

耐逆境雜交牛樟、泡桐與桉樹選拔與利用

何政坤^{1,3} 張淑華¹ 陳永修² 施欣慧² 吳家禎¹ 陳媿¹

摘要

台灣菇蕈類產值含牛樟芝年約 85 億元，年需菇蕈木粉 31 萬公噸。台灣年進口木材自給率不足 1%，這些原料仰賴農平地速生樹種造林，由於氣候逆境使造林風險增加，對產業投資高樟芝用牛樟、菇蕈與紙漿用桉樹與製材用泡桐造林而言，因造林海拔降低及面積增加，長期性乾旱、淹水與入侵病蟲害成為對造林產業影響重大。經由曾乾旱與淹水存活之牛樟平地造林及與樟樹雜交的牛樟做為耐旱牛樟選育的方向。桉樹則以組培繁殖大陸引進耐姬小蜂品系 2 個，及 5 個抗風優良營養系赤桉，利用莖枝葉病原體培養感染及桉樹釉小蜂培養選拔抗病蟲品系。泡桐則以培養簇葉病原體感染引進與雜交耐熱泡桐，選拔品系。發展組織培養與扦插繁殖技術，繁殖具有抗逆品系，在花蓮光復台糖區 4 公頃、苗栗活化休耕地 1.5 公頃、建立耐逆試驗。102 年蘇力、康芮與天兔颱風對此 3 試區進行強度抗逆選拔，結果雜交牛樟 2 品系與牛樟 4 品系、引進 2 尾巨桉與 1 赤桉品系具有抗蟲力，雜交泡桐 Pg 具有耐熱抗病力。第 1 年逆境造林顯示，牛樟品系可增加 20% 存活率。引進尾巨桉與原優良赤巨桉生長相當，但無蟲害，利用栽植密度 3x3 m 造林可降低傳統 2x2 m 栽植密度的風害達 53% 以上，泡桐 Pg 耐熱且生長快速，而原生台灣泡桐無法生存。

關鍵詞：氣候逆境、耐逆境品系、木材自給率、菇木類用材樹種。

前言

台灣菇蕈類產值含牛樟芝年約 85 億元，年需菇蕈木粉 31 萬噸。台灣年進口木材約 50 億元，木材自給率不足 1% 可，這些原料仰賴農平地速生樹種造林，由於氣候逆境使造林風險增加，對產業投資高樟芝用牛樟、菇蕈與紙漿用桉樹與製材用泡桐造林而言，因造林海拔降低及面積增加，長期性乾旱、淹水與入侵病蟲害成為對造林產業影響重大。牛樟、泡桐與雜交桉為台灣重要經濟樹種，牛樟為牛樟芝的原料，產值約為 12 億元，一般造林 5 年的存活率都僅約 50% (Ho et al. 2010)。泡桐曾為台灣的綠色黃金，每立方公尺材積高達 2 萬元，因簇葉病使產業消失 (Wu et. al. 2012)，原栽培區在海拔 600-900 m，農平地為種苗生產地區。雜交桉為活化休耕地之短伐期經濟造林樹

1 行政院農業委員會林業試驗所育林組。

2 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心。

3 通訊作者 電子信箱：ckho@tfri.gov.tw；電話：04-23039978 #2002。

種，產業需求面積達 12.8 萬公頃，可作為紙漿、製材、與菇木粉，最近因莖枯葉病與釉小蜂危害使選育之速生品種生長遲滯甚者死亡(Tung and Salle 2010)。據研究數據顯示：因極端氣候引起之旱澇使牛樟造林存活率與生長量分別降低至 50%與 20%，病蟲害與旱害使泡桐降低 20%與 80%，病蟲害與風害使桉樹降低 50%與 80%，選拔耐逆境品種及利用栽植密度可調適其存活率與提高生長量，促進農民與產業造林。

