

# 花蓮屏東雲林平地造林重要樹種生長

◎林業試驗所森林經營組・邱志明 (cmchiu@tfri.gov.tw)、鍾智昕、彭炳勳、唐盛林

## 一、前言

政府為因應我國加入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，紓解農產品產銷失衡現象，於2002年（民國91年）起，推動「平地景觀造林及綠美化計畫」。2007年亞太經濟合作組織會議決議，在2020年前會員體區域森林覆蓋面積要增加2,000萬公頃，期能藉由造林來減緩大氣二氧化碳上升的速度。同時，政府在擘劃「臺灣經濟新藍圖系列」時，於97年度起推動「愛臺12建設」，將綠海計畫擴大為綠色造林計畫，102年配合四年中綱計畫修正為植樹造林計畫，希望增加平原地區森林覆蓋率，植林減碳，增加碳吸存效益，並提升木材自給潛力，落實自然生態保育、生態景觀及生活環境之維護，兼顧公益性、經濟性與社會性，使綠資源生生不息永續利用。

本研究在植樹造林試驗監測計畫下，經2009年至2017年連續監測八年結果顯示，花蓮、屏東與雲林所栽植之樹種中，不同樹種成活率、胸徑、樹高與材積生長已產生極大之差異。不同樹種的成活率與生長變化資訊，林務局、林農、臺糖以及泰和農場等公司法人迫切需要瞭解，方能作為其進一步針對不同樹種中後期撫育管理利用，將來造林樹種選擇、適地適木及風險管控之能力，提供林木中後期撫育經營、林齡、地位、林分密度控制、伐期齡決定、收穫利用之科學數據及平地造林政策檢討修正之參據。

## 二、試驗地概況

本計畫於臺灣東部、南部及中部造林面積最多之地區，在花蓮、屏東及雲林，選擇不同林分密度及立地環境設置樣區，樣區面積為0.05 ha (20 × 25 m<sup>2</sup>)，造林年度為91及92年。花蓮地區選擇12種樹種並設置83個樣區，進行八年(民國99~106年)連續監測之實際每木調查，取得滿七年期間(樹齡7~14年生)之淨生長資料。屏東地區選擇十個樹種並設置59個樣區，於民國99~106年進行調查，取得滿七年(樹齡6~13年生)之淨生長資料。民國101年，於雲林地區選擇五個樹種並設置29個樣區，歷經四次地面實際每木調查(民國101~105年)，取得滿三年期間(樹齡9~12年生)之淨生長資料。三地區合計17個樹種，共171個樣區。

針對平地造林面積最多之17種重要造林樹種，栽植密度每公頃1,500株(3.3 × 2 m)，杜英(*Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir.)、光蠟樹(*Fraxinus griffithii*)、楓香(*Liquidambar formosana* Hance)、牛樟(*Cinnamomum kanehirae* Hayata)、黃連木(*Pistacia chinensis* Bunge)、烏心石(*Michelia compressa* (Maxim.) Sargent)、欒木(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino)、苦楝(*Melia azedarach* Linn.)、樟樹(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus* Willd.)、桃花心木(*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)、楠木(*Machilus japonica* Sieb. & Zucc. var. *kusanoi* (Hayata) Liao)、茄苳(*Bischofia javanica* Bl.)、陰香(*Cinnamomum burmannii* (Nees) Bl.)、臺灣欒樹(*Koelreuteria henryi*

Dummer)、赤楊(*Alnus formosana* (Burkill) Makino)以及無患子(*Sapindus mukorossii* Gaertner)。調查項目如下：

- (一) 單木生長：胸徑、樹高、枝下高、樹冠幅、樹冠長。
- (二) 林分生長：每公頃株數、斷面積、材積、成活率或枯死率。
- (三) 枯死率：林分年枯死率(當年枯死株數/前一年成活株數)

### 三、結果與討論

#### (一)花蓮地區

完成花蓮縣光復鄉臺糖大富和大農農場13或14年生，12種樹種，83個樣區(不含疏伐樣區)之調查。每一樹種樣區之多寡，原則上依不同樹種造林面積之大小而設置，其中以檉木24樣區及光蠟樹22樣區最多，再次為杜英及楓香。結果如表1所示。

