5以上	5以上	5以上	5以上	5以上

- 五、疏伐所得之木材，除極少量之小徑木、病蟲害木及枯死腐朽木外，皆有其市場價值，其市價會因木材長短及末徑大小不同而略有差別，但臺灣目前狀況，均無需再作等級之分。為便於木材價格之評定及計算，假設以材長3.6公尺，末徑4.5~9公分之單價指數為100，推算出其他各種材長與末口直徑之圓材平均價格指數。杉木、柳杉之指數如表7-11所示。

表7-11 疏伐木造材規格與市價指數

材長(公尺) 指數(%) 末徑(公分)	0.9-1.2	1.8	2.1-3.0	3.6	4.2	4.8
4.5~9	45	63	70	100	105	110
10.5~18	40	55	65	80	85	90
19.5以上	90	110	115	120	128	130

第十二節、地面拖曳集運材方式

地面拖曳集運材配合林道網及地形等可採用林內運材車與單軌道集運材作業方式。

一、林內運材車集運材作業

(一) 適合林內運材車集運材場所

1. 地形較緩，一般路面坡度在20°以下為宜。
2. 已整備之高密度林道網。
3. 集運方向以水平或下坡集材較適宜。
4. 考慮避免損傷留存木，林內運材車操作需備具優良之技術。

(二) 不適合林內運材車作業之場所

1. 地形急峻。
2. 濕地地帶。
3. 岩石裸露明顯之處。

(三) 林內作業車行走難易度

應用林內運材車進行木材集運作業時，須考慮地面坡度、地面障礙密度、地表狀態及車輛寬度等因子。一般地形較傾斜、障礙物出現頻率較高、地表狀態為較軟且粘著係數較低的土壤時，行走困難度會增加。相關林內運材車行走難易度與集材地形區分如表7-12：

表7-12 林內運材車行走難易度與集材地形區分

行走難易度 *(η : %)	< 10	10-30	30-50	50-70	70-80	> 80
集材作業難 易度	非常容易	容易	一般程度	困難	相當困難	不可能
地形種類	極良好	良好	中等	惡劣	非常惡劣	架線地帶

$$* \text{地面坡度} < 5^\circ, \eta = \frac{K}{1 + 42e^{-21.5\lambda w}}$$

$$5^\circ \leq \text{地面坡度} < 10^\circ, \eta = \frac{K}{1 + 42e^{-(C+21.5\lambda w)}}$$

$$\text{地面坡度} \geq 10^\circ, \eta = \frac{K}{1 + 1581e^{-[18.4\lambda w + 27.9(\tan \theta + A)]}}$$

η : 行走難易度(%) ; θ : 地面傾斜度(度) , λ : 地表障礙物密度(個/公頃) , $\omega = b + \bar{x}$ (b : 林木運材車寬度(m) ,

$\bar{x}$: 障礙物平均直徑(mm) , μ : 地表狀態(粘著係數如表 2) , $K=80.5$, $A=0.30e$,

$C=(14.5+314A-35.1\lambda\omega)(\tan \theta -0.088)$ 。

表7-13 各不同類型地表狀態之土質與粘著係數

地表土壤 粘著係數	0<0.2	0.3	0.4	0.5	>0.6
土質	腐植土 (濕)	砂質粘土 (濕)	砂質粘土 (乾)	粘土 (濕)	粘土 (濕)

(四) 林內運材車型式

林內運材車可分為輪胎式與履帶式兩大類，利用車輛牽引力拖拉原木進行集材作業。此等運材車可於車輛前端加裝鏟土板或木材夾鉤，或在尾端配置犁或捲胴等不同裝置，而可用於整地、築路、播種、育苗、集材、轉材等林業工作上。林內運材車作業方式如表7-14說明。

表7-14 林內運材車作業方式

作業方式	說明
地曳式	將木材直接以地曳方式拖出，地曳方式一般利用大徑材或全幹材之搬出，但有損傷木材之缺點。
裝載方式	將木材裝載於運材車上或拖車，以茲搬出，此種作業方式適用於經造材後之中小徑材搬運，雖然裝卸較費工但不損傷木材，有利於較長距離之搬運。
半裝載方式	由運材車或拖材拱架裝載木材之一端予以施出。比地曳作業方式，木材損傷較少且每次作業量較高。

二、林業用單軌道集運材作業

(一) 適用場所

林道網路的整備為森林經營時之關鍵要件，林道網可減輕搬運勞力且有助於各項作業效率的提升。然因地形或其他因素，很多地區之林道或作業道之路網整備極為困難，雖然可利用架空索方式，但在疏伐作業時，尚有許多問題有待克服。能補救架空索之短處，可代替林道之功能而易於建立永久基礎且為急傾斜地之搬運設施之單軌道，可視為機械化木馬加以利用。適合單軌道及運材作業之條件如下：

1. 地形上無法開設林道之場合。
2. 防止林地遭受破壞。
3. 架空索或作業道無法導入之場合。
4. 用地或構造物（電線、建築物、水源地等）形成障礙，使用其他方法施行有困難之場合。
5. 作業材積不多且木材分散之場合，如疏伐、擇伐作業等。

（二）單軌道集運材作業優缺點（表7-15）

表7-15 單軌道集運材作業優缺點

優點	缺點
1. 架設容易且架設時限制較少。 2. 不需特殊技術與資格。 3. 較道路或架空索架設用地少，且不破壞地表。 4. 木材之裝卸以少數人員即可勝任且容易作業（離地約40cm）。 5. 自裝材場至卸材場可自動行走，可無人駕駛。	1. 器材費用高。 2. 不利於一次大量的搬運。 3. 屬單線單方向搬運方式，距離愈長之作業效率愈低。

第十三節、架線集材系統

架線集材系統，以動力集材機藉由鋼索將伐倒木拉曳至集材場。與地面拖曳集材相比較，架線集材系統除了需要較多的知識與技術層面的要求，還需要詳盡周詳之作業規劃。集材作業規劃內容必須在作業方式選定後，務必至作業區現場進行查勘，作為計劃修正之參考，避免鋼索架設位置的不當使得集材成本增加。

由於鋼索架設方式的不同，對林道的位置與施工方式也有不同的要求，因此在架線集材系統規劃時，必須將林道的規劃一併考量。各種不同之架線集材型式如表7-16。

表7-16 架線集材型式

集材型式	說明
地曳式集材 (Ground-lead logging)	僅使用鋼索及單胴集材機作業，先由人力或畜力將捲胴內鋼索拉出至木材地點，將木材捆束套緊後，再捲收集材機捲胴之鋼索，將木材拉至木材集中處。本作業方式作業效率低，僅適用於小面積小量之作業區。
高曳式集材 (High-lead logging)	本作業方式所需主要設備為雙胴集材機、主柱、集材索、回控索及鑲鏈索等。作業時，集材索由捲胴引出經主柱上之滑車而接於供吊曳木材用鑲鏈索的一端；回控索則經此接鑲處延伸繞經數個材根之導索滑車，迂迴轉回主柱之另一滑車後，最後連接於另一捲胴上。由捲胴捲取捆材索而拉集木材，木材前端抬離地面越過障礙。
架空索集材 (Cable skidding; Cable yarding)	利用集材機及鋼索將伐區的木材集中於一定場所。集材方法由地曳式、高曳式逐漸演變成各種高架式的型態。集材柱也由立木、鋼鐵柱而發展至桁架結構型式，除集材外，亦能應用於裝材作業。
氣球集材 (Balloon logging)	將氣球填以氫氣，藉氣球浮力將木材拉起，並利用鋼索及集材機動力，將木材從伐區內運出。以一個 $15,000\text{m}^3$ 的氣球，每回可集材 $8\text{-}9\text{m}^3$ 。

就台灣地區目前的集材設備與技術，並考量地形因素，有效率疏伐木之集運材方式在短期內仍將以傳統架空索集材系統為主。台灣地區傳統架空索集材型式如表7-17。

表7-17 傳統架空索集材型式

集材型式	說明
泰勒式架線集材 (Tayler system)	架空索固定於主柱上，拉取木材之升舉索的一端固定於尾柱側之根株，另一端經搬器之吊材滑車而入於集材機捲胴內。升舉索功能為將木材吊高。
落轆式架線集材 (Falling block system)	為固定式架線式方法之一，架空索固定於主柱及尾柱上，作業索之吊索係以二條掛法，其吊材滑輪可隨吊材索兼拉控索之上下而升降。集材機者使用二捲胴者，在緩坡地時為緩坡下行之方便，另於搬器下側加附一條回控索，幫助搬器之運行。
雷氏妥式架線集材 (Nestos snabbing system)	為固定式架線方式之一，架空索固定於主柱及尾柱上，集材機安設於上方較高處主柱附近，集材機附一個捲胴。為拉控索兼吊材索之較單純架線方式。
循環式架線集材 (Endless system)	將集材機捲胴之一只或全部改為循環捲胴(endless drum)，作業索之一端固定於搬器後經循環捲胴纏繞3-4匝，可防止作業索在捲胴上之滑動，其後通至搬器之另一端固定，使作業索成為循環索，以操控搬器及其載重下之移動。單索循環式使用於人工林疏伐作業之集材很有效率。利用人工林之保留木作為集材柱，立木周圍以護木固定後，疏伐林內任何地點均可架線，使其達到任意需要集材之處，以收集疏伐木並集中至林道旁之裝材場。單索循環型架線方式使用一條鋼索作為架空索兼作軌索與動索，以支持吊掛及移動木材。吊具藉吊材索直接固定於循環索之上，形式簡單，適合小徑木等輕量物質之運送。架線時，一般每10至50公尺間隔，有需要轉彎或支持處配置特殊承索用單面滑車，以便可向左、上下、前後任何方向自由轉彎以期順利收集並輸送木材達到目的地。本方式可說是面的集材，對於疏伐材之採集，在面積廣大而伐採材積之密度(m^3/ha)低的場合，為一頗有效之方法。

第十四節、林道網與林道密度

林道係以合理經營森林為目的所開設之森林道路，廣義的林道包括山地軌道、索道、森林鐵路、木馬道、卡車路等；狹義林道僅指卡車道，為產業道路之一種。林道提供造林撫育、木材生產、森林施業及森林管理之用，可將林產物有效率的搬運至木材加工廠或市場；適當的林道網，可降低木材生產成本，提高森林的經濟價值，尤能減低林地內之移動時間而提高造林、撫育及管理作業效率，可使人工經濟林之經營更符合經濟性而達到集約性企業經營之目標。此外亦可兼顧地域性交通運輸，促進森林遊樂事業與農工業的發展。林道的發展程序如下：

- 一、首先開發林區的聯外道路，主要為公路，不屬於林道網系統。
- 二、建設林區內林道網骨幹的林道主線與支線，目的為永續性生產的實現。
- 三、最後開發林道網路的作業線，用以提高運輸能力、加強林地管理及作業效率。

（一）不同地況下相適應的作業方式與林道密度

表7-18 不同地況下相適應的作業方式與林道密度

地形狀況	築路難易度	適合作業方式	林道密度(m/ha)
平坦地形	容易	林內運材車集運與卡車林外運材	30-50m/ha
丘陵地形	中等	拖拉機中短距離集材與卡車運材	20-30m/ha
山岳地形	困難	架空索中距離集材與卡車運材	10-20m/ha
險峻地形	非常困難	架空索長距離集材與卡車運材	5-10m/ha

（二）林道標準規範

林務局之林道設計標準（表7-19），依其重要性區分為下列四種：

1. 甲種林道：適用於主要林道，為過去自營生產之運材路線，計有大雪山與八仙山2條甲種林道。
2. 乙種林道：適用於次要林道，亦為過去自營生產之運材路線，計有大鹿本線、出雲山、祝山、雙流、內洞、東勢林區220及230線、扇平、和平等乙種林道。

3. 丙種林道：適用於再次要之一般林道，為造林及木材生產用之作業線，計有桶後、達觀山等林道。

4. 公路六級道路：交通部公路路線設計標準之最低等級，但其標準仍較甲種林道規範為高。計有東眼山、奧萬大、藤枝及翠峰等4條六級道路。

表7-19 林務局各級路面執行標準

項目	公路六級道路		甲種林道	乙種林道	丙種林道	備註
	雙車道	單車道				
路幅(m)	7.5	6.0	5.0	4.5	4.0	以直線為準
縱坡度(%)	10	10	10	10	15	最大縱坡度
平曲線(m)	25	25	20	15	10	最小半徑
外側路肩(m)	1.0	1.0	0.5	0.5	0.3	路肩寬度含於路幅中

(三) 林道網路與高性能林業機械之配合

為提升疏伐收穫作業效率，降低木材生產成本，日本等若干林業先進國家近年來積極研發高性能之伐木造材及集運材機械，這類型機械須有完善的林道網配合方能充分發揮它的功能。表7-20及表7-21分別為新型伐採機械與傳統伐採機械配合高性能林業集運材機械之建議作業流程。

表7-20 新型伐採機械與高性能林業集運材機械之建議作業流程

集材距離		緩坡地			陡坡地				
作業地分散型	近距離集材 (<100m)	伐倒→	搬出→	造材	伐倒→	搬出→	造材		
		伐木機	履帶式林內運材機	造材加工機	小型伐木機	塔式集材機 (附抓鉤)	造材加工機		
		〔短材作業〕			〔全木集材〕				
	短距離集材 (100-200m)	伐倒造材→	搬出		伐倒→	搬出→	造材		
		林木收穫機	裝載式集材車		小型伐木機	小型塔式集材機	造材加工機		
		〔短材集材〕			〔全木集材〕				
	中距離集材 (200-400m)	伐倒造材→	裝載→	搬出	伐倒→	搬出→	造材		
		林木收穫機	抓鉤	裝載式集材車	小型伐木機	中型塔式集材機	造材加工機		
		〔短材集材〕			〔全木集材〕				
作業地集中型	短距離集材 (<200m)	伐倒造材→	裝載→	搬出	伐倒→	造材→	搬出→	裝載	
		林木收穫機	抓鉤	遙控裝載式集材機	伐木聚材機	造材加工機	裝載式集材車	抓鉤	
		〔短材集材〕			〔全木集材〕				
	中距離集材 (200-400m)	伐倒→	搬出→	造材→	裝載	伐倒→	搬出→	造材→	裝載
		伐木聚材機	輪胎式林內運材車	造材加工機	抓鉤	伐木聚材機	中型塔式集材機	造材加工機	抓鉤
		〔全木集材〕			〔全木集材〕				
	長距離集材 (>400m)	伐倒→	搬出→	造材→	裝載	伐倒造材→	搬出→	裝載	
		伐木聚材機	輪胎式材內運材車	Grable saw	抓鉤	林木收穫機	單軌式運材車	抓鉤	
		〔全幹集材〕			〔短材集材〕				