材料與方法

1. 耐旱澇選拔方法：在低海拔砂質壤土之造林地選拔耐逆境牛樟品系，及培育低海拔樟樹與牛樟的雜交牛樟品系。
2. 耐簇葉病與耐熱選拔：從大陸引進亞熱帶耐病泡桐與易罹病之原生台灣泡桐與白桐雜交，以病原體感染雜交苗，篩選雜交泡桐，在農地栽植選拔耐病與耐熱品系。
3. 耐莖枯葉病與桉樹釉小蜂選拔：引進大陸抗釉小蜂品系，以培養莖葉枯病 (*Cryptosporiopsis eucalypti*) 感染苗木葉片，篩選抗病蟲品系。
4. 耐逆境品系繁殖技術建立與育苗：利用組織培養繁殖耐逆境牛樟與雜交牛樟、雜交桉樹，及篩選耐簇葉病雜交泡桐苗木。
5. 在花蓮與苗栗農地造林檢驗耐逆境品系：在花蓮台糖農地建立 4 公頃檢驗區，試驗設計包括：雜交泡桐 4 品系、雜交桉樹類 5 品系、雜交牛樟與 3 牛樟品系，栽植密度 2x2、2x2.5、2x3、3x3 m 檢驗耐病蟲與抗風能力檢定，每試區均重複 4 次。本區屬壤土，部分區域屬易積水區，強降雨時淹水約 50 cm 高，本區是颱風常侵襲區，也是桉樹釉小蜂及泡桐簇葉病之病蟲害發生區。102 年蘇力颱風及天兔颱風相繼侵襲，強風與強降雨淹水對選拔之耐逆境品系進行高強度選拔。

在苗栗休耕水田建立雜交桉樹、牛樟與雜交牛樟、雜交泡桐行列栽植，桉樹以 2x4 m 栽植，4 m 行間植牛樟與雜交泡桐。水田具有硬盤，降雨時易淹水，乾旱時土壤龜裂，2013 年度蘇力颱風從新竹出海，強風侵襲，後續康芮颱風風力不大，但強降雨造成數日積水，是土壤與極端氣候雙重效應的高強度選拔。

結果與討論

一、耐逆境牛樟田間檢定

在花蓮光復區造林 11 月，牛樟 3 品系苗高生長 80–127 cm，雜交牛樟則因初期造林時嫩葉受到蟲害，使初生長遲緩，5 月以後就快速生長達苗高 72 cm (表 1)。雜交牛樟在 3 種密度試驗的苗高 113–117 cm (表 2)，雖經過蘇力與天兔颱風的 10–12 及陣風，部分地區淹水達 50 cm，不同牛樟品系栽植 5 個月的存活率為 100%以上，雜交牛樟密度試驗平均存活率為 96.2±1.0%。一般牛樟初期造林死亡率最高，約在 20–30%間，此抗逆境品系約可增加 20%存活率。在苗栗休耕地栽植，因本區原為水田，旁有 2 池塘，

地下水位高，地處田埂凹地，易造成強降雨積水，牛樟生長 6 個月苗高僅 25 cm，雜交牛樟 29 cm，颱風侵襲雖無風倒(表 3)，但積水是使牛樟生長遲緩的重要原因。

二、耐熱泡桐田間檢定

5 種雜交泡桐品系，造林 11 個月，以 Pg 品系苗高可達 224 cm，胸高直徑 4.7 cm 表現最佳(表 4)，原選拔優良品種台灣泡桐全部死亡，雖然泡桐生長快速，但 2 次颱風侵襲，均未倒伏。在苗栗休耕地造林 6 個月苗高僅 41 cm (表 3)，生長遲緩原因與牛樟相同。

三、抗病耐風倒桉樹田間檢定

引進 2 種尾巨桉與台灣選拔優良桉樹品系赤巨桉 43、及赤桉品系在花蓮造林比較，引進抗枯莖葉病及桉樹釉小蜂之尾巨品系 2 個與林試所選拔優良桉樹品系：赤巨桉 43 級赤桉 2 品系，經造林 11 個月，以赤巨桉生長最佳，樹高 461 cm，其次為引種

表 1. 耐逆境牛樟在花蓮平地造林之檢驗，栽植距離 2x2 m。

Table 1. Afforestation trial of *Cinnamomum kanehirae* with stress tolerance at Hualien county.