1. 每公頃成活株數：不分樹種，目前每公頃成活株數520~1,350株，平均每公頃株數為1,024株，標準誤71株，經變異分析，不同樹種成活株數差異極顯著(F值3.24， $P<0.01$ )，其中以陰香每公頃1,350株最高，其次為楠木1,330株，烏心石、杜英、光蠟樹、茄苳與楓香在1,000~1,200株間；再次為臺灣欒樹、檉木、苦楝及樟樹在700~1,000株間；最差為赤楊520株。
2. 胸徑：不分樹種，樣區平均胸徑範圍9.9~15.8 cm，平均胸徑 $12.4 \pm 0.6$  cm；經變異分析顯示，各樹種生長差異極顯著，F值12.48；進一步以鄧肯測驗檢測，以赤楊及茄苳胸徑生長最快，皆在15.0 cm以上，杜英14.7cm，烏心石與楓香約13.0 cm，最小為苦楝在9.9 cm左右，其餘樹種10.2~12.3 cm間。
3. 樹高：不分樹種，樣區平均樹高範圍6.1~10.2 m，平均 $7.7 \pm 0.4$  m，各樹種經

表1 花蓮地區不同樹種之生長特性

樹種	株數(株/ha)	胸徑(cm)	樹高(m)	材積(m <sup>3</sup> /ha)	樣區數	林齡
杜英	1,146 ± 37	14.7 ± 0.38	9.3 ± 0.20	94.33 ± 4.35	10	14
光蠟樹	1,144 ± 44	10.2 ± 0.36	8.6 ± 0.20	47.94 ± 5.02	22	14
楓香	1,091 ± 113	13.6 ± 0.52	9.1 ± 0.28	75.43 ± 9.84	7	14
烏心石	1,173 ± 57	13.7 ± 0.81	7.2 ± 0.08	60.56 ± 8.95	3	13
檉木	916 ± 58	10.2 ± 0.28	6.4 ± 0.12	24.39 ± 1.79	24	13
苦楝	780 ± 117	9.9 ± 0.25	6.8 ± 0.08	26.59 ± 3.35	3	13
樟樹	747 ± 66	12.3 ± 0.55	7.8 ± 0.28	29.08 ± 1.34	3	14
楠木	1,330 ± 10	11.3 ± 0.15	6.3 ± 0.06	43.80 ± 1.83	2	14
茄苳	1,100 ± 136	15.5 ± 1.18	6.1 ± 0.32	55.47 ± 4.10	4	14
陰香	1,350 ± 130	11.8 ± 1.60	7.0 ± 0.38	58.44 ± 20.78	2	14
臺灣欒樹	990 ± 50	10.3 ± 2.32	7.8 ± 1.09	39.50 ± 23.22	2	14
赤楊	520	15.8	10.2	57.40	1	14
平均	1024 ± 71	12.4 ± 0.6	7.7 ± 0.4	51.1 ± 5.9	83	

變異分析，F值20.79， $P<0.01$ ，差異極顯著，進一步以鄧肯測驗檢測，以赤楊最高10.2 m；杜英、楓香與光蠟樹8.6~9.3 m，樟樹、臺灣欒樹、烏心石及陰香最低為7.0~7.8 m，其餘樹種在6.1~6.8 m間。

4. 材積：12種樹種，每公頃材積範圍24.39~94.33 m<sup>3</sup>，不同樹種每公頃材積生長差異較大，達到四倍之多，平均為51.1 ± 5.9 m<sup>3</sup>。變異分析F值12.89， $P<0.01$ ，以杜英94.33 m<sup>3</sup>/ha最大，楓香、烏心石、陰香、赤楊與茄苳次之，約55.5~75.4 m<sup>3</sup>/ha；櫟木及苦楝最低約25.5 m<sup>3</sup>/ha，其餘樹種在29.1~47.9 m<sup>3</sup>/ha之間。由此可知，不同樹種差異顯著。

## (二)屏東地區

屏東縣四林、萬隆及泰和農場13年生(民國92年造林)平地造林，共調查造林面積最多之十種樹種，不含疏伐樣區共59個樣區，不同樹種每公頃成活株數及各項生長性狀如表2。