表7-21 傳統伐採機械與高性能林業集運材機械之建議作業流程

集材距離		緩坡地			陡坡地		
作業地分散型	近距離集材 (< 100m)	伐倒造材→	搬出		伐倒造材→	搬出	
		鏈鋸	遙控式集材機		鏈鋸	小型塔式集材機	
		〔短材集材〕			〔短材集材〕		
	短距離集材 (100-200m)	伐倒造材→	搬出		伐倒造材→	搬出	
		鏈鋸	履帶式林內作業車		鏈鋸	小型塔式集材機	
		〔短材集材〕			〔短材集材〕		
	中距離集材 (200-400m)	伐倒造材→	集材→	搬出	伐倒→	搬出→	造材
		鏈鋸	附捲胴林內作業車	裝載式集材車	鏈鋸	自走式搬運器	鏈鋸
		〔短材集材〕			〔全木或全幹集材〕		
作業地集中型	短距離集材 (< 200m)	伐倒造材→	搬出		伐倒造材→	搬出	
		鏈鋸	輪胎式林內作業車		鏈鋸	小型塔式集材機	
		〔短材集材〕			〔短材集材〕		
	中距離集材 (200-400m)	伐倒→	搬出→	造材	伐倒→	搬出→	造材
		鏈鋸	履帶式林內作業車	造材加工機	鏈鋸	中型塔式集材機	造材加工機
		〔全木或全幹集材〕			〔全木或全幹集材〕		
	長距離集材 (> 400m)	伐倒→	搬出→	造材與裝載	伐倒→	搬出→	造材與裝載
		鏈鋸	輪胎式林內作業車	Grable saw	鏈鋸	大型塔式集材機	Grable saw
		〔全木或全幹集材〕			〔全木或全幹集材〕		

由以上建議可知由於林道網密度增加及引進高性能林業機械，導致長距離多徑間集材架線逐漸減少，固定式集材機逐漸被移動式塔式集材機或回旋式集材機所取代；伐木造材機械逐漸取代鏈鋸，伐木時間可在短短數秒內完成且不會有倒木懸架現象。相關高性能林業機械說明如表7-22。

表7-22 高性能林業機械

用途	機械種類	說明
伐木造材	伐木機 (Feller)	僅能做到定向伐木功能，可分成剪刀式伐木機、圓盤鋸伐木機、鏈鋸式伐木機。
	伐木聚材機 (Feller-buncher)	是一種可伐倒樹木又能堆放木材的自走式機械。主體前頭有伐木機構，由圓鋸與護盤組成，可垂直和水平轉動，以利於貼近地面並切斷樹幹，並由機械臂在伐木中抓住樹幹，俟樹木切斷後，舉放於車後的拖材車上，適用於中小徑木的伐採作業。
	林木收穫機 (Harvester)	為一自走式機械，有輪胎式與履帶式兩種或兩者兼具。在機械本體的前方有帶臂型油壓伐採機械，後方備有打枝、剝皮與截斷功能的造材機械，為一人操作之伐木、造材與集材之林內綜合的一貫處理機械。
	造材加工機 (Processor)	造材專用機械，在林地伐倒之林木，以其他機械送到後，利用本機械進行打枝、剝皮與截斷作業，作業場地宜選擇面積較廣大之區域。
集運材	塔式集材機 (Tower yarder)	又稱為機動塔式集材機，裝設有支柱用之集材塔與集材捲胴。由於具備自走功能，可在林道上行走且容易設置集材機，作業深度以道路兩側100公尺範圍內之作業效率高。
	鉗鉤式集材機 (Grapple yarder)	利用鉗鉤式集材機的架線方式與傳統架線方式相似，主要差異為捆綁木材的部份以鉗鉤的抓取方式取代捆材的鋼索，提高集材作業過程之安全性。與塔式集材機相較，由於機械臂可行回旋功能，故架線換線之速度快同時可進行轉材與裝材作業。
	遙控式搬器 (Remote carriage)	搬器內藏引擎、吊材索及無線裝置，須配合單索架線操作，不需使用集材機，適合小徑木之集運。
	林內運材車	如表7-14所述。

第十五節、修枝作業

一、修枝之效益

在集約經營之人工林，修枝之目的在於促使林木能早期生產無節材以及控制枝節之大小、數目，並避免死節及腐節之產生，以提升造林木之製材率及品等。此外，對環境與生態亦有下列正面效益：

- (一) 可減少土壤沖蝕及地表逕流。林分鬱閉後，因林內光度不足，致地被植物、灌木層減少，地表裸露，降雨易於造成地表逕流及土壤沖蝕。林木修枝後，冠層疏開，陽光可射達地表，促使地表植物及灌木層之滋生、繁茂。
- (二) 可增加生物歧異度及減少病蟲害發生，增進生態系之穩定性。修枝配合疏伐作業，可調整林分結構，將病株及枯死枝條伐除，空隙地可促使他種林木發育之機會。
- (三) 增進地利，促使林木生長。修枝後，因枯枝、落葉及部分樹幹留存於林地，致使枝葉養分回歸土壤。並因林內光度增加、溫度上升，加速枝葉及腐植質之分解，故能增進地利。
- (四) 可提昇林分景緻。經過修枝之林分，林內透視度良好，令人舒暢免有壓迫、雜亂之感覺。

二、修枝與林分密度之關係

林分每公頃立木株數愈多者，林木冠幅愈狹小，枝下高愈高，下層枝條因光量不足而死亡、脫落，有自然修枝之效果，故人工修枝效果不明顯。每公頃留存株數較少的林分，林木冠幅較大，枝下高較低，修枝效果較明顯。

另外，有些樹種如臺灣杉，在鬱閉後下層枝條雖死亡，但枯枝脫落卻緩慢，會形成死節，也應即早修枝。

三、需優先修枝之樹種

(一) 紅檜、臺灣肖楠、臺灣扁柏、檉木、光臘樹、樟樹、烏心石

由於這些樹種為長伐期之樹種，材質之需求甚為重要，但一般造林地林木幹形分叉嚴重，且枝條不易自然修枝，因此建議宜於4~6年生時，進行一次力枝之修除，7~12年生時，配合除伐進行修枝工作，往後再進行疏伐及留存主伐木之修枝工作。

(二) 臺灣杉

臺灣杉幼期生長甚速，單一主幹明顯，但枯死枝條殘存，不易自然脫落。因此，需配合除伐或疏伐分次進行疏伐及主伐木之修枝工作。

（三）柳杉、香杉

初期生長良好，單一主幹明顯，又容易自然修枝，因此這二種樹種之重點在進行疏伐（間伐）工作，修枝較為次要。

四、修枝對生長之影響

- （一）葉子已死亡之枯枝並無光合作用能力，因此以人工將其修除並不會影響生長量但會避免死節（腐節）產生。
- （二）尚有綠葉的下層活枝，因光度不足，生長勢已衰弱或瀕臨枯死，其耗用的能量大於光合作用的產能，修除此種枝條，對林木具有生長促進效果。
- （三）中上冠層生理作用旺盛之活枝，若予修除，將會影響其生長。但一般而言，任何樹種對修枝強度之影響，均有所能承受之最大限度，未逾此範圍，修枝的效果都是正面的。惟超過此範圍，其生長將呈現永久性之衰退，如10年生以下之台灣杉、紅檜、台灣櫟、柳杉修枝強度超過綠色活枝的1/3者，將呈永久性之衰退。

六年生以下之造林木如烏心石、桃花心木、臺灣櫟、肖楠、光臘樹等修枝強度宜修除其分叉幹或力枝。（分叉幹或力枝定義：枝條大於主幹1/2以上，且和主幹夾角小於45°者。）

五、修枝對幹形、材質與品等之影響

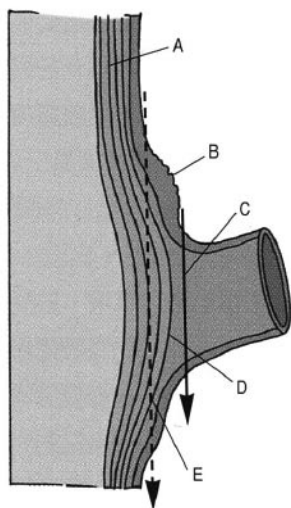
林木經過修枝處理，可提升林木樹幹之圓滿度，而有較高的製材率，並可避免死節之產生，而儘早形成無節通直之良材，因此，原木之製材率及品等皆可提升，木材強度也會增加。但一般若將節疤去除，其餘板材部份的強度及木材尺寸安定性質則不受節的影響。

六、修枝位置與方法

針葉樹與闊葉樹種間，樹幹和枝條所接合部位所形成的木材組織之樣式互異，因此修剪之位置亦有不同。通常情形是針葉樹枝條在樹幹著生之位置變化較小，闊葉樹枝條變化較複雜。

（一）闊葉樹

幹材細胞的細胞壁有多層次，能有效防止病原菌之入侵。但病原菌只要自傷口侵入木材管狀細胞內，便可經由管狀細胞作垂直的向上或向下移動，而擴展感染、侵害的範圍。防止及降低受害的唯一機制是分泌樹膠（gums）以封閉傷口或以結晶物（crytols）在細胞內沈澱以阻止病原菌上、下擴展。因此，枝條切除時，應盡量減少對木材管狀細胞的傷害（圖7-7）。



- A. 縱向垂直之木直部管狀細胞
- B. 枝皮樑脊(Branch bark ridge) , 但並非皆很明顯
- C. 正確之修枝位置
- D. 枝條基部之枝瘤稍微隆起
- E. 傳統平切法(flush cut), 暴露太多縱向木質部管狀細胞

圖7-7 闊葉樹樹幹和枝條之縱剖面

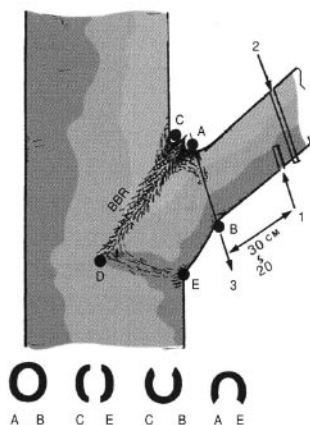
闊葉樹種樹幹生長枝條時，枝條基部會形成或多或少凸起的環狀細胞稱為枝瘤 (branch collar)，這是植物細胞的自然防禦機制。因此，很重要的一件事情是切除枝條時不要傷害到枝瘤 (圖7-7、7-8)，傷害枝瘤即破壞樹木的自然防禦機制，傷口容易受到病害菌感染。與樹幹齊平的方式切除枝條，即平切法 (flush cut)，因為很容易將這層自然的保護區切除，且傷口過大，無法短時間內癒合，造成病原菌感染而腐朽。



圖7-8 左圖：闊葉樹正確修枝後之樹幹和枝條之枝皮樑脊及枝瘤 (枝領) 位置；
右圖：闊葉樹幹、枝條修剪後及癒合傷口外觀

闊葉樹種以台灣櫟、樟樹為例，由於枝條著生在樹幹之樣式變化較多，必須以外表形態判斷何處是修剪的最佳位置，修剪的步驟如下（圖7-9、7-10）：

1. 找出樹幹與枝條接合處的枝皮樑脊部位（branch bark ridge, 簡稱BBR）。BBR為樹幹和枝條交叉處隆起之皺皮。
2. 找出枝條基部之枝瘤，即在靠近樹幹的枝條基部之輕微隆起部位。
3. 在枝條的樑脊與枝瘤外側的位置將鋸口稍稍向外傾斜（非垂直）切鋸，避開枝瘤，切除之枝條可避免留下殘枝，並可使切口最小。
4. 枝瘤不明顯時，切口的位置與樑脊的角度要與樑脊與枝條所形成的角度相同（圖4）。
5. 側枝的直徑在3 cm以上時，切除的過程應該分成三個步驟，否則切除方法不當，很容易因為枝條過於粗大，而使樹幹下側樹皮撕裂，傷口癒合困難。
6. 正確的修枝方式，傷口癒合形狀為O形，若形狀為（ ）、U、∩，即表示因樹幹及枝條的形成層受傷害，致傷口癒合組織形成不全（圖7-9）。圖7-11之左圖為闊葉樹正確修枝傷口側面外觀形狀，圖7-11之右圖為闊葉樹不正確修枝傷口之側面外觀。



- (1) 先於枝條下端離基部 20~30 cm處，鋸一受口，深度約為枝徑 1/3~1/4 深，然後離受口約 5 cm鋸切位置 2，最後步驟為 3，由 A、B 之位置鋸切。
- (2) 注意找出枝皮樑脊(BBR)，和枝瘤(B to E)之位置。
- (3) 正確鋸切位置為到 B，或到 A，小心鋸切避免損傷樹皮，其形成傷口癒合形狀為O。
- (4) 若 B 位置不明顯，則鋸切位置其夾角 EAB 應和 EAD 大致相同。
- (5) 不正確之鋸切位置如 CE、CB、AE，其所形成癒合傷口形狀分別為（ ）、U、∩，最後均會造成傷口癒合不全，致樹幹內部腐朽或變色。

圖7-9 大徑枝修枝方法及不同鋸切位置之傷口癒合形狀

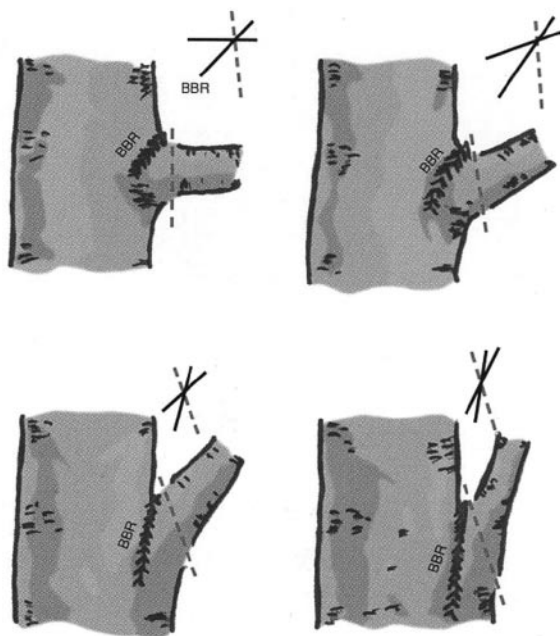


圖7-10 闊葉樹活枝枝瘤不明顯時，其鋸切位置上方應盡量靠近枝條基部，切除位置與枝皮樑脊（BBR）之角度要和枝皮樑脊與枝條所形成之角度相等。

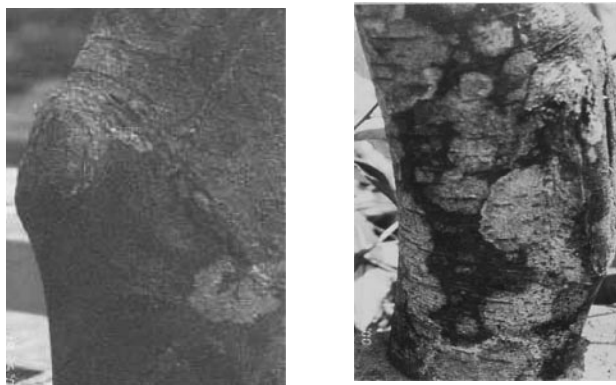


圖7-11 闊葉樹正確修枝傷口側面外觀（左圖）；
不正確修枝，平切法之側面形狀（右圖）

(二) 針葉樹

一般而言，針葉樹種的枝條較細，且無明顯之枝瘤及枝皮樑脊。故修枝時，所使用鋸子應緊靠樹幹，自枝條基部垂直切鋸，即採平切法（圖7-12、7-13）。若所修除枝條的直徑大於3公分以上則需先從枝條下方先鋸一受口，再自上方起鋸，最後再由枝條基部修除，以免撕裂樹皮，亦即採用三段步驟修除。修枝時切口宜平滑，以利傷口之癒合。