區集	T2 苗高 (cm)			D1 苗高 (cm)			D3 苗高 (cm)			雜交牛樟苗高 (cm)		
	初植	5 月	11 月	初植	5 月	11 月	初植	5 月	11 月	初植	5 月	11 月
1	71	102	106	57	81	108	38	54	82	36	40	83
2	60	91	122	38	58	84	32	54	92	39	38	55
3	77	101	118	44	57	93	35	43	73	33	39	61
4	63	84	121	73	69	117	-	-	-	36	37	89
平均	68	94	117	53	66	100	35	50	82	36	38	72
SD	8	8.6	7.37	15	11	15	2.7	6.6	9.7	2.5	1.2	16

註：101 年 12 月 26 日造林，102 年 5 月 27 日(5 月生)與 11 月 11 日(11 月生)調查

表 2. 不同栽植密度之雜交牛樟在花蓮平地造林之檢驗。

Table 2. Afforestation trial of *Cinnamomum* hybrids planting with different densities at Hualien county.

區集	不同栽植密度苗高/胸徑(cm)								
	2x2 m			2x2.5 m			2x3 m		
	初植	5 月	11 月	初植	5 月	11 月	初植	5 月生	11 月
1	37	51	126	39	52	120	43	51	94
2	43	56	118	44	55	109	42	55	125
3	45	51	104	34	49	125	42	57	131
4	43	55	118	44	57	114	46	53	101
平均	42	53	116	40	53	117	43	54	113
SD	3	3	9	5	3	7	2	2.8	18

表 3. 各樹種在苗栗休耕地之造林表現與風倒率。

Table 3. Growth performance of different tree species afforestation at fallow ground of Miaoli county.

區集	牛樟		雜交牛樟		泡桐		赤桉 K1		赤桉 K10		赤桉 K20		赤桉 K21		赤桉 K41		赤桉 48		巨尾桉 38		尾巨桉 33		尾巨桉 39			
	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6
	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
1	24	29	31	36	-	-	26	56	38	119	38	131	58	164	41	106	23	79	27	55	-	69	36	73		
2	23	16	36	19	35	-	-	-	29	103	38	98	51	112	35	105	29	80	-	-	-	51	28	75		
3	20	-	34	25	31	-	-	-	31	82	32	103	51	118	26	105	23	88	-	-	-	-	30	73		
4	20	-	27	35	42	-	-	-	-	-	25	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5	23	24	29	31	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
6	24	28	35	28	37	70	17	86	-	-	37	141	60	155	53	131			-	-	-	60	-	-		
7	18	30	23	-	-	-	25	94	33	128	37	115	53	137	32	109	32	111	-	-	-	85	26	96		
8	22	22	25	34	7	-	18	96	41	125	37	115	46	131	22	89	30	114	-	-	-	66	22	79		
9	22	-	25	26	35	13	23	84	26	87	36	92	45	112			29	84	-	-	-	45	23	51		
平均	22	25	29	29	32	41	22	83	33	107	35	110	52	133	35	107	28	93	27	55	-	63	28	75		
SD	2	5	5	6	11	41	5	16	5	20	4	19	6	21	11	14	4	16	-	-	-	14	5	14		
風倒率	0		0		0		-		68		53		63		37		33		-		-		13			

註：102 年 5 月 17 日造林，7 月 15 日與 11 月 14 日調查。風倒率為蘇力颱風苗木倒伏率。

表 4. 耐熱雜交泡桐在花蓮平地造林之檢驗。

Table 4. Afforestation trial of *Paulownia* hybrids with hot tolerance at Hualien county.

區集	Lkg 苗高(cm)			Pg 苗高(cm)			Gk1 苗高(cm)			Gk2 苗高(cm)		
	初植	5 月	11 月	初植	5 月	11 月	初植	5 月生	11 月	初植	5 月生	11 月
1	14	68	200	16	88	377	22	23	118	15	34	104
2	13	33	83	17	56	226	24	19	65	16	38	39
3	14	11	20	22	53	135	20	11	19	15	27	-
4	13	22	43	22	56	158	26	32	102	12	29	56
高平均	13	33	86	19	63	224	23	21	76	14	32	66
高 SD	0.4	25	80	3.0	16	109	2.4	8.5	44	1.5	4.8	34
胸徑平均			2.1			4.7						
胸徑 SD			1.6			1.8						