1. 每公頃成活株數：十種樹種，每公頃成活株數範圍547~1,340株，最低和最高差距兩倍，不分樹種平均每公頃株數859 ± 76株。變異分析F值3.74，以光蠟樹最高在1,300株/ha以上，楓香與印度紫檀1,100株/ha，杜英最低547株/ha，其餘樹種約在800株/ha左右。
2. 胸徑：十種樹種樣區平均胸徑範圍9.7~17.8 cm，平均14.0 ± 1.0 cm，變異分析F值30.15， $P<0.01$ ，差異極顯著。以牛樟、杜英及桃花心木最高，達17 cm，烏心石、苦楝及光蠟樹約在13.3~16.1 cm，最低為楓香9.7 cm，櫟木、印度紫檀及黃連木10.8~12.0 cm。
3. 樹高：十種樹種，樣區樹高範圍6.3~11.6 m，不分樹種平均8.8 ± 0.5 m，變異分析F值66.76， $P<0.01$ ，差異極顯著。以桃花心木、苦楝及光蠟樹最高10.1~11.6 m，杜英、烏心石、楓香及印度紫檀8.0~9.5 m，牛樟最低6.3 m，其次為黃連木及櫟木7.5 m。

表2 屏東地區不同樹種之生長特性

樹種	株數(株/ha)	胸徑(cm)	樹高(m)	材積(m <sup>3</sup> /ha)	樣區數	林齡
杜英	547 ± 100	17.6 ± 0.19	9.5 ± 0.05	66.65 ± 12.69	3	13
光蠟樹	1,340 ± 148	13.3 ± 0.27	10.1 ± 0.17	92.34 ± 14.08	4	13
楓香	1,047 ± 137	9.7 ± 0.29	8.0 ± 0.20	29.24 ± 1.40	3	13
牛樟	550 ± 88	17.8 ± 1.15	6.3 ± 0.30	37.83 ± 1.40	4	13
黃連木	920 ± 42	12.0 ± 0.12	7.5 ± 0.10	44.40 ± 2.95	3	13
烏心石	747 ± 71	16.1 ± 1.28	9.0 ± 0.55	68.71 ± 6.67	3	13
櫟木	717 ± 152	10.8 ± 0.33	7.5 ± 0.14	25.50 ± 5.14	6	13
苦楝	867 ± 65	13.4 ± 0.21	10.7 ± 0.13	77.16 ± 5.19	12	13
印度紫檀	1,018 ± 72	11.7 ± 0.31	8.0 ± 0.16	49.09 ± 2.97	9	13
桃花心木	840 ± 86	17.6 ± 0.53	11.6 ± 0.22	105.77 ± 9.82	12	13
平均	859 ± 76	14.0 ± 1.0	8.8 ± 0.5	59.7 ± 8.5	59	

表3 雲林地區不同樹種之生長特性

樹種	株數(株/ha)	胸徑(cm)	樹高(m)	材積(m <sup>3</sup> /ha)	樣區數	林齡
杜英	1,154 ± 22	15.3 ± 0.14	11.5 ± 0.06	145.08 ± 3.59	16	12
光蠟樹	1,485 ± 30	12.2 ± 0.27	9.6 ± 0.07	87.33 ± 3.38	4	12
欖木	1,270 ± 38	9.2 ± 0.13	6.2 ± 0.07	28.84 ± 0.85	4	12
桃花心木	1,265 ± 33	15.1 ± 0.34	11.3 ± 0.13	123.74 ± 2.28	4	12
無患子	1,540	8.9	5.9	29.77	1	12
平均	1,343 ± 73	12.1 ± 1.4	8.9 ± 1.2	83.0 ± 23.8	29	

4. 材積：十種樹種每公頃材積範圍25.50~105.77 m<sup>3</sup>，高低差距約4倍。平均每公頃材積59.7 ± 8.5 m<sup>3</sup>，變異分析F值11.26，*P*<0.01，樹種生長差異極顯著。桃花心木最高達105.77 m<sup>3</sup>/ha，光蠟樹約92.34 m<sup>3</sup>/ha，苦楝、烏心石及杜英居中66.65~77.16 m<sup>3</sup>/ha，最低為欖木25.50 m<sup>3</sup>/ha，其餘楓香、牛樟、黃連木與印度紫檀在29.24~49.09 m<sup>3</sup>/ha。