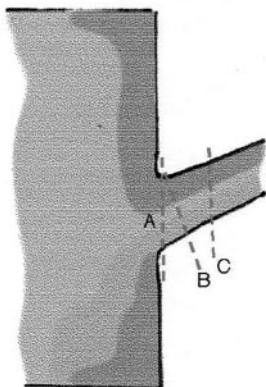
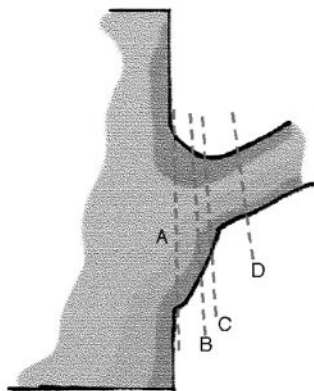


圖7-12 針葉樹隆肉不明顯之修枝位置；A為正確，B、C皆屬不良



- (1) 當枝徑小於 3 cm 時，可採用 A 及 B 方法。
- (2) 枝徑若大於 3 cm 時，宜採用 B 或 C 方法，A 為錯誤位置。
- (3) 不論枝徑大小，D 皆屬錯誤之位置。
- (4) 若枝徑大於 3 cm 以上，需採用三段鋸切法，以免撕裂樹皮。

圖7-13 針葉樹隆肉明顯之修枝位置

（三）殘枝的修剪

植株因氣候因子、生長競爭或是修枝不當所造成的殘枝，在修剪之前要仔細檢查枝條與樹幹接觸的位置是否已有癒傷組織形成，在修剪時避免傷害到已形成之癒傷組織，而將切口定在癒傷組織的外側。若是傷害到癒傷組織，則會破壞保護層，使病原菌侵入並蔓延到健康的組織當中，可參考圖7-14。



圖7-14 枯死枝條殘枝修剪方式及剖面，如虛線所示。

七、傷口塗布藥劑

塗佈藥劑處理乃希望能提供完全阻礙微生物生活之環境，並能維持數年，亦即修枝傷口最好保持在乾燥情況，因為乾燥的組織不易滋生病原菌。惟現今的所有傷口塗劑如南寶樹脂、透明漆、油漆或木材防腐劑都會碎裂或風化，少有能夠持續多年者，因此，在傷口塗布藥劑對傷口直徑2~5cm有其效果；太大之傷口，需要3~5年以上才能癒合者，則沒有什麼效果；2cm以下之傷口不需塗布，一般皆能很快癒合。6cm以上枝徑修枝宜避免，枝徑10cm以上枝條宜禁止修枝。

八、修枝傷口之癒合

人工林因經營目的及環境之不同，大多必須進行修枝，但因枝條活性、修剪之位置、方法及使用工具之不同，影響修枝傷口癒合之快慢。我們的期望當然是傷口快速癒合，避免病原菌感染，並能儘速恢復生機。一般修枝與傷口癒合之關係如下：

- (一) 節徑愈小，癒合愈快：側枝細小時即行修枝，不但節時省工，且有助於傷口之早日癒合。
- (二) 殘枝愈短，癒合愈快：修枝不應留存一段枝條，且切口愈平滑，癒合愈速。
- (三) 活枝之癒合較枯枝快：修枝作業宜在枝條枯死前施行，如此不但傷口癒合較快，同時尚能避免產生捲皮或死節等瑕疵。
- (四) 生長愈快，傷口癒合亦愈快：如台灣杉人工林在幼齡期（14年生以前），紅檜、台灣櫟6年生以前，生長相當快速，因此在早期修枝，傷口較小，故容易癒合。
- (五) 休眠期修枝癒合最佳：林木休眠期（10月至翌年3月修枝），傷口癒合最佳，詳如下節所述。
- (六) 修枝配合疏伐最為理想：林木疏伐後，若能配合修枝，或林分修枝後，配合林地施肥，均可促進林木迅速恢復生機（因修除枝葉會造成短期內生長衰退現象），而加速修枝傷口之癒合。
- (七) 使用銳利之枝修工具，使切口平滑，不傷害樹皮，可增快傷口之癒合。
- (八) 其他：生育地環境之好壞、修枝部位、坡向等和傷口之癒合亦有密切關係。

九、修枝季節

修枝最易造成樹幹受傷之季節為5~7月，尤其容易造成樹皮剝離及木材變色，故此期應避免進行修枝作業。人工修枝宜擇林木休眠季節行之，尤以冬季及早春恢復生長之前為宜，即約在10月至翌年3月間，此時樹皮不易剝離破裂。若僅修除枯死枝條，因不為害生活組織，若能謹慎施行，季節之限制較少。

第8章 多元育林體系

第一節、省產材林木碳匯

目前計算林木碳吸存量的最常用方法，也是比較有效率的方法，為蓄積量改變法或稱為蓄積量差異法，可由森林資源調查所得蓄積量資料估算林分碳貯存量及其隨著林齡而變化。

一、以樹幹材積計算林木碳貯存量之公式：

$$C_s = A * V * BCEF_s * (1 + R) * CF$$

式中 C_s ：林木碳貯存量，公噸 碳/ha。

A ：森林面積。

V ：樹幹材積， m^3/ha 。

$BCEF_s$ ：生物量轉換與擴展係數，將樹幹材積轉換為地上部生物量，公噸/ m^3 。

R ：地下部生物量與地上部生物量之比值。

CF ：碳轉換係數

亦可使用基礎密度(BD)和地上部生物量擴展係數(EFa)計算 $BCEF_s$ ，其公式為：

$$BCEF_s = BD * EFa$$

$$\text{林木吸收二氧化碳}(CO_2)\text{的量} = C_s * 44 / 12$$

IPCC的係數值

政府間氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)
對各生態區不同樹種與材積級所使用的轉換係數建議值如下：

(一) CF值：

1. 熱帶雨林(0.49)
2. 熱帶潮濕落葉林(0.49)
3. 熱帶乾燥林(0.49)
4. 亞熱帶潮濕林(0.49)
5. 亞熱帶山地系統(0.49)
6. 山地溫帶系統(闊葉樹0.48、針葉樹0.51)
7. 山地寒帶系統(闊葉樹0.48、針葉樹0.51)
8. 極地(0.47)

(二) 1+R值：

1. 熱帶雨林(1.37)
2. 熱帶潮濕落葉林(1.24)
3. 熱帶乾燥林(1.28)
4. 亞熱帶潮濕林(1.24)
5. 亞熱帶山地系統(1.24)
6. 山地溫帶系統(針葉樹1.2、殼斗科1.3、其它闊1.24)
7. 山地寒帶系統(1.24)，
8. 極地(1.24)

(三) BCEFs值：

1. 熱帶雨林、熱帶潮濕落葉林

(1) 立木蓄積量 $< 10\text{m}^3/\text{ha}$ ：

針葉樹(4.0)、闊葉樹(9.0)

(2) 立木蓄積量介於 $11-20\text{m}^3/\text{ha}$ ：

針葉樹(1.75)、闊葉樹(4.0)

(3)立木蓄積量介於 $21-40\text{m}^3/\text{ha}$:

針葉樹(1.25)、闊葉樹(2.8)

(4)立木蓄積量介於 $41-60\text{m}^3/\text{ha}$:

針葉樹(1.0)、闊葉樹(2.05)

(5)立木蓄積量介於 $61-80\text{m}^3/\text{ha}$:

針葉樹(0.8)、闊葉樹(1.7)

2. 熱帶乾燥林、亞熱帶潮濕林、亞熱帶山地系統

(1)立木蓄積量 $< 20\text{m}^3/\text{ha}$:

針葉樹(6.0)、闊葉樹(5.0)

(2)立木蓄積量介於 $21-40\text{m}^3/\text{ha}$:

針葉樹(1.2)、闊葉樹(1.9)

(3)立木蓄積量介於 $41-80\text{m}^3/\text{ha}$:

針葉樹(0.6)、闊葉樹(0.8)

3. 山地溫帶系統

(1)立木蓄積量 $< 20\text{m}^3/\text{ha}$:

松樹葉(1.8), 其他針葉樹(1.4)、闊葉樹(3.0)

(2)立木蓄積量介於 $21-40\text{m}^3/\text{ha}$:

松樹葉(1.0), 其他針葉樹(1.0)、闊葉樹(1.7)

(3)立木蓄積量介於 $41-100\text{m}^3/\text{ha}$:

松樹葉(0.7), 其他針葉樹(0.75)、闊葉樹(1.4)

4. 山地寒帶系統、極地

(1)立木蓄積量 $< 20\text{m}^3/\text{ha}$:

松樹葉(1.2), 其他針葉樹(1.16)、闊葉樹(0.9)

(2)立木蓄積量介於 $21-50\text{m}^3/\text{ha}$:

松樹葉(0.68), 其他針葉樹(0.66)、闊葉樹(0.7)

(3)立木蓄積量介於 $51-100\text{m}^3/\text{ha}$:

松樹葉(0.57), 其他針葉樹(0.58)、闊葉樹(0.62)

二、國產材林木的係數值

在計算林木碳貯存量時，除了可使用前節所述IPCC的建議值外，亦可使用國內已有的調查數據。國內的研究是依據主要人工林型中的重要造林樹種進行調查，其BCEFs、BD、EFa值如下所示：

1. BCEFs 值

- (1) 紅檜：平均值0.515，標準誤0.0129，樣木數75株。
- (2) 台灣二葉松：平均值0.517，標準誤0.0128，樣木數79株。
- (3) 杉木類：平均值0.423，標準誤0.0101，樣木數72株。
- (4) 台灣杉：平均值0.464，標準誤0.0105，樣木數81株。
- (5) 柳杉：平均值0.497，標準誤0.0102，樣木數81株。
- (6) 肖楠：平均值0.654，標準誤0.0229，樣木數54株。
- (7) 烏心石：平均值0.712，標準誤0.0205，樣木數48株。

2. BD值

- (1) 紅檜：平均值0.385，標準誤0.042，樣木數75株。
- (2) 台灣二葉松：平均值0.435，標準誤0.051，樣木數79株。
- (3) 杉木類：平均值0.355，標準誤0.040，樣木數72株。
- (4) 台灣杉：平均值0.371，標準誤0.026，樣木數81株。
- (5) 柳杉：平均值0.416，標準誤0.063，樣木數81株。
- (6) 肖楠：平均值0.443，標準誤0.049，樣木數54株。
- (7) 烏心石：平均值0.500，標準誤0.034，樣木數48株。

3. EFa值

- (1) 紅檜：平均值1.344，標準誤0.0269，樣木數75株。
- (2) 台灣二葉松：平均值1.192，標準誤0.0183，樣木數79株。
- (3) 杉木類：平均值1.195，標準誤0.0173，樣木數72株。
- (4) 台灣杉：平均值1.250，標準誤0.0207，樣木數81株。
- (5) 柳杉：平均值1.177，標準誤0.0103，樣木數81株。
- (6) 肖楠：平均值1.477，標準誤0.0451，樣木數54株。
- (7) 烏心石：平均值1.435，標準誤0.0396，樣木數48株。

第二節、森林碳匯

IPCC在2003年將森林的碳匯分為5個碳庫，但在2006年合併地上部生物量與地下部生物量，以及合併死木與枯落物。因此，森林的碳匯包括三個部份：(1)生物量、(2)死有機質、(3)土壤。森林地裡林木的微小細根不易完全取得與辨識，因此將微小細根部份歸屬於土壤部份。一般而言，以生物量碳庫的資料較多，故較容易推算；其餘兩個碳庫較缺乏資料，必要時可使用IPCC的建議值。

一、生物量：

包括地上部生物量和地下部生物量等活的生物體部份。

- (一) 地上部生物量：土壤以上所有活的木本和草本之生物量，包括莖、殘幹、枝、樹皮、種子和葉。
- (二) 地下部生物量：活根的全部生物量。建議直徑低於2mm的細根經常是不計入在內，因為只憑經驗將直徑低於2mm的細根與土壤有機質或枯落物相區分是相當困難的。

二、死有機質：

包括死木和枯落物等死的生物體部份。

- (一) 死木：除枯落物外的所有非活的木質生物量，無論是直立的、橫躺在地面上的或者在土壤中的。死木包括直徑大於或等於10公分的枯倒木、死根和殘幹。
- (二) 枯落物：所有非活的生物量，建議直徑應大於2mm（因要與土壤有機物區分）及直徑小於死木所定義的最小直徑（例如10公分）、在礦質或有機質土壤上已經死亡的、各種程度的腐朽狀況的所有非活的生物量。這包括土壤類型所定義的枯落物層及在礦質或有機物質土壤上的活細根（最小直徑應低於地下部生物量所規定）。

三、土壤：

即指土壤有機質，包括達到所選擇深度的礦質土壤的有機碳，如在土壤中的活和死的細根和死有機質，如不能憑經驗區分的最小直徑小於2mm（建議值）的根及死有機質。土壤深度預設值為30公分。

第三節、海岸林更新與復育

一、前言

台灣海岸一般為強風地帶，西北部沿海砂丘地帶，海岸林冬季常遭受嚴重的東北季風之風砂危害；而西南沿海地區又因地層下陷，海岸林長時間遭受浸水危害。台灣海岸林林帶分布極為零碎，林帶幅大多數狹窄，海岸林長期在強風（含颱風）、濃鹽、浸水、高溫、乾旱等惡劣的自然環境下生長，木麻黃人工林之株數密度逐年減少，且20年生以上林分即被視為老齡林，此種海岸林需進行更新作業。

二、海岸林更新

一般經濟林為生產木材，不論伐採面積大小，多以皆伐方式更新；次生闊葉林有時則會採取擇伐方式更新；強風地區之海岸前緣林帶不適用皆伐更新，一般海岸林為持續維持林分之防災效果，林帶內必須同時存在老齡木與幼齡木，但在進行更新作業時，防災效果暫時會降低，所以更新伐作業常會過遲實施。