註：Pg 泡桐樹最高 4.4 m，胸徑 10.3 cm。

的尾巨桉樹高 4401-422 cm，赤桉品系生長較慢 (表 5)。桉樹釉小蜂已經在本區發生，林試所選拔的品系均已罹蟲，未來生長將受影響。颱風是速生桉樹風倒的最大威脅，本年度 2 個颱風對桉樹倒伏影響極大，栽植密度 2x2、2x2.5、及 2x3 m 的尾巨桉 39 都造成 33%-48% 的風倒率，二次颱風合計造成風倒率達 69-89% (表 6)。但 3x3 m 栽植距離可增加桉樹抗風倒力，合計二次颱風風倒率僅 16%，降低風倒率達 53-73%。在苗栗休耕地的造林表現，赤桉高生長明顯高於尾巨桉，赤桉 K41 為抗釉小蜂品系，其他赤桉品系都發現釉小蜂，目前生長尚未影響。但蘇力颱風對苗較高的赤桉產生風害，風倒率達 33-68%，較矮的尾巨桉風倒則僅 13%，赤桉 K1 未發生風倒。本區赤桉生長比尾巨桉高，是因赤桉比較耐貧瘠及逆境，因此在水田地可推薦抗蟲赤桉品系。

表 5. 抗釉小蜂桉樹品種在花蓮平地造林之檢驗，栽植距離 3x3 m。

Table 5. Afforestation trial of *Eucalyptus* species with anti gall-forming wasps at Hualien county.

區集	赤巨桉 43			赤桉 K20			赤桉 K10			尾巨桉 33			尾巨桉 39		
	初植	5月	11月	初植	5月	11月	初植	5月	11月	初植	5月	11月	初植	5月	11月
1	57	189	435	44	152	381	42	146	350	45	168	424	45	178	382
2	49	174	490	36	133	319	35	132	293	46	164	471	47	163	455
3	51	193	458	36	140	307	28	131	342	40	159	372	42	154	366
高平均	52	185	461	38	142	336	35	136	328	44	164	422	45	165	401
高 SD	4	10	28	5	10	40	7	8	31	3	5	49	2	12	47
胸徑平均	3.5			3.1			2.8			3.9			3.5		
胸徑 SD	0.1			0.2			0.3			0.3			0.4		

註：最高樹尾巨桉 7.3 m，胸徑 7.6 cm。

表 6. 2013 年颱風對花蓮光復區尾巨桉 39 不同栽植密度之風倒災害影響。

Table 6. Effect of Typhoon attack in 2013 on different planting densities of *Eucalyptus* UG39 on lodging rates of trees.

風倒度	2x2 m				2x2.5 m				2x3 m				3x3 m			
	蘇力 均值	天兔 SD	蘇力 均值	天兔 SD	蘇力 均值	天兔 SD	蘇力 均值	天兔 SD	蘇力 均值	天兔 SD	蘇力 均值	天兔 SD	蘇力 均值	天兔 SD	蘇力 均值	天兔 SD
全倒	21	8	19	17	17	14	30	13	22	12	29	5	4	1	4	1
半倒	6	3	4	4	6	2	6	3	10	5	10	6	2	2	2	2
傾斜	9	4	10	9	3	1	12	5	9	3	9	4	3	3	1	3
小計	36	9	33	8	26	18	48	8	41	24	48	10	9	3	7	3
合計	69				74				89				16			

註：2 次颱風風倒率會重複計算風倒株，天兔颱風風倒株部分是蘇力颱風風倒株扶正後再倒伏。

結論

1. 選拔出耐熱及短暫淹水之低海拔牛樟品系，可降低高溫級強陣風雨危害，102 年度協助完成林務局 5 個林管處建立牛樟採穗園，未來可生產扦插苗提供造林用。102 年度提供苗木給中興大學新化林場 0.2 公頃造林。技術移轉給產業苗木 2 萬株，在新竹造林 4 公頃。
2. 選拔出生長快速的抗簇葉病之耐熱泡桐，可利用種子繁殖，降低以前泡桐用種根繁殖產生大面積感病的風險，未來可推薦為活化休耕地短伐期經濟樹種中之用材樹種。
3. 選拔出 3 個耐病蟲之速生桉樹品系，及降低風害的造林技術，發展組培增殖技術，快速育苗，協助在苗栗建立活化休耕地短伐期樹種示範區 1.5 公頃，以利政策推廣契作造林。協助中興大學新化林產 1 公頃造林。
4. 所選拔的耐熱品系在花蓮農地、苗栗休耕地、台南新化農場各建立示範區，有助於活化休耕地政策推廣時，給農民與契作產業選種參考的依據。

