

抗耐逆境短伐期樹種造林試驗

◎林業試驗所育林組・何政坤 (ckho@tfri.gov.tw)、張淑華

臺灣木質材料需求量約為529萬立方公尺，年伐採量僅5~6萬立方公尺，木材自給率僅為0.45%(陳麗琴等，2012)。此一木材需求量並未統計臺灣菇木消耗量，臺灣使用菇木生產鮮菇在2010年的產值高達73.3億元(陳宗明，2011)，根據梁志欽等(2011)從臺灣菇類生產量14萬噸鮮菇/年，估計菇木用材消耗量年達35萬噸，這些木材伐採量多來自農牧用地，並未統計在國有林的伐採量。要提高木材自給率，最快速方法就是選擇短伐期高經濟樹種造林！

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、淹水與入侵病蟲害對造林產業影響重大。牛樟、泡桐與雜交桉為臺灣重要經濟樹種，牛樟為培育牛樟芝的原料，產值約為12億元，一般造林5年的存活率僅約50%(Ho et al. 2010)。泡桐曾為臺灣的綠色黃金，造林8年即可伐採，每立方公尺材積高達2萬元，因簇葉病使產業消失(楊政川等，1997)，原栽培區在海拔600~900公尺，選拔耐熱病品系，可增加農民造林誘因。雜交桉為活化休耕地之短伐期經濟造林樹種，據調查產業需求面積達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早期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：牛樟往低海拔造林存活率與生長量分別降低至50與20%，病蟲害使泡桐降低至20與80%，病蟲害與風害使桉樹降低至50與80%，選拔耐逆境品種可調適其存活率與提高生長量，促進農民與產業造林。

耐逆境樹種苗木來源與培育

一、耐枝癭釉小蜂桉樹品系引種與育種

耐蟲品系尾巨桉#22與#29係由鍾永立先生引種自中國大陸，是大陸造林面積最大的品種，雖會遭釉小蜂感染但不會在枝葉造癭，擴大蟲害發生。尾葉桉#2與#3為臺糖新化造林20年伐採萌芽更新單株未受蟲害優勢木，經組織培養培育苗木。對照品種包括赤桉、巨尾桉與赤巨桉，赤桉系列是楊政川等(1996)利用組培繁殖赤桉6號種源與單親後裔試驗保存的優良組培營養系，其中赤桉#48為基改的模式與技轉品系，巨尾桉原稱雜交桉(玫瑰桉×尾葉桉)，為在臺灣造林表現最佳品種(陳正豐等1995)，赤巨桉#43在西部蟲害嚴重，但在花蓮蟲害不嚴重，造林表現最佳(鍾振德等，2012)。

所有造林苗木均來自組織培養苗，組培苗從健化至可出栽苗高30公分約需3~4個月，夏季育苗時間可縮短成3個月。惟組培苗培育成本較高，因此培育成30公分軟鉢苗後，可剪成3~5公分之每葉或對葉節段，進行微扦插，每株苗可剪穗繁殖8株扦插苗，約每3個月採穗1次。釉小蜂對