更新為海岸林建造技術之一，配合海岸林整地、人工植栽、疏伐撫育技術，海岸林帶以列狀更新或是孔隙更新為佳。林帶的更新方法有苗木植栽、枝幹直插、種子直播、天然下種、幹及根之萌芽更新等方法。

台灣海岸幾乎全為人工林，原生海岸林僅存恆春香蕉灣珊瑚礁海岸等極小面積而已，各地海岸原始林分狀態極難瞭解。木麻黃為海岸造林不可或缺之先驅樹種，但過去木麻黃多以純林方式建造，木麻黃純林有結構不健全、容易衰老及易罹患病蟲害等問題，雖從早期即提倡實施海岸混合造林，但迄今僅有雲林四湖、桃園、台中港、雲嘉、澎湖沙港等少部分造林地而已。

雲林四湖木麻黃林分係1986年韋恩颱風災害後重新再造林者，木麻黃大部份為20年生以上林木，過去十年來陸續以10~20m寬度之行列疏伐木麻黃林木，列狀栽植海岸鄉土樹種，或於木麻黃林分孔隙處，林下栽植瓊崖海棠、厚殼樹、刺桐、白千層、苦楝、大葉山欖、金龜樹、樹青、欖仁、海欖果、茄苳、臭娘子、魯花樹、小葉南洋杉、水黃皮等海岸樹種，目前複層混合林分生長良好。

種子直播苗的根系較為健全，而且種子直播工作僅需攪動林地地表，並以整理伐除掉木麻黃之被壓、病蟲害等劣勢木，減少木麻黃健全上木的疏伐量，避免造成現有林分被過度伐採之缺點。四湖海岸林在木麻黃15年生左右，於林分孔隙下直播福木、銀葉樹、海欖果等海岸原生樹種，目前直播苗木的生長極為良好。

木麻黃壯齡林每年八、九月間會有大量種子產生，但秋末期間林下偶爾可見到天然下種小苗萌發，但由於木麻黃地表枯枝落葉層堆積較厚，天然下種苗木根系難以到達土壤層，或是木麻黃林隙積算光度量不足，以致除了在裸露地或是經過擾動林地外，天然下種小苗難以繼續存活生長。

三、海岸林復育

(一) 飛砂地復育

海岸砂地在嚴酷的環境條件下，海岸林木生長極為困難，海岸林復育需依據生態演替的原則，逐步建立海岸植物群落，海岸林建立之步驟，依序為：堆砂整地、定砂植草、育苗造林、防風籬保護、撫育疏伐、病蟲害防治及防火等項。

1. 海岸堆砂整地

- (1) 海岸飛砂地在海岸林中面積最廣，台灣西海岸自桃園起到雲林台西海岸間，有多處砂丘存在。為防止移動性飛砂危害，傳統上在自海岸前緣，架設堆砂籬逐步建立海岸人工砂丘，部分地區採機械整地，工作效率較高。
- (2) 堆砂籬設置前，必須先詳細勘測風向、風速與上風側飛砂量多寡、砂丘形狀及微地形變化等基本資料，始可決定堆砂位置及堆砂籬間距離、編籬密度、方向與高度等。
- (3) 堆砂籬間距，在平均風速屬疾風（ $6\sim9.9\text{m/sec}$ ）、且擬設堆砂籬地點風上砂量少時，其距離為堆砂籬高之15倍為宜，而 10 m/sec 以上強風處則需減至10倍。
- (4) 堆砂籬方向須與主風向成直角，如地形未能與主風向成直角時，即順海岸灘線平行設主籬2條（主籬間距為 $10\sim20\text{m}$ ）為中心，另在與主風向直角處，左右側建造翼籬連接內側堆砂籬。
- (5) 堆砂籬高度以地面高 1m 為原則，惟須視其設置地點、風上側砂量多寡及地面凹凸情形而增減，目的使堆砂籬後之地表平坦。
- (6) 在堆砂籬堆滿後，在兩主籬中間（ $5\sim10\text{m}$ ）需再設一條主籬；堆砂籬之編置，先以竹柱依照堆砂籬間之距離插妥，然後在風下側編柵 $2\sim3$ 列。俟其堆滿砂時，順次向風上側推進。
- (7) 編籬密度須視風速強弱及飛砂量多寡而定，密度普通為 $50\sim70\%$ ，翼籬密度與堆砂籬相同。

2. 定砂及植草

- (1) 在堆砂籬架設完成後，且冬季季節風尚未來臨前，應立即每 60 cm 插一列稻草，保持草頭向風下、草尾向風上之直立狀，並與主風向成直角，降低低表風速，防止砂丘移動。
- (2) 為穩定飛砂，栽植地被植物之活物工法為最經濟有效。定砂植物如馬鞍藤、貓鼠刺、蔓荊、海埔姜等，其莖節延伸，每節生根，根系發達，葉面積縮小，甚至無葉，或被以厚臘質或茸毛，可增強吸水機能與防止水分蒸發，能抵抗飛砂掩埋與根部裸露等危害。

3. 育苗與造林

- (1) 海岸林主要先驅造林樹種為木麻黃，目前多以塑膠袋培育苗木為主。木麻黃採種適期在8、9月間，播種適期：台灣北部在3、4月間，中南部則春播或秋播皆可。播種後3~4個月須換床，換床後6~7個月，苗木高50~60cm左右即可出栽。塑膠袋苗出栽前1~2月需先移動，避免苗木出栽時傷及根系。
- (2) 造林地經整地後，待雨季開始即可施行造林。北部造林季節在3~4月間，中部在3~5月間，南部在5~7月間，東部及東北部則在11~3月間造林為宜。
- (3) 木麻黃造林株數為每公頃5,000株，行株距為 $2 \times 1\text{m}$ 之三角形栽植。風力較強之處，造林株數逐漸增加，風力特強之澎湖甚至為10,000株，目前植栽密度有降低趨勢，依生育地條件而異，每公頃大致為2,500~3,000株左右。

4. 防風籬保護

- (1) 防風籬高度一般以2m為原則，惟須視設置地點、風上側砂量多寡及地面凸凹情形而增減，使剛栽植之幼齡木能獲得充分保護。
- (2) 在極端惡劣海岸林地，防風籬須與主風向成直角，如地形未能與主風向成直角時，需順海岸灘線處平行設主籬2條為中心，在左右側與主風向直角處，需建造翼籬連接形成四面型防風籬為宜。

5. 木麻黃林之撫育疏伐

- (1) 海岸木麻黃林栽植5年後已有產生樹冠過密的現象，人工林之植栽密度若過高，部分被壓單株生長極易衰退，被壓木自然枯死的過程中，不僅衰弱木或枯死木容易成為病蟲害的發生源，而且林木幹形大多細長而容易遭受風倒或風折等危害。
- (2) 為強化現存海岸防風林之林分構造，在各木麻黃之各生長階段，採取適宜的修枝、疏伐等密度控制要領，以誘導現存林分能健全生長。
- (3) 海岸地區係屬強風地帶，且林木根系在砂地土壤緊縛力較弱，若疏伐不當反而會誘導風害發生，再則亦可能因過度疏伐而破壞原有林相，導致林地環境條件劣化。即使海岸最前線僅有數列林分，若能從樹冠到地際構成一道嚴密的保護網，亦會發揮極大之防風定砂作用，因此在海岸林分最前線數十公尺寬林帶內，必須絕對禁止疏伐或除伐，甚至修枝、刈草等不慎，亦會破壞其林分的防災效果，也需加以避免。

6. 病蟲害防治及防火

- (1) 海岸防風林分之病蟲害的早期發現，及防止被害擴大等措施亦極重要。木麻黃稚樹自3~5年生間，易遭星天牛為害，其為害部位在地面1m樹幹內。以往大多採人工鉤殺法，費時費工，效率甚差。一般可採用陶斯松40.8%乳劑，以200倍稀釋，每年5月間噴於木麻黃自地面起1m以內之樹幹部位，但是藥劑

防治應用在野外林木上會受到氣象條件干擾，實際效果仍很有限。

- (2) 西部海岸及澎湖之木麻黃純林，於春夏之交，木麻黃接合小枝（葉）常慘遭黑角舞蛾幼蟲啃食，整個林分成爲光禿景象，嚴重影響林木之健全生長。黑角舞蛾蟲害防治可用藥劑、微生物、天敵及人工摘除等方法，混合栽植黑角舞蛾不吃樹葉之樹種，可降低整個林分被害程度。
- (3) 在雲嘉海岸地層下陷及曾經多次種植木麻黃之海岸低窪地區，極易發生褐根腐病菌，此病菌藉由木麻黃根系接觸傳染，危害常成同心圓狀擴大，此病與星天牛、黑角舞蛾等蟲害交相肆虐，常對海岸排水不良地帶來嚴重危害。
- (4) 由於交通工具普及道路四通八達，大部份海岸林地多已成爲國人遊憩地點。也因此產生大量的人爲垃圾，同時遊客無意識的破壞林木，不僅海岸林的維持管理極爲困難，且常因人爲疏忽而致林地經常發生火災，對海岸林危害極大。

（二）低濕海岸林復育

台灣西南沿海約有53000公頃之鹽漬地，主要由海岸地層下陷及海水倒灌所造成。近年來，西南沿海下陷日益嚴重，鹽濕地復育造林之必要性大增，此種立地首先需以開溝築堤整地，藉以改善土壤的排水性，並藉天然降水來滲洗土壤中過多的鹽分，以使新植造林木能存活生長。

所選用樹種除需具耐水浸能力外，地勢較低處之濕性沼澤仍以紅樹類或其伴生樹種栽植爲主；但在地勢稍高、曾遭海水倒灌區之乾性砂土地帶，選用樹種則以白千層、海欖果、木麻黃等常綠喬木爲主，並配合選用苦楝、欖仁等落葉性喬木，或是林投、草海桐、白水木等小喬木，以及選用馬鞍藤定砂植物與欖李等鹽生植物混合栽植。

台灣西北部海岸林之立地條件差異極大，海岸林帶內緣處常因人工砂丘阻礙海林地排水，在春夏時期內緣林分飽受浸水危害，造成植栽林木生長不良，海岸林內樹種以林投、黃槿等耐水浸樹種較爲適合。



第四節、紅樹林更新與復育

一、樹種選擇

- (一) 台中縣以北宜選擇耐寒的水筆仔爲主。
- (二) 嘉義縣以南地區則選擇耐高溫環境的五梨跤、欖李及海茄苳爲主。
 1. 五梨跤具支持根且較耐淹水環境，可栽植在向海面較深水地區。
 2. 海茄苳及水筆仔之耐淹性稍差，應栽植在潮間帶較靠近內陸之區域。

3. 欖李呼吸根不明顯，不耐長期淹水，宜栽植在較靠近內陸或河岸邊。

(三) 台中至嘉義的過渡帶則宜混植水筆仔及海茄苳二樹種。

二、育苗

(一) 紅樹林苗圃之關建

紅樹林苗圃與一般林業苗圃不同，需注意下列條件：

1. 選擇潮間帶上部或中部能避開大潮淹水之遮蔽緩坡地，並在苗圃周圍建立小堤岸以避開潮水。
2. 紅樹林屬陽性樹種，忌於庇蔭處培育，苗圃以陽光充足環境較適合。
3. 苗木培育介質以肥沃之壤土或砂質壤土為佳。
4. 在苗圃設置1m寬之苗床，土質最好為較不透水的黏性土壤。將苗床挖深20cm左右，將容器苗排列於苗床內。
5. 潮間帶苗圃可設置馬達引進天然之潮水淹灌，每天淹灌苗床1~2次，使其自然消退即可。

(二) 果實或胎生苗採集注意事項

1. 目前台灣各地紅樹林大多被列為保護對象，採集前最好取得管理單位同意。
2. 各樹種果實或胎生苗大量成熟時直接自健壯母樹採集，其品質較地面收集者為佳。
3. 採集後運送至苗圃或造林地時，應保持微濕並遮蔭，以避免高溫之危害。

(三) 紅樹林苗木之培育

通常水筆仔及五梨跤不需在苗圃事先培育，將成熟胎生苗直插於造林地即可。海茄苳在適合之環境亦可用直播方式，以節省育苗費用；欖李因果實太小，需事先在苗圃育苗。若復育栽植地點環境惡劣，則各樹種需培育1至2年生苗木以供更新復育之用。

台灣4種紅樹林苗木之培育方法如下：

1. 水筆仔

胎生苗特徵：成熟胎生苗長度約15~20 cm，尖端呈紅褐色，環狀子葉明顯增長，手輕扯容易脫落。

胎生苗成熟期：竹南中港溪以北地區為3~4月；南部則為12月至翌年1月。

建議採集地點：淡水河河口保留區、新竹縣紅毛港紅樹林、苗栗縣中港溪紅樹林。

育苗方法：黑色軟盆裝入壤土或砂質壤土後，將胎生苗之胚根插入土壤內，

插入深度約胎生苗長度之1/3。苗床內每日引鹽水淹灌1~2次，約1星期後，胚軸底部之側根長出，2星期後葉片展開，成苗率約達100%。

2. 五梨跤

胎生苗特徵：成熟胚軸長度約25~35cm，呈深褐色且有明顯皮孔；環狀子葉明顯較長，胚根白點明顯，手輕碰觸胚軸即脫落。

胎生苗成熟期：5~7月。

建議採集地點：台南縣雙春濱海遊樂區、台南市四鯤鯓紅樹林、安平港紅樹林保護區。

育苗方法：育苗方式與水筆仔相同。

3. 海茄苳

果實特徵：蒴果廣橢圓形，成熟時長寬各約2cm，果皮顏色由綠轉為淡黃色。

果實成熟期：8~9月。

建議採集地點：台南縣以南各縣市沿海地區之潮間帶或排水溝均可採種。

育苗方法：海茄苳果實浸泡海水半天以利脫去果皮，將胚軸之短根部分向下埋入軟盆土壤中，子葉則避免埋入以免腐爛。若育苗環境適合，3~5天後即可長出幼根，成苗率可達90%。

4. 欖李

果實特徵：核果具纖維質，寬度為0.8~1.2cm，長度為1.5~2.0cm。果實成熟時由綠色變成黃綠色，碰觸容易脫落。

果實成熟期：7~8月。

建議採集地點：台南市四草鹽田及大眾廟之排水溝岸。

育苗方法：撈取排水溝內自然成熟掉落的果實，以細紗網包裹後用手搓揉至外果肉呈糜爛狀，以清水沖洗去除果肉。將果實播種在裝有2號蛭石的網格塑膠籃中，再輕灑蛭石將果實覆蓋，覆蓋厚度以果實之1~1.5倍為原則。將發芽籃置於自動噴霧設施之砂床上，或每日以人工灑水2~3次。一般約1星期後即開始發芽，發芽率可達80%以上。將子葉出土約2~3cm之小苗移植在苗床之軟盆內，每日引水灌溉培育苗木。