致謝

作者感謝農委會科技計畫編號：102 農科-14.1.2-森-G1 的經費支持。

引用文獻

- Ho, C-K. 2013. Selection, growing seedling, and demonstration afforestation. Forestry Research Newsletter. 20(4):29-35. (in Chinese)
- Ho, C-K., Y-S. Cheng, U-R. Shiu, and S-H. Chang. 2011. Seedling growing and plantation of *Cinnamomum kanehirae*. Agriculture of National Chung Shing University. 76:2-9.
- Tung G-S., and J. L. Salle 2010. Pest Alert-a Newly Discovered Invasion of Gall-forming Wasps, *Leptocybe invasa* (Fisher & La Salle), on *Eucalyptus* Trees in Taiwan. Formosan Entomologist. 30(3): 241-245.
- Wu, M-L., L-M Jaung, C-K. Ho, C-Y. Lee, and T-H. Hung. 2012. PCR Technique applied to the ecological study of Paulownia witches'-brood disease in Taiwan. Taiwan J For Sci. 27(4): 345-356.

Selection and Utilization of Stress Tolerant *Cinnamomum*, *Paulownia*, and Eucalyptus Hybrids

Cheng-Kuen Ho^{1,3}, Shu-Hwa Chang¹, Yung-Hsu Chen¹, Hsin-Hui Shih¹,
Chia-Chen Wu¹ and Jung Chen¹

Abstract

Annual value of production for mushroom and *Androdia cinnamomea* in Taiwan is about 8.5 billion NT dollars. The wood powder for this mushroom industry was 310 kilotons a year. With less 1% self-sufficiency ratio, the timber consumption is highly dependent on imports. To support mushroom and timber industries, fast growing trees planted in farm and plain land will become the major sources of logs in future. When industries invest afforestation of *Cinnamomum kanehirae* for *A. cinnamomea* fruit, *Eucalyptus* for mushroom and pulp, and *Paulownia* for timber, the climate adversity, such as long drought, flooding, and pathogen and insect attacks, will make great threat on these tree species, especially for some species that did not grow in plain. For selection of *C. kanehirae* with stress tolerance, we propagated the hot tolerant trees growing in plains, and hybrids of *C. kanehirae* x *C. camphor* as well. For selection of *Eucalyptus*, we micro-propagated 2 hybrids of *E. urophylla* x *grandis* introduced from China and 5 clones of *E. camaldulensis* that might resist *Cryptosporiopsis eucalypti* and gall-forming wasps. For selection of *Paulownia*, we propagated hybrids of *P. taiwaniana* cross to *P. fortunei* with witches' broom tolerance introduced from China. The mass-propagation including tissue cultures and cutting have developed, and thousands of propagules of these clones were produced for afforestation in Kuanfu, Hualien (a 4 ha farm belonging to Taiwan Sugar Corporation), and in Miali (a 1.5 ha fallow land). These two sites were under 3 typhoons (Soulik, Kongrey, Usagi) attack in 2013. Clones with climate adversity were selected, including 2 hybrids of *C. kanehirae* x *C. camphor*, and 4 clones of *C. kanehirae*, 2 hybrids of *E. urophylla* x *E. grandis* and 1 clones of *E. camaldulensis*, and 1 *Paulownia* hybrids. After one year plantation in stress field, these tree species with stress tolerance were confirmed. *C. kanehirae* clones increased 20% survival rate. Introduced *Eucalyptus* clones resist wasps and had the similar biomass as a superior clone without resistance previously selected. Plantation densities at 3x3 m as

replaced with 2x2 m used traditionally reduced wind damage up to 58%. *Paulownia* Pg clone with hot tolerance grew fast compare to non of native Taiwan *Paulownia* trees survived.

Keywords: Climate adversity, Races with tress tolerance, Self-sufficient rate of timber, Tree species for mushroom and timber.

1 Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture.

2 Division of Silviculture, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture.

3 Corresponding Author, Email: ckho@tfri.gov.tw ; Tel: 04-23039978#2002.