### (三)雲林地區

雲林縣崁腳農場12年生(民國92年造林)平地造林，共調查五種樹種，不含疏伐樣區共29個樣區，不同樹種每公頃成活株數及各項生長性狀如表3。

1. 每公頃成活株數：五種樹種，每公頃成活株數範圍1,154~1,540株，不分樹種平均每公頃株數1,343 ± 73株。變異分析F值17.31，以無患子最高1,540株/ha，光蠟樹1,485株/ha，杜英最低1,154株/ha，其餘樹種約在1,250株/ha左右。
2. 胸徑：樣區平均胸徑範圍8.9~15.3 cm，平均12.1 ± 1.4 cm，變異分析F值131.0，*P*<0.01，差異極顯著。以杜英及桃花心木

最高，達15 cm，光蠟樹13.2 cm，其次為欖木9.2 cm，無患子最低為8.9 cm。

3. 樹高：樣區樹高範圍5.9~11.5 m，不分樹種平均8.9 ± 1.2 m，變異分析F值602.1，*P*<0.01，差異極顯著。以杜英及桃花心木最高11.3~11.5 m，光蠟樹9.6 m，其次為欖木6.2 m，無患子最低5.9 m。
4. 材積：每公頃材積範圍28.84~145.08 m<sup>3</sup>，高低差距約5倍。平均每公頃材積83.0 ± 23.8 m<sup>3</sup>，變異分析F值99.6，*P*<0.01，樹種生長差異極顯著。杜英最高達145.08 m<sup>3</sup>/ha，其次為桃花心木約123.74 m<sup>3</sup>/ha，光蠟樹居中87.33 m<sup>3</sup>/ha，最低為無患子及欖木28.84~29.77 m<sup>3</sup>/ha。

### (四)三地區比較

花蓮、屏東與雲林地區共完成12~14年生17種樹種，171個樣區，經變異數分析顯示，表4在不同地區每公頃成活株數、胸徑、樹高與材積之F值分別為28.5，69.4，240.3及143.5，均達極顯著水準；不同樹種間，每公頃成活株數、胸徑、樹高與材積F值分別為3.9，29.2，61.3，22.7，亦均達極顯著水準；地區和樹種間之交感效應，每公頃成活

表4 花蓮、屏東及雲林地區不同樹種成活株數及生長性狀之變異分析

來源		每公頃成活株數	胸徑	樹高	材積
地區	<i>F</i>	28.54	69.42	240.26	143.53
	<i>p</i> value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
樹種	<i>F</i>	3.97	29.21	61.34	22.67
	<i>p</i> value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
地區*樹種	<i>F</i>	3.51	7.39	16.78	9.82
	<i>p</i> value	0.001	<.0001	<.0001	<.0001

表5 花蓮、屏東及雲林地區不同樹種成活株數及生長性狀之比較

樹種	樣區數	株數(株/ha)	胸徑(cm)	樹高(m)	材積(m <sup>3</sup> )
杜英	29	1,088 <sup>bcde</sup>	15.4 <sup>b</sup>	10.6 <sup>b</sup>	119.47 <sup>a</sup>
光臘樹	30	1,215 <sup>abcd</sup>	10.9 <sup>cde</sup>	8.9 <sup>c</sup>	59.11 <sup>bc</sup>
楓香	10	1,078 <sup>bcde</sup>	12.4 <sup>cd</sup>	8.8 <sup>cd</sup>	61.47 <sup>bc</sup>
牛樟	4	550 <sup>fg</sup>	17.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>hi</sup>	37.83 <sup>bcd</sup>
黃連木	3	920 <sup>edef</sup>	12.0 <sup>cd</sup>	7.5 <sup>efg</sup>	44.40 <sup>bcd</sup>
烏心石	6	960 <sup>bcde</sup>	14.9 <sup>b</sup>	8.1 <sup>cde</sup>	64.64 <sup>b</sup>
欖木	34	922 <sup>edef</sup>	10.1 <sup>de</sup>	6.6 <sup>ghi</sup>	25.11 <sup>d</sup>
苦楝	15	871 <sup>defg</sup>	12.7 <sup>c</sup>	9.9 <sup>b</sup>	67.04 <sup>b</sup>
樟樹	3	747 <sup>efg</sup>	12.3 <sup>cd</sup>	7.8 <sup>def</sup>	29.08 <sup>cd</sup>
印度紫檀	9	1,018 <sup>bcde</sup>	11.7 <sup>cd</sup>	8.0 <sup>edef</sup>	49.09 <sup>bcd</sup>
桃花心木	16	939 <sup>edef</sup>	17.0 <sup>ab</sup>	11.5 <sup>a</sup>	110.26 <sup>a</sup>
楠木	2	1,330 <sup>abcd</sup>	11.3 <sup>cd</sup>	6.3 <sup>hi</sup>	43.80 <sup>bcd</sup>
茄苳	4	1,100 <sup>bcde</sup>	15.5 <sup>b</sup>	6.1 <sup>hi</sup>	55.47 <sup>bcd</sup>
陰香	2	1,350 <sup>abcd</sup>	11.8 <sup>cd</sup>	7.0 <sup>fgh</sup>	58.44 <sup>bcd</sup>
臺灣欒樹	2	990 <sup>bcde</sup>	10.3 <sup>cde</sup>	7.8 <sup>def</sup>	39.51 <sup>bcd</sup>
赤楊	1	520 <sup>g</sup>	15.8 <sup>ab</sup>	10.2 <sup>b</sup>	57.40 <sup>bcd</sup>
無患子	1	1,540 <sup>a</sup>	8.9 <sup>e</sup>	5.9 <sup>i</sup>	29.77 <sup>cd</sup>