（四）紅樹林苗圃之管理作業

1. 容器苗根系若已穿出而深入土中，移植或換床容易死亡，因此以培育活力最旺盛的1年生苗木出栽為佳。
2. 紅樹林苗圃因有鹽水淹灌，除少數鹽性植物（如鹽定）外，一般較少雜草發生，定期除草即可。

3. 為害紅樹林苗木者多為蜘蛛類、毛蟲類或介殼蟲類等，可以「賽億寧」乳劑稀釋50倍後，噴灑防治。

三、人工更新方法

選擇地勢平坦、風浪小、水文、土壤及氣候條件適宜，且垃圾、藻類等危害較少之地點較佳，造林前需先清除地上的枯立木及廢棄物等，以免危害更新苗木成活。

（一）胎生苗直插（直播）更新

1. 適宜樹種

五梨跤及水筆仔可直插成熟胎生苗，而海茄苳則將果實直播在更新地即可。

2. 直插（直播）季節

各樹種胎生苗及果實成熟之巔峰期為最適直插（直播）季節，採集成熟繁殖體後立即運送至造林地。

3. 直插（直播）間距

視胎生苗及果實多寡調整栽植密度，水筆仔及五梨跤胎生苗直插間距為 $0.5 \times 0.5\text{m}$ 至 $1.0 \times 1.0\text{m}$ ；海茄苳果實直播間距可縮小為 $0.3 \times 0.3\text{m}$ 或 $0.5 \times 0.5\text{m}$ 。

4. 直插（直播）方法

水筆仔或五梨跤：先以尖木棍或竹竿插入土壤中，再將胎生苗垂或 $1/2$ 至土穴中；插入太淺易被潮水沖走，太深則沈積物易覆蓋胚芽而生長不良。

海茄苳：先用木棒在土壤中劃一淺溝，將海茄苳果實埋入淺溝中，並輕壓土壤表面即可。

5. 直插（直播）時間

直插五梨跤及水筆仔之胚軸約1星期後開始生根，直播海茄苳果實則2~3天後開始長根，因此最好在大潮剛過3~4天，即農曆初五或二十進行直插（直播）；在下次大潮到達時，胚軸已經長根定植，不易被風浪所動搖、流失。

（二）容器苗更新

若更新或復育地點之環境不適合採直插或直播方式，則需以1至2年生苗木進行栽植。需注意之原則：

1. 適地適木

依據不同樹種之耐淹及耐鹽特性，選擇適當地點栽植，苗木會有最佳成活率及生長表現。

2. 栽植季節

春季梅雨季節栽植容器苗較佳，幼苗生長快速且成活率高；忌在炎熱夏季栽植，高溫會使表土鹽度增高，導致苗木死亡率增加。

3. 栽植距離

因計畫目的、更新地面積、地勢、樹種及苗齡而有所差異，為避免未來林相稀疏，栽植間距可為 $0.5 \times 0.5\text{m}$ 至 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 。

4. 出栽苗齡

欖李苗木大約6個月生即可出栽，其他樹種以栽植1年生的健壯容器苗為宜。

5. 栽植方法

在大潮後的第3-4天，將1-2年生容器苗移除盆鉢後，直接將苗木栽入栽植穴中，覆土壓實即可，苗木不需修剪。

6. 避免栽植大苗或大樹

因大苗價格較1年生苗貴約10倍，且成活率僅約10%左右，故不宜栽植大苗或大樹。

7. 混合栽植

依據各樹種之生長特性混植，建造永續紅樹林生態系之成功機率較大。

（三）特殊地的復育—淹水區之PVC管栽植法

長時間淹水地區因缺乏幼苗初期生根時所需之土壤，可採用PVC管為栽植容器進行栽植。

1. 適用地區

淹水高度為50至150cm之區域，若淹水過高、浪潮衝擊大、垃圾及漂流物多的地區則不適用。

2. 適用樹種

僅能選擇耐淹水且有支持根之五梨跤，其他樹種不適用。

3. 栽植方法

以海水及陽光曝曬2~3年後易於碎裂之PVC管為材料，直徑4吋（10cm），長度則視造林地淹水深度而定，以管口需高於大潮時之最高淹水高度為準。

將PVC管切成適當高度後，在管上鑽5至10個小孔，以利管內與外界水分交換。較短的PVC管則可切縱線，以利未來根系伸展撐開。

淺水區域之PVC管插入土中深度為20cm，深水區域則為50cm，各管間距為 $1.5 \times 1.5\text{m}$ 。

退潮時直接挖取表層土壤（最好是客土）填入PVC管後，將6個月至1年生之健壯五梨跤胎生苗栽植在PVC管上方，使胎生苗能充分接受陽光照射。

（四）造林後之撫育與管理

1. 補植

記錄苗木的死亡狀況，瞭解苗木無法成活原因，並隨時加以補植。

2. 監測及清理環境

定期清除碎片、垃圾、保力龍、蚵架及竹竿等大型家庭或漁業廢棄物。

3. 林分密度調整

紅樹林為生長快速的陽性樹種，若生育地環境適宜，則造林5~6年後需藉疏伐調整密度。疏伐量視造林地狀況而定，一般大約伐除25%林木。

4. 生物危害防治

雜草及蔓藤類：需定期進行除草及除蔓等撫育工作。

藻類：每年春季為藻類大量繁殖季節，可以人工方式移除藻類，或藉竹籠圍住胎生苗或小苗方式防止。

螃蟹：直插前將胎生苗置於陰涼處1星期左右，使胎生苗水分減少而較堅硬，可減少螃蟹危害。

食葉性昆蟲：五梨跤幼苗在5~6月間會遭小白紋毒蛾幼蟲啃食，欖李則有青枯葉蛾幼蟲危害。而毛蟲類危害被視為生態系養分循環之一部分，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。

穿孔蛀蟲類：較大林木之樹幹基部有等腳目動物及雙殼貝鑽洞蛀蝕，樹幹則有咖啡木蠹蛾及星天牛幼蟲蛀蝕危害，目前無適當防治方法。

藤壺：可雇工在退潮時以手剝除苗莖上之藤壺。

鷺鳥：可藉疏伐及修枝作業保持適當的樹冠密度，以減少鷺鳥過度營巢之負面影響。

第五節、崩塌地植生復育作業

一、崩塌地類型概述

崩塌地之類型依其運動方式可分為墜落、傾倒、滑動、擴散及流動等五大類，

其災害發生過程也可能是兩項以上組合形式。墜落及傾倒皆指滑動物體與原地盤產生分離的情形，滑動與擴散則為滑動物體與地盤維持接觸，而流動專指流體比例大到滑動物體呈浮狀運移。若依產生崩塌之外力因素區分，通常可為地震型及降雨型崩塌地兩種。地震所造成崩塌，除少部分地區屬大面積滑動外，大多皆為淺層崩塌、崖落（崖錐）或表層土石崩落，坡度常有超過 60° 之情形；而豪雨造成之崩塌地，主要在於表土沖蝕劇烈，土壤流失致使植被難以生長，通常其崩塌面最大坡度約為 60° 。常見小型崩塌地規模大致屬於0.5公頃以下，中型崩塌地為0.5~3公頃，大於3公頃則屬於較大型崩塌地。整體而言，小型崩塌地因坡度較緩，逕流排水易於集中控制，且崩塌地條件通常較佳，故整體植生復育規劃與治理工作較易進行，尤其崩塌面積小於0.5公頃以下之崩塌地，若地表沖蝕在控制情況下通常於1~3年內藉由自然入侵演替而呈現草本植物優勢之植被，而3公頃以上之崩塌地或可能處於不安定或表層受侵蝕等情況，植生演替時間則需更長之恢復期。

二、崩塌地處理與植生復育作業規劃

（一）不同崩塌地對象之處理原則

1. 優先處理：下游地區有村落、住家、道路或公共設施等保全對象，崩塌土石會造成土石災害之地區，應列為最優先處理，需於最短時間完成坡面安定工程處理，及促進植被之形成。
2. 暫緩處理：崩塌地下游地區無住家或重要交通道路，無立即性之危險，需依崩塌地整體考量規劃及基礎工程完工後再進行植生處理。
3. 無法植生處理：因崩塌地造成垂直陡坡、岩層滑動坡面之地區，應以整體坡面安定考量為先決條件，並配合沉砂區、緩衝帶等之設置，以減少土石災害。

（二）崩塌地植生復育作業規劃流程

1. 作業規劃流程概要

進行崩塌地植生復育工作時，必須擬定植生工程計畫與作業流程，規劃作業需將植生前期作業（含植生基礎工）、植生導入作業（植生工與栽植工）、維護管理等一併加以考慮。

2. 基本環境資料收集

規劃前收集各項崩塌地基本環境資料（表8-1），以先前資料蒐集分析為基礎，再進行現場踏勘。

3. 現地勘查

主要勘查與記錄項目，如表8-2，或可依建置之國有林崩塌地治理點環境特性與植生工法基本調查表填入相關資料，提供崩塌地整體性環境之資訊，及便於針對立地條件進一步檢討植生工程之規劃對策。

表8-1 崩塌地基本環境資料收集

項目	內容說明
1. 過去災害記錄	1. 坡面崩塌形態、規模、崩塌發生頻率 2. 崩塌區域災害規模與擴散範圍，及災害發生危險範圍之推測。
2. 坡面周邊相關資料	1. 動植物棲息、環境敏感地區 2. 土地權屬、土地利用與管理等相關法令規範 3. 林道、公共設施及防災構造物之位置、數量、規模等
3. 文獻、工程記錄及地質土質調查報告書	利用近鄰地區已往的地質、土質報告書或工程記錄等，作為調查地區地質、岩性、土層之參考資訊。
4. 氣象記錄	1. 附近的雨量觀測所（站）的位置、過去特殊氣象紀錄與災害 2. 崩塌發生時之降雨特性等相關氣象資料
5. 地震記錄	1. 發生日時、震度分布、與震央之距離、最大加速度分布 2. 地震引發坡面崩塌災害情形
6. 航空照片	一般使用1/5,000比例尺的航空照片來判讀，有黑白照片、彩色照片以及紅外線彩色照片等，配合個別的特徵分別使用。
7. 地質圖	瞭解規劃區域之地質、風化土層、崖錐、斷層、破碎帶等地質特性與分布情況。
8. 地形圖	1. 利用1/25,000~1/5,000之地形圖 2. 供為初步瞭解規劃或擬施工區域周圍之地形特性，並可大致推測逕流流入或流出規劃區域之狀況。
9. 土地條件圖	懸崖、崩塌地、山脊地、裸岩地、地滑地之地形變化地及災害地點以特殊記號表示，作為坡面有問題地點的判斷。
10. 土地利用圖	建地、農耕地、林地、草地、水域、交通等項目。

表8-2 崩塌地現地勘查與記錄項目

項 目	內容說明
區位與坡面型態	區分坡頂、坡面（凹、凸坡）與堆積區之位置範圍。
地質條件	依據地質調查所出版之地質圖，瞭解調查區之地層名稱及年代；由調查區內及附近的露頭確認岩性，並量測岩層走向與傾斜，以瞭解調查區是否為順向坡。
GPS定位	以GPS儀於每調查區進行定位（崩塌地面積太大，應加附簡圖說明GPS定位點之相對位置）。
土壤	現地量測土壤硬度值，並採樣（用土壤採樣盒），帶回室內分析。
坡度	採用坡度坡向計或手提水準儀，量測崩塌地平均坡度。
坡向	垂直於坡面走向之方向定義為崩塌地之坡向。
海拔高	採用高度計直接記錄海拔高。
排水系統	記錄周邊道路路面、坡面排水、聯外排水及有無人工排水設施等。
植被覆蓋	崩塌地本身與周邊植被類型，如外緣植生、崩塌坡面植生等。
其他	人為干擾或天災破壞之特徵。

備註：區位與坡型、地質條件、土壤、排水系統等以定性描述為主。

（三）崩塌地植生復育工法

1. 植生復育對策基本考量

（1）坡度考量

邊坡之坡度對坡面安定及植物生長皆有很大的影響，不同坡度時植生所需配合之工程處理，如表8-3。

表8-3 不同坡度時植生所需之配合工程處理

坡度	植物生育情形	配合工程處理
30° 以下	1.植物生育良好。 2.植物自然入侵。 3.可能復原為喬木為主之植物社會。	以排水及坡面整理措施為主要工程處理。可應用草皮鋪植、鋪植生帶、噴植等植生處理。
30° ~ 35°	1.35° 為自然復原之臨界坡度（安息角）。 2.草生覆蓋良好地區，地表沖蝕少。	簡易之基礎工程處理後，打樁編柵、直接噴植及挖植溝植生。
35° ~ 45°	1.以灌木與草本之植物群落為主。 2.栽植喬木以小苗、中小苗為主。	安全排水（注意排水斷面、內面之設計）、擋土牆、打樁編柵、鋪網噴植、固定框、蛇（箱）籠護坡等。
45° ~ 60°	1.以灌木與草本之植物群落為主。 2.45° ~ 50° 為喬木栽植之限界。 3.客土厚度不宜超過10cm。 4.整地或階段處理之地區可配合於小階段面栽植植物。	安全排水系統（縱、橫向排水系統組合）、鋪網噴植、橫樑護坡、固定框及擋土牆等。
60° 以上	植物不易栽植或自然繁殖。	擋土牆、自由樑框或落石防止措施。

2. 土壤硬度之考量

土壤硬度太高時，植物根系是無法伸入土壤中。依據山中式硬度計之測值標準，植物根系正常伸入土壤中之界限為25mm，超過25mm會有根系伸長障礙，需視情況改良土壤之物理性質。岩石邊坡或無土壤成分之岩石碎屑地，植物較不易生長，必須採行坡面客土及預做防止客土層滑落之處理，有關土壤硬度與植物生育情形及所需之配合處理方法，如下表8-4。

表8-4 不同土壤硬度植物生長情形及其所需之配合處理方法

土壤硬度 *	植物生育情形	配合處理方法
$H < 10 \text{ mm}$	1. 因乾燥而植物生育不良。 2. 坡面未整理或大於安息角時，易生崩落。	1. 以覆蓋稻草蓆等防止乾燥措施。 2. 固定框客土植生。 3. 種子噴播後覆稻草蓆。
$10 \text{ mm} \leq H \leq 25 \text{ mm}$	1. 根系伸展良好。 2. 種子發芽及生育良好。	1. 可栽植木本植物。 2. 植生方法可用種子噴植法、植生帶、土壤袋、鋪網客土噴植等方法。
$25 \text{ mm} < H \leq 30 \text{ mm}$	1. 根系生長受阻。 2. 植物生育不良。	1. 以鑽孔或挖植溝等改善土壤硬度。 2. 避免採用栽植、種子撒播及埋幹等植生方法。 3. 宜用鑽孔後種子噴播或厚層客土後鋪植生帶、鋪網客土噴植、固定框客土植生等。
$H > 30 \text{ mm}$	植物生育困難。	植生處理可使用鑽孔後客土噴植，蛇籠配合客土與型框噴土植生。

* 山中式硬度計測值 (H)

3. 立地條件與植物材料導入作業

崩塌地本身立地條件等同於植生生育基地，若基地土質條件不適合植物種子定著、發芽、生長，則不易達到植生覆蓋與複層植被目標，因此需針對坡面坡度、土壤硬度及母岩性質等性質加以考量作業方法。其立地條件較佳者可直接栽植苗木或以草本植物種子混合播種，立地條件較差者可由水土保持草類植物優先導入，作為後續植生之基礎有機肥料，或於坡面漸次安定後，進行二次苗木栽植。原則上：依照其適生條件導入適當之草本、木本植物，依循序漸進方式達成複層植被林相之樣貌。

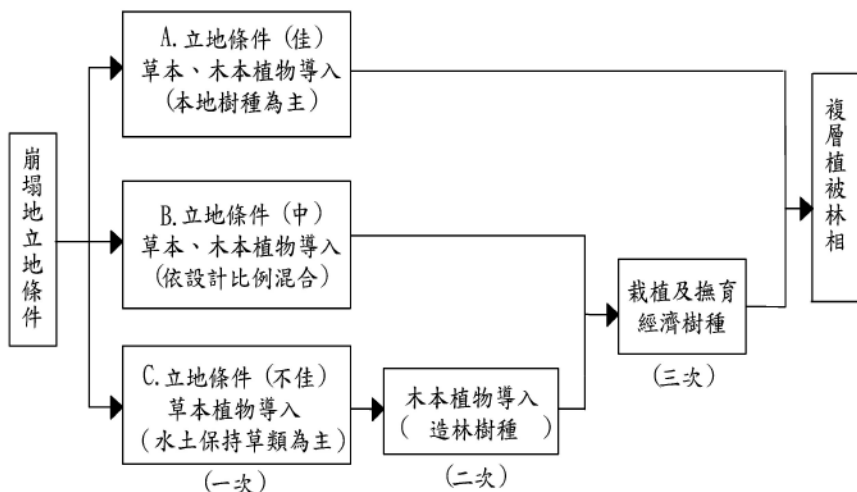


圖8-1 崩塌地立地條件與植生材料導入作業概念圖

(二) 植生工程規劃設計項目

植生工程可分成植生基礎工、植生導入工及維護管理三部分，其施作目的係藉由植物繁茂之生長，以防止降雨逕流沖蝕，調節地表面之溫度變化，進一步藉其根系抓緊表土，抑制表土流失與崩塌，以期達到坡面周邊自然環境調和之效果。各工程項目茲分述如下。

1. 植生基礎工

基礎工程主要目的在於增加崩塌地坡面之穩定性，減少再次崩塌之可能，並且營造有利於植生之生育基盤，主要工程為整地與坡面處理、排水工程、坡腳基礎工程與坡面保護(安定)工程，其中整地與坡面處理、排水工程、坡腳基礎工程係幫助環境條件緩和之首要工程，最後才針對坡面之坡度情況進行坡面保護工程。

表8-5 植生基礎工之種類

項目	內容	特性	應用區位
整地與坡面處理	1. 土方處理 2. 整地與階段處理 3. 表土保存與利用 4. 重要樹木與植物群落保留 5. 土壤之改良	1. 形成有利植物生長之坡面型態。 2. 現地植生表土之有效利用。	1. 坡面起伏、保有一定數量林木。 2. 坡面土壤淺薄、石礫地。 3. 劣化土地、酸性或鹼性土壤坡面。
排水工程	1. 坡緣排水 2. 縱橫向排水 3. 小階段面排水 4. 水平排水管 5. 盲溝排水 6. 路緣排水	1. 提高通氣性與通水性，排除地表逕流。 2. 防止逕流式滲流湧水，造成坡面崩塌與坡表沖蝕。 3. 設置不會造成沖蝕坡面及無溢流可能之設施構造物。	儘可能依直線設置，避免急轉彎；或於彎曲部外側加強保護並加高。
坡腳基礎工程	1. 混凝土擋土構造物 2. 砌石擋土構造物 3. 石籠擋土構造物 4. 原木（木型框）擋土構造物	1. 對土壓力所對應之上方坡面減緩坡度。 2. 對應於坡腳加以固定，確保結構物之大小與配置合宜。	受天然災害或人為開發加速侵蝕之下邊坡，使之呈現不穩定狀況之坡面。
坡面保護工程（坡面安定工程）	1. 固定框工 2. 打樁編柵 3. 網材鋪設	1. 通常為連續性之組合構造物，上層存有較輕型構造物，下層則有基礎構造物之支撐。 2. 需與基礎工程、排水工程配合進行。	1. 坡度45°以下之一般土壤填方坡面、崩積土或淺層崩塌坡面適用打樁編柵。 2. 坡度在30°~45°可適用打樁編柵及固定框工。 3. 坡度在45°~60°適用網材鋪設工及固定框工。

2. 植生導入作業

植生導入作業包括撒播、條播、一般噴植、鋪網噴植、苗木栽植、打樁編柵配合植生、袋苗穴植、緩衝帶植栽、栽植槽及等方法，其主要目的在應用人為植物導入作業，快速造成植物覆蓋坡面，有減少沖蝕、涵養水源之效果。植生導入作業大致可概分為播種法與栽植法兩種，目前臺灣地區大面積，裸露坡面植生導入工法以播種法為主，栽植法為輔。播種法係將草本類、木本類種子撒播、直接噴植或配合坡面安定工程（含網材鋪設）之噴植等，使其快速植生覆蓋之作業工法。栽植法係利用扦插、分株或育苗苗木栽植於坡面上，如樹木栽植、草藤類栽植、草皮鋪植、打樁編柵、扦插、土袋植生等作業方法。

表8-6 植生導入作業之施作方式

植生導入作業	施作方式	植物材料種類	備註
播種法	1. 點播 2. 撒播 3. 挖條溝播種 4. 直接噴植 5. 鋪網噴植 6. 客土噴植 7. 土壤袋配合播種 8. 其他坡面安定工程配合播種	常用草種為百慕達草、百喜草、類地毯草、高狐草、黑麥草、羅氏鹽膚木、相思樹、台灣欒、台灣赤楊、山芙蓉等種子。	1. 草本與木本植物種子混播。 2. 草本與豆科種子混播。 3. 原生植物與鄉土植物種子混播。 4. 快速生長之植物種子（通常為草類）與生長較慢但可長期生長之植物種子混播。 5. 一般植物與肥料木種子混播。
栽植法	樹木栽植： 1. 苗木栽植 2. 打植生樁 3. 插枝或埋幹 4. 分株式埋根栽植	臺灣欒、九芎、青剛櫟、烏心石、山櫻花、青剛櫟、青楓、光蠟樹、杜英、台灣肖楠等苗木或活體材料。	1. 苗木之移、掘取與搬運作業，需視需要施行修枝及斷根。 2. 栽植植物材料需無寄生蟲體、蟲孔、病斑或葉片枯黃現象。
	草類栽植： 1. 覆蓋 2. 穴植 3. 扦插	百喜草、類地毯草、百慕達草、克育草等袋苗、草皮或草莖材料。	草類栽植初期，需將草皮、草莖、袋苗材料分份與基地土壤密合，並視需栽植前進行挖溝與客土處理。

3. 植生維護與管理

當植生導入作業完工後，為確保植生工作之落實與後續是否維持生長，在坡面植物栽植作業後，須有適當之維護管理及植生養護工作，俾保證植物之發芽與生長。一般植生養護管理為灌溉、施肥、補植、追播、除伐、病蟲害防治、除草等工作項目。將各項養護管理項目列表彙整如表8-7。

表8-7 植生維護管理項目一覽表

工作項目	施作方法	注意事項
灌溉	新植苗木、鋪植草皮或植物種子導入坡面後，植物生長初期，應適量灌溉。	需注意氣候狀況、水溫、水質及水量，灌溉用水之水源不得使用工業廢水或含有毒之污水。
施肥	地被植物之施肥，須平均散布，避免產生生育不均之現象。植穴施放基肥時，應盡量避免與植物根群直接接觸，宜於基肥上方客土5~10cm厚，以防肥傷，亦可施用有機質肥料與土壤分層填入植穴內。	肥料施用量及施用時期因栽植之植物種類而異。
追播、補植、除伐	追播應於播種後兩個月養護查驗前辦理，俾於播種後四個月達到預期覆蓋之效果。	特殊地區為要求景觀美化、休憩區綠化、防火之設計及地被植物之正常生長，須除伐部份植物。
病蟲害防治	1. 採用適合當地環境的植物材料。 2. 採用不同種之植物，進行混播。 3. 選擇健康的種苗。 4. 提供適當的生育基地，如良好的排水、通風及適時的施肥。	植物發生病蟲害時，為維護其成活及生長，須加以切枝、挖除，或進行噴藥劑防治。
除草	1. 施行足夠厚度的地面敷蓋材料，以抑制表層土或生育基地所含有或入侵之雜草種子發芽。 2. 以行高密度植栽，盡快形成樹冠以抑制雜草。	雜草繁茂生長會影響栽植苗之成長時，則有除草之必要。

(三) 崩塌地植生工法之選擇與植物選擇

1. 崩塌地植生工法選擇，需考量崩塌深度、坡度、地質、pH值、土壤養分等因子，以各因子之評估標準篩選各項適用工法，討論崩塌坡面狀況與適合之治理方案。
2. 植物種類之選擇應以鄉土（原生）植物為主，外來馴化種植物為輔，並考量種子取得及適應性等問題。
3. 鋪網噴植或人工撒播等工法應採用生長快速且短期內能全面覆蓋之種子，草類如百慕達草（狗牙根）、類地毯草、高狐草（K31F）、黑麥草等，木本植物如羅氏鹽膚木、相思樹、台灣欖、台灣赤楊、山芙蓉等應適度配合苗木栽植。
4. 打樁編柵之萌芽木樁材料除九芎外，可採用水柳、黃槿、茄苳、烏榕、菱果榕等替代，或以一般木樁打樁編柵後扦插枝條、容器苗栽植配合使用。
5. 樹木與草類栽植，均需考量施工季節與植物之適應性，如遇崩塌地土壤條件較差時，則須配合土壤改良。

第六節、平地造林技術

一、經濟造林

(一) 家具用材

1. 樹種：如樟樹、桃花心木、相思樹、楓香等
2. 密度： $2 \times 3\text{m}^2$ ，灌溉施肥
3. 撫育：1~6年內灌溉施肥與除草、除蔓、修枝；病蟲害防治；疏伐
4. 伐期：20~40年

(二) 造紙

1. 樹種：如耳夾相思樹、直幹相思樹、桉樹類。
2. 密度： $1 \sim 2\text{m}^2$ 。
3. 撫育：灌溉、施肥、病蟲害防治。
4. 伐期：3~10年。

(三) 特殊用途

1. 樹種：如無患子、土肉桂等。
2. 密度： $2 \times 2\text{m}^2$ 。

3.撫育：灌溉、施肥、除草、病蟲害防治。

4.伐期：10～20年。

(四) 生質能源林

1.樹種：

(1)生質柴油：如千年桐、三年桐、麻瘋樹、烏桕。

(2)生質酒精：光臘樹、竹類、水黃皮等。

2.密度：

(1) $2 \times 3\text{m}^2$

(2) $1 \times 1\text{m}^2$

(3)撫育：灌溉、施肥、除草、病蟲害防治。

(4)伐期：20～30年。

二、生態造林

(一) 生態綠化

1.樹種：

(1)上層：如鳳凰木、樟樹、茄苳、小葉南洋杉、貝殼杉、榕樹等。

(2)中層：如流蘇、阿勃勒、洋玉蘭、福木等。

(3)下層：如茱槿、七里香、桂花。

2.密度：

(1)株距：3～10m。

(2)株距：2～4m。

(3)株距：0.5～1m。

3.撫育：灌溉、施肥、病蟲害防治。

(二) 涵養水源

1.樹種：如柳杉、烏心石、青剛櫟等。

2.密度： $1.5 \times 2\text{m}^2$

3.撫育：除草、除蔓，邊坡穩定。

(三) 碳吸存

1. 樹種：如泡桐、卡桐、竹類等。
2. 密度： $1 \sim 2 \times 2 \sim 3 \text{m}^2$ 。
3. 撫育：灌溉、除草。

(四) 淨化空氣

1. 樹種：
 - (1) 抗臭氧 (O_3)：羅漢松、長尾尖葉槲、赤柯、南投石櫟、三斗石櫟、短尾葉石櫟。
 - (2) 抗氮氧化物 (NO_2)：象牙木、小芽新木薑子、木荷、羅漢松、軟毛柿、台灣海桐。
2. 密度： $1 \sim 2 \times 1 \sim 2 \text{m}^2$ 。
3. 撫育：灌溉、施肥、除草、除蔓、支撐、病蟲害防治。

三、景觀造林

(一) 樹種：

1. 樹型優美—如小葉欖仁、欖仁、五葉松、羅漢松、竹柏等。
2. 葉子變色—如楓香、槭樹、銀杏、無患子。
3. 開花—如藍衣楹、風鈴木、刺桐、豔紫荊等。

(二) 配置：

依需求，以不同層次、樹型、顏色搭配。

(三) 方法：

以栽植造林法，進行不同層次，不同密度之造林。

(四) 撫育：

灌溉、施肥、修剪（造型）、支撐、病蟲害防治。

第七節、社區林業

一、都市林業 (urban forestry)

(一) 定義

廣義之都市林係指人口集中之區域（都市區域）及鄰接區域之未被建築物所覆蓋即可生育樹木或其他植物之土地、水面及原屬植群區域。簡而言之，在都市範圍內與市民生活相關的所有樹木及相關植物的所在地，都屬都市林之範圍。都市林業即是對都市林進行經營、管理，對與其相關之野生動植物資源等生態環境進行保護、管理，並對都會居民的生理健康、社會福利和經濟繁榮發揮作用之一種促進行業和科學。

(二) 種類

1. 市郊森林

係指位於市區外圍之林野，即山坡地及保安林範圍內之森林區域，具公益性與多元化。

2. 市區公園

市區公園定義係指一塊公共的土地提供人們一些使用設施，達到2R「運動 (recreation) 及休閒 (rest)」、3E「教育 (education)、娛樂 (entertainment) 及生態 (ecology)」功能指標的綠地空間。