註：同一列字母相同代表差異不顯著，字母不同代表Duncan's test 差異顯著（ $P < 0.05$ ）

株數、胸徑、樹高與材積之F值分別為3.5，7.4，16.8及9.8，同樣均達極顯著水準。由此可知，不同樹種在不同地區，各有其最適生

長環境。不同樹種與不同生長特性之比較，如表5，以胸徑為例，大致分為四群，最大為牛樟及桃花心木17.0 cm以上，赤楊、茄苳、

表6 相同樹種不同地區之總生長比較

	胸徑(cm)			材積(m <sup>3</sup> /ha)			枯死率(%/yr)		
	花蓮	屏東	雲林	花蓮	屏東	雲林	花蓮	屏東	雲林
杜英	14.75	17.60	15.33	94.3	66.7	145.1	3.67	15.70	1.36
光蠟樹	10.23	13.28	12.23	47.9	92.3	87.3	1.94	1.69	0.44
楓香	13.62	9.70		75.3	29.2		1.35	5.75	
烏心石	13.70	16.09		60.6	68.7		2.07	9.17	
欖木	10.16	10.76	9.16	24.4	25.5	28.8	4.65	12.41	1.43
苦楝	9.90	13.40		26.6	77.2		4.07	5.27	
桃花心木		17.58	15.07		105.8	123.7		5.91	0.79

杜英與烏心石約14~16 cm，無患子最低8.9 cm，其餘樹種介於10~13 cm。材積生長，鄧肯測驗大致可分為四群，以杜英與桃花心木最高110 m<sup>3</sup>/ha以上，其次為苦楝、烏心石、楓香與光蠟樹為59~67 m<sup>3</sup>/ha，最低為欖木約25 m<sup>3</sup>/ha，其餘樹種介於29~58 m<sup>3</sup>/ha；三地區皆有之樹種為杜英、光蠟樹和欖木，三種樹種，93個樣區，以材積為例(表6)，杜英與欖木的表現在雲林地區最佳，而光蠟樹則在屏東地區表現最佳。

#### 四、結論

三個地區不同樹種間，不論每公頃成活株數、胸徑、樹高及材積均呈顯著之差異。以材積總生長為例，花蓮地區杜英最高，其次為楓香與烏心石，最差為欖木、苦楝與樟樹；屏東地區以桃花心木及光蠟樹最高，欖木與楓香最差；雲林地區，以杜英跟桃花心木最高，欖木及無患子最低。每公頃成活株數在花蓮地區為520~1,350株，最高為陰香及楠木，最低為赤楊、樟樹及苦楝；屏東地區

為547~1,540株，以光蠟樹最高，杜英與牛樟最低；雲林地區1,154~1,540株，以無患子及光蠟樹最高，杜英最低。

2016年強烈颱風侵襲南部地區，苦楝、杜英與印度紫檀受損嚴重，干擾了材積總生長與每公頃成活株數，三個地區進行比較，不同地區每公頃成活株數、胸徑、樹高與材積皆極顯著之差異，由此可知，不同樹種在不同地區各有其最適生長環境。⊗