3. 綠地

綠地係指穩定保持著植物生長的土地或水域；廣義的定義係指可供生態保育、景觀、防災、教育、保健與遊憩等多重功能之開放空間。

4. 行道樹

行道樹主要指道路兩旁或中央之樹木，行道樹的選擇除了樹種本身之生理、生態等特性條件外，還具備優美有樹型，抗空氣污染、噪音等條件。

(三) 價值與功效

1. 精神與美學的價值

提供休閒育樂、美化市容、淨化心靈、提升生活品質。

2. 凝聚社區居民情感的社會價值

創造都市活力、拉近居民向心、增加情感聯繫、強化環境倫理。

3. 歷史與文化價值

傳承歷史文化、保留群體記憶。

4. 環境與生態的價值

阻緩地表冲刷、截斷地面逕流、水源涵養、土沙崩坍防備、氣溫調節、空氣淨化、增加生態穩定度。

(四) 樹種選擇原則

1. 一般性原則

(1) 深根性且清潔衛生

避免樹種根系淺易因風或碰撞而折斷，或因根浮出而破壞路面。若樹種花、果、枝葉極易掉落路上，而管理單位又缺乏人力清除，極易造成環境衛生問題。

(2) 適地適種且具特色者

植物選擇之首要條件即適地適木。本土原生植物適應性強、生長快、管理容易，可表現地方特色。部份經馴化之外來樹種，適應良好、無病蟲害之慮者，亦可小心加以運用。

(3) 植物強健、樹姿優美

選擇健壯之苗木，除可以表現植物之美外，並可減少嗣後許多管理上不必要的困擾，使栽植易於成功。

(4) 生長迅速，壽命較長

生長迅速之樹種，自較生長緩慢者節約經費，管理上亦較方便；另一方面，壽命長，則可免除頻於更新的麻煩。對於慢生樹種應同樣重視。設計時應配合速生樹種混合安排，維持複層林之重要性。

(5) 容易取得之樹種

選用之植物，應以繁殖容易且能大量生產者為宜。

(6) 移植成活率高

一般而言，有大量細根發生之樹種較小量細根者易於移植；幼齡樹較老齡樹在移植後易於成活；移植季節亦以晚冬、早春為宜，惟尚需配合雨季之來臨；而土壤保水力大者，成活率高於保水力差者。

(7) 與周圍環境相調和

樹種選擇需注意與周圍環境協調。因此植物之選擇，彼此之間，須能互相呼應，互相調合，使之產生自然融洽的效果。

(8) 代表都市意象

透過市民參與計畫，選擇適地適種，且具有代表都市意象之樹種。

2. 特殊功能

(1) 防風樹種

葉濃密之闊葉常綠樹種可形成良好的防風屏障。枝條密集或分枝低矮者亦可控制並減弱近地表的風速，均為良好之防風樹種。如大葉山欖及水黃皮等。

(2) 防噪音樹種

防噪音樹種條件是：具有較低的枝下高、葉片呈垂直形密生且屬常綠之大喬木。可將高木與低木組合栽植，減輕噪音干擾。

(3) 防火樹種

防火樹種須具有葉片厚且含多量水分，闊葉而密生之常綠樹種。葉片水分多則比熱大，葉片受熱時葉溫不易上升；葉片厚則水分消失的時間長，可延遲葉片起火的時間。樹冠內空隙少，則遮熱及防風效果大。適合做為防火之樹木，如紅豆杉、檜木、厚皮香及鐵冬青等。

(4) 交通動線控制樹種

交通動線控制樹種以枝幹多、有刺、枝硬、枝葉密集之樹種，其控制效果最好。植栽間距要小，植栽寬度愈寬愈佳。

(5) 綠蔭樹種

綠蔭樹種須滿足下列條件：闊葉常綠、樹冠寬大、枝下高沒在兩公尺以上、枝葉茂密，能夠充分造成綠蔭者。另外，該樹種應沒有惡臭、瘤刺或病蟲害，以吸引人親近。

(6) 園道綠化

園道之目的係為改善都市環境品質，面臨災害時可供為避難場所，同時可改善都市景觀及提供休閒活動。樹種的選擇宜採用易於管理之樹種，落葉與常綠樹種同兼顧。原有之植栽應盡量予以保留，並採高低層次不同之植物搭配不同之地形變化，以創造豐富的地景，增加空間的趣味性與多樣性。

(7) 停車場

以常綠大喬木為主，其開展之樹冠可達遮蔭效果，並於下層栽植一些地被植物，以減緩噪音，美化環境。

(8) 林蔭步道

選擇樹形優美且具遮蔭效果的主景樹種，植栽配置強調其群集效果。亦可選擇配景樹種來烘托主景樹，創造獨具的特色。

(五) 管理與維護

1. 樹種選擇

(1) 抗耐性及空氣淨化樹種

都市環境往往充斥各種污染物質，在適地適木之前提下選擇對環境污染具有強大承受力之樹種（二氧化硫、臭氧等空氣污染、風、鹽、濕旱、熱、寒、火、病蟲害及土壤），或是選擇碳吸存效應較高之樹種。如大頭茶、青剛櫟、相思樹、阿勃勒、樟樹、台灣檫、黃連木、羅漢松、小葉欖仁、烏心石、苦楝等。

(2) 特有種、鄉土樹種

若社區週遭環境存在特有樹種，可加以應用於社區綠美化之中，以達到自然保育及社區營造之功效。鄉土樹種之選擇，可由現存之老樹，或參考鄉史、鄉誌、照片等留存文物，亦可由社區年長者口述加以選擇應用，以建造符合地方傳統印象之景色。

(3) 景觀多樣性樹種

樹種單一易使景觀趨於單調，選擇不同花色、不同花季之樹種，營造多元之都市景觀，加強樹木對都市景觀之貢獻；選擇落葉性之樹種，提供季節變化之有趣元素。亦可選用吸引鳥類及其他野生動物之樹種，營造人類與自然共生共榮之生態都市。

2. 栽植空間

都市林植物應注意栽植與道路硬體之協調規劃。在狹窄之街道，應選用樹冠為圓柱形或枝條柔軟之植物，避免枝條拓展造成用路者之危害。而在土層淺薄之處，宜採用中小型喬木，避免選用直立深根性之樹種等。

3. 綠帶規劃

將地下管線集中埋設，並避開植穴地帶。在未來都市發展規劃時，能朝電線、電纜地下化之先進觀念思考，並留下足夠的綠化植栽空間。

4. 植穴設計

在綠地空間許可的路段，理想作法應是儘量採用帶狀式植穴栽植。此種栽植方式之除可增加植物根系吸水及透氣面積，並有助大雨時都市中之排水機能，減少地表逕流，是符合生態法則之作法。另亦可採用透水型植穴蓋，不但可保有帶狀式栽植之優點、減少地被植物之管理，並可增加行人使用空間。

5. 病蟲害防治

樹種選擇應避免單一，已降低病蟲害之染病率。林木罹病應以對環境負擔較低之物理、化學、生物及照明設備等方式防治，並應選擇對用路人及居民損害較低之藥物種類及施用時間。

二、社區微棲地營造 (Community Micro-habitat Creation)

(一) 定義

微棲地為生物的生存空間，為食物鏈之最基本的小生物棲息地，可以是一個水池、一座土丘、甚至一棵樹，營造社區微棲地之目的乃將單調、光滑平整的人工環境改造，真正建構可供野生生物棲息之環境，以建立人類與自然之良好互動關係。

(二) 棲地營造之種類

棲地營造可以不同的方法，在不同的尺度滿足多種目標、功能情況下進行。棲地營造的種類如下

1. 自然拓殖

讓自然演替作用來決定棲地的發展。

2. 框架棲地

人為介入，嘗試於地形、土壤、排水等方面以工程方法營造，並利用特定植栽以塑造所欲形成棲地的關鍵特質，提供生存框架讓自然物種殖民發生。

3. 設計者棲地

包括完整配套的造景，以預設觀點決定設計，種植特定樹木、灌叢等，管理上則須確保棲地和原出計畫構想一致，又稱精確複製的棲地。

4. 政治的棲地

此種棲地營造方式較多樣化，手法充滿趣味且具吸引力，大多是為居住在都市的人們所做的棲地創造，強調針對社會生態的環境教育宣傳的角色，且並不刻意企圖去重建任何特別目標的棲地。

(三) 基本原則

1. 空間規劃準則生態考量方面

- (1) 改變以人為主之設計觀，強調以生命、生態為中心之倫理。
- (2) 對於自然水體，尊重其存在形式，避免非必要之人工干預。
- (3) 考量水域之物理特性，保留水體滯留、氾濫之空間。
- (4) 以環境生態系統理念進行復育，以維護物種多樣性、複雜性為原則。

2. 空間規劃準則環境配合方面

- (1) 避免以人工之幾何型式取代原有自然型式之水體。

(2)必要之附屬設備宜適度遮蔽。

3.空間規劃準則配合設施方面

(1)應維持生態空間之延續性，設置生物遷徙之無障礙空間。

(2)護岸應搭配適宜之植栽配置。

(四)水池設計準則

1.設計方面

(1)採用以生態為主之設計，創造多孔隙之生物棲息空間。

(2)減少槽化護岸構造，以最少之人為構造導入，維持原有之岸坡；並避免使用水泥式護岸，以免阻絕其地下水之補注。

(3)維持或營造多樣化水體，配合水生動植物之生活史及棲息條件，使水體保有多樣之水域環境。

(4)需考量枯水期之景觀美質。

(5)池岸工程需強化綠化處理，並考量栽植岸邊植栽之耐水性。

2.施作方面

(1)應避免於該水池主要生物之生育期間施作。

(2)工程開挖之表土需予以保留，用於回覆，以利生態環境之保留。

(3)生態護岸施作工程品質監控，為成功與否最重要之關鍵，尤以砌石護岸需有高品質之施工水準，應確實執行監造工作。

(4)應針對其疊砌方式、石縫接榫、砌牆之穩定度、基礎鋪設、必要之固著、孔隙之深淺等，為重點監造項目。

3.材料選用方面

護岸材料以石材及木料為主，其選用應注意事項如下：

(1)木材選用以高緯度、寒帶地區之樹種，其硬度及耐用度較高，如檜木類、肖楠、扁柏等。

(2)若以經防腐處理之木料施作，其防腐料選用需為無毒性，無滲流至溪流之疑慮者。

(3)可考量以回收之廢棄枕木為施作之材料。

(4)可選用比重大、硬度高之岩材。

(5)可適度搭配硬度較低之軟岩及土壤，以求接近自然型式狀態。

- (6)選用石材表面處理以無處理或低度處理為原則。
- (7)低度處理包括：粗切割面、劈面等，以最少人工加工處理為宜。

4. 附屬設施

- (1)可於低水護岸範圍設置親水步道，其型式、材質應與水岸材質結合。
- (2)需配合適宜之植栽導入，以符合生物多樣化原則。
- (3)於棲息考量原則可設置魚巢、魚梯、石樑、阻流石等之設計

(五) 維護管理原則

1. 水源維護及管理

(1) 慎選水源類型

水源距離越近，運輸成本越低，並以自然水源直接串連為最佳。

(2) 維持水源清潔

約3～5年定期清除水池底部沉積物，對水池水源應經常巡視嚴防污染，水體濁度過高，日照缺乏，將不利於沉水植物生長。

(3) 有效控制水量

考慮乾濕季節變動，維持水池進出流量平衡。

(4) 水質監控維護

兩年內每月進行常態性水質監測計畫，並於颱風、豪大雨過後立即監測，以了解洪水對生態池的影響。

(5) 水源保持流動

水源經常性流動可加水中氧氣，讓水池以「自淨」之方式來修復與維持水池之生態環境。

2. 生物管理方面

(1) 定期監測移除

應針對水池之生物數量、種類進行長期監控，如發現非規劃之外來種植物，應立即移除，以掌握其物種、數量變化之狀況，提供維護決策者之依據。

(2) 分區管理水岸植物

池中及岸邊植物，視其生長及競爭情形隨時做分次分區整理，以維持多樣化之水池生態系。

3. 人力經費方面

(1) 維護人力

應有專門管理維護之組織或人員，並擬訂管理維護計畫，長期參與生態水池之管理維護。

(2) 維護頻率

基本上一星期一次以上的維護頻率是較佳的狀態，生態池周邊之使用應有明確之利用規劃，以提高使用率。

(3) 維護經費

逼需有長期性維護經費支持，民衆參與的程度越高，可降低維護管理成本，並減少惡意破壞之行爲。

4. 池岸及土壤管理方面

(1) 水岸管理

針對禾本科進行一年兩次三次之除草工作，以免影響其他植物生長，池岸土壤應避免被冲刷而流失，應修復崩塌處。

(2) 池底維護

池底應保持多樣化質地，包含土壤及大小不一之石塊，以營造多樣化之環境供更多生物棲息。

第八節、綠色造林計畫

一、加強造林

(一) 平地造林：

規劃新植21,100公頃，撫育8,900公頃，合計30,000公頃。

1. 符合基期年認定基準之休耕農地

爲調整保價作物生產面積及產業結構，農糧署自90年起推動「水旱田利用調整後續計畫」，對於調整生產之農地，輔導農民辦理輪作或休耕等措施，因國內農業人口逐漸老化且務農收益不高，參加休耕面積逐年增加，迄96年休耕地約有22萬（兩期計）公頃。對於生產條件不佳之邊際土地，短期間內恢復生產之可行性較低，考量輔導辦理長期之造林措施，以長期維護生態環境，並保

護農地及國土資源之有效利用。未來4（98～101）年推廣8,000公頃休耕農地造林。

2. 一般農地

雖未符合基期年之規定，如有造林意願，仍比照前揭休耕農地辦理為宜，預計推動5,000公頃。

3. 台糖公司釋出休耕蔗田參與造林

台灣糖業公司為整體經營規劃，創造台灣為美麗綠色矽島，配合本局推動平地造林計畫，自91年至96年辦理平地造林7,960公頃，另未來4（98～101）年再提供7,000公頃土地造林，相關造林補助經費編列於本計畫。

4. 加強前期平地景觀造林及綠美化計畫之後續撫育工作

為因應我國加入WTO後，國內農業產業結構調整，針對釋出農地，輔導農民及農企業造林，配合獎勵與補貼，以紓解農產品產銷失衡現象，特於91年度起推動平地景觀造林及綠美化計畫，針對私有農地部分，給付標準為20年補助每公頃161萬元。91至96年度執行平地造林新植8,900公頃，仍應持續加強造林地撫育工作，以確保造林成效。

5. 加強公有閒置空地造林綠美化

政府機關辦公廳舍周邊之零星土地、畸零地等等，交由本局進行造林，以加強都市林建造，提昇都會區生活環境品質。預計造林1,100公頃。

（二）山坡地造林：

規劃新植3,500公頃，繼續加強全民造林計畫撫育38,000公頃，合計41,500公頃。

1. 加強山坡地之復育造林

依據森林法第48條規定，為獎勵私人、原住民族或團體造林，主管機關免費供應種苗、發給獎勵金、長期低利貸款或其他方式予以輔導獎勵，其辦法，由中央主管機關會同中央原住民族主管機關定之。爰農委會與原住民族委員會會銜發布「獎勵輔導造林辦法」，明定依森林法第21條第1款至第3款之林業用地，如沖蝕溝、陡峻裸露地、崩塌地等，預計推動3,500公頃之新植造林。

2. 加強全民造林計畫之後續撫育工作

茲因85年7月底發生賀伯風災，造成山區重大災害，自同年度起推行全民造林運動，截至93年底止，完成階段性任務，為維持造林成果，至97年底仍須持續撫育造林地面積38,000公頃至林木20年生。

二、培育優質苗木

苗木品質之良窳，攸關造林綠美化之成功與否。優良之苗木栽植後成活率高，生長表現優越，可以早日成林，減少選苗、補植、除草、撫育等多項工作之費用，因此培育優質苗木為本計畫成功之最重要關鍵。預計培育5,610萬株苗木。

三、加強宣導及規範造林示範區

加強辦理多樣化宣導活動，以提高私有地主參與綠色造林意願。預計辦理各類宣導活動100場次及規劃公有土地造林示範區5處。

四、試驗研究及監測

為使農民及相關造林單位能獲得造林撫育技術、作業體系及將來利用之基礎資訊，須建立重要造林樹種之育林經營利用體系。預計辦理試驗研究及監測12案。

五、設置平地森林遊樂區

於平地造林地區或其他適當地點規劃設置3處大型平地森林遊樂區，並結合規劃區域週邊之農業、城鄉文化、社區營造或環境教育等產業，發展平地多元觀光遊憩活動，增加民衆之戶外休閒遊憩之選擇，並可藉以發展造林基地之遊憩功能，活絡綠資源之產業生機，增加非都市地區之收入。

六、綠資源維護

（一）加強保護區經營管理

1. 評估現有74處保護區的實際功能，掌握保護區內環境與生物多樣性之狀況及變化，以具體之指標監測、評估經營管理之成效，共計完成175案綠資源監測調查。
2. 維護自然保護區環境之完整，提供動植物繁衍生存空間整合，建立完整生態系維生系統，防止不當的開發行為，維護生物多樣性，保存物種基因。
3. 針對威脅生態系、棲地、或物種的主要入侵種建立管理計畫。

（二）推動社區林業

鼓勵在地參與生物多樣性保育，協助社區營造優質生活環境，並擴大公眾參與國家森林經營之管道，達成社區發展與森林永續之目標，讓民衆對於生態保育與產業經濟發展間可以兼籌並顧。在生物多樣性保育及永續發展利用的原則下，推動社區林業，藉由社區培力計畫的執行過程，落實社區參與建立夥伴關係，達到森林資源共管的目，預計補助750個社區林業計畫。

七、執行策略

(一) 加強造林

1. 平地造林優先推動區位及範圍

- (1) 復耕可能性較低之農地。
- (2) 台糖公司釋出土地。
- (3) 經濟部公告「嚴重地層下陷地區」。
- (4) 經公告整治完成之污染農地。
- (5) 縣（市）政府規劃之特定農業區造林專區土地。
- (6) 生產條件不佳之邊際土地。

2. 排除下列狀況參與平地造林

- (1) 位於山坡地。
- (2) 位於都市計畫區：考量都市計畫區之農地較易受都市擴大之影響有所變動，難以配合造林獎勵期限20年間農地利用不能變動之規定。
- (3) 位於河川地。
- (4) 如以休耕身份參加，僅一個期作符合基期年資格，不予列入。

3. 調高造林獎勵金及以休耕直接給付額度核發參與平地造林之農民

有關造林獎勵金不論山坡地或平地，每公頃20年間60萬元，不分軒輊。至於平地造林，則依其土地性質另行發給直接給付每年每公頃9萬元，20年每公頃核發180萬元，總計240萬元。

4. 加強公有閒置空地造林綠美化

(1) 公有閒置空地造林綠美化：

優先以各部會核定重要計畫之公有閒置空地，交由本局進行造林，以加強都市林建造，提昇都會區生活環境品質，改善都市城鎮生態景觀。針對各類公共開放空間及閒置土地，妥善規劃，積極植樹造林，全面營造團狀、帶狀之綠境空間，並配合自然及人文景觀，以構築綠色休閒區，並提供民衆優質戶外遊憩環境，造林6年後交還土地經管單位，繼續經營管理。為善用社會資源，廣邀各級學校、公私企業、民間、宗教團體、國家森林志工、一般志工團體等，共同合作，辦理植樹活動。凡適合造林綠化之空地均可辦理，即使只有1坪之土地，亦不輕言放棄。本局將設置活動網站，提供民衆申請植樹認證。

(2) 媒合企業認養造林地：

本局於97年度推行一生一樹植樹活動，目前已逐漸形成全民運動，企業界亦熱烈響應活動。已研訂企業團體認養造林相關草案，鼓勵企業團體參與造林計畫，一方面增加造林面積、增加造林公益效能，另一方面，企業可提升形象，加強配合公益活動，達成企業行銷目的。

5. 從產業面思考，輔導農民栽植高經濟價值樹種，營造經濟林

- (1) 依據國內木材市場需求，選出替代進口木材之本島原生且具高經濟性木材生產價值樹種栽植（如烏心石、樟樹、台灣櫟等）。平地造林30,000公頃，扣除非屬經濟林及平地森林遊樂區範圍，預估有20,000公頃可提供木材生產，若以每公頃可提供150立方公尺木材計算，估計可增加國內木材自給率2.5%，供應國內部分需求。
- (2) 已成立樹種規劃小組並研擬中後期撫育管理規範，以加強造林木之管理利用。

6. 山坡地推動區位、方式、對象及範圍

除持續撫育及檢測管理全民造林地外，為推動林地加速完成必要之復育工作，針對森林法第21條第1款至第3款情形之林業用地、原住民保留地使用編定為林業用地之土地、非都市計畫區之農牧用地及其他有實施造林必要之地區，以免費供應種苗、發給獎勵金、長期低利貸款或其他等方式予以輔導獎勵，並編列預算逐年執行獎勵輔導造林辦法，以達成國土保安、涵養水源、綠化環境及減輕天然災害之目標。

（二）培育優質苗木

育苗工作係為林業經營主要的工作項目，且是一種複雜的過程，自林木種子生產、育苗作業到出栽配撥等各階段之造林工作，必須分別擬訂適宜的計畫，進而使種苗管理人員作業有所依循；有鑑於苗圃是苗木培育的場所，應對苗木的育苗流程施予適當的育苗作業，以培育出優良形質的苗木，本局已訂定「種苗管理標準作業程序」，以提供相關權責單位俾作執行業務之參處。故培育本計畫所需苗木，亦依據該「種苗管理標準作業程序」辦理。

（三）加強宣導及規範造林示範區

1. 加強造林專區之規劃

茲因各地區資源及未來發展方向不同，由各縣市政府依據當地人民意願、自然資源及人文歷史等原則自行劃定，目前已有臺東縣政府等縣政府劃定造林專區並設置相關規範，未來將持續加強宣導，俾利政策推動。

2. 加強宣導及示範區推廣

透過辦理多樣化宣導活動及資訊網絡傳遞之管道，以教育民眾，裨益民眾

體驗綠資源的重要性，建立人與樹之間的新感情，使全國民眾一起投入造林綠化行列，以期恢宏台灣「福爾摩莎」的美名，在自然綠境中永續發展，預計規劃公有土地造林示範區5處、辦理宣導活動100場次。

(1) 加強宣導

印製宣導摺頁及製作影片，利用媒體、廣播、新聞雜誌、村里民大會、社區活動等場合積極宣導政策理念及願景，藉舉辦座談會、研討會、說明會等邀請各領域專家與農民直接面對面座談，以解決疑慮進而凝聚共識配合執行。

(2) 規劃造林示範區

於具發展潛力地區規劃休閒遊憩性林場，促進規劃區農牧業者轉型，增進其營運收益。農牧業者配合造林政策轉型經營休閒林業，除可獲得造林的獎勵補助金外，尚獲致經營休閒林業的薪資及利潤，增加所得，改善生活水準。如此將增加休耕農地造林計畫誘因，提高農民造林意願，有利本計畫之效益推廣，並為整體生活品質及經濟打造更美好的願景。

(四) 試驗研究及監測

為推動綠色造林，須建立重要造林樹種之育林經營利用體系，以使農民及相關造林單位能獲得造林撫育技術、作業體系及將來利用之基礎資訊。另因於平地進行大面積集團造林係於近年推行之造林政策，過去經驗不足以評量造林對於環境、社會和經濟上的優缺點，爰本計畫於實施後，將由林業試驗所輔以詳實的監測計畫，以做為日後改善農地造林政策及執行的基礎。監測工作項目至少包括：對毗鄰農地之影響，病蟲害、野生動物、氣象、空氣品質、土壤、樹木根系擴張、社會反應等。另將進行農業生態系與森林生態系的比較以及兩者互動的研究，進行樹種混合效應之比較研究等。

林業試驗所亦計畫評估綠色造林對水源涵養效應之影響及對地下水量、水質之監測，以提供相關單位管理之參據。

(五) 設置平地森林遊樂區

1. 成立專案評選小組：

為平地森林遊樂區之選定及規劃設置，成立由專家學者及各相關單位組成之「平地森林遊樂區設置地點評選小組」。

2. 訂定選定原則：

為辦理平地森林遊樂區設置地點之遴選，並利各單位之推薦，研訂「平地森林遊樂區設置地點選定原則」及選定評估標準，至選定原則如下：

- (1) 海拔500公尺以下之非都市土地地區，總計畫區域面積至少1,000公頃；計畫區域內已完成平地造林之面積至少300公頃，且3年內預定可完成平地造林之

面積總計須達500公頃以上者。計畫區域除必須配合有平地造林外，得將毗連之森林區域納入。

- (2)具特殊景觀資源。
- (3)計畫區域土地權屬單純，且配合意願高，無遭違法占用者。
- (4)地方政府辦理及協助（配合）意願高者。
- (5)優先選擇有便捷之道路及交通運輸系統接駁便利之地點。
- (6)應通盤考慮區域平衡、交通系統、周邊半徑20公里內之遊憩景點與產業環境等因素。
- (7)避免將潛在危險地區劃入選定。
- (8)優先選擇計畫區域內公共設施完善者。

3. 選定設置地點：

經函請各縣（市）政府、行政院退輔會、經濟部台糖公司等相關單位推薦，建議設置為平地森林遊樂區之地點，計有雲林濁水溪保安林帶、嘉義東石及鰲鼓農場、屏東林後等農場、屏東三地門、台東富源農場、花蓮大農及大富農場等6處，專案評選小組業分3梯次至各推薦地點現勘，將就各推薦地點之面積、景觀資源、地方政府意願、交通、週邊景點、公共設施等條件通盤考量，再召開綜合評審會議審慎選定適宜之設置地點，減低計畫風險。

4. 規劃方向及辦理方式：

平地森林遊樂區除造林區域朝生態旅遊發展外，區內可開發之腹地，將結合農業相關產業，朝農、林體驗之永續經營方向進行，並儘量避免新闢道路。後續將委請專業顧問進行各園區之整體規劃設計，並視規劃成果依環境影響評估法及開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準辦理後續分期分區開發事宜。其中1處並將以國際競圖方式徵選規劃內容。

5. 未來經營管理芻議：

- (1)目前平地森林遊樂區之潛在設置地點多非屬林務局所轄管之土地，爰後續之推動設置與經營管理，將俟地點選定後再洽商土地管理單位，就計畫區域之土地使用分區、園區整體規劃及自然生態條件等因素，擬定最適經營模式。
- (2)將俟各園區完成整體規劃後，屆時再依「公共建設促參評估機制」審慎評估民間參與之可行性，並依預算法第34條規定辦理。並至若評估後不具促參可行性部分，則須由政府編列開發建設經費，將於編列年度預算前依「政府公共工程計畫與經費審議作業要點」規定辦理送審事宜。

（六）綠資源維護

1. 保護區經營管理

- (1) 評估現有保護區的實際功能，建立保護區系統，並排定保護之優先順序。
- (2) 掌握保護區內環境與生物多樣性之狀況及變化，並針對可能威脅區內環境與生物多樣性健全之因素加以妥善的因應、處理，以具體之指標監測、評估經營管理之成效。
- (3) 推動生物多樣性調查與監測，建立基礎生物資料庫，建立生物資源調查資料庫及保護區長期監測系統。
- (4) 控制入侵種主要的潛在入侵途徑；針對威脅生態系、棲地、或物種的主要入侵種建立管理計畫。

2. 社區林業

- (1) 在生物多樣性保育及永續發展利用的原則下，協助社區、部落從森林利用上獲得經濟利益，重建傳承文化並穩固社區組織，藉由社區培力計畫的執行過程，落實社區參與建立夥伴關係。
- (2) 推廣社區林業，強化溝通，建立協商機制，促進當地社區發展，尊重少數民族文化，依其傳統慣俗建立合理資源管理機制。

八、綠色造林計畫預期效果

- (一) 從地景觀點出發，結合山坡地造林、平地造林及城鄉綠美化，打造綠色臺灣、優質臺灣的舒適環境。
- (二) 加強沖蝕溝、陡峻裸露地、崩塌地、滑落地、破碎帶、風蝕嚴重地等地區之造林，逐步恢復山林原貌，並達到國土保安及水源涵養等目標。
- (三) 溫室氣體減量（主要指CO₂）勢在必行，以減緩全球暖化。為使目標如期達成，除以能源政策與能源結構調整外，實施新植造林是可以最低成本，達成溫室氣體減量之方法。本計畫目標明確，符合國際潮流及環保議題，臺灣身為地球村之一員，願依據相關公約精神，承擔共同之責任，以追求生態環境之永續發展。
- (四) 臺灣為APEC會員體之一，所需配合再增加新植造林面積為11,550公頃，本計畫執行完成後，超越APEC會員體承諾應造林面積之目標。除配合國際能源政策，貢獻臺灣碳效益外，並提供農民因應加入WTO農業衝擊之選擇途徑，並藉以有效利用土地、紓解農產品產銷失衡現象。
- (五) 平地造林30,000公頃，扣除非屬經濟林及平地森林遊樂區範圍，預估有20,000公頃可提供木材生產，若以每公頃可提供150立方公尺木材計算，則20年後約有300萬立方公尺，可創造300億元之木材經濟價值，增加國內木材自給率2.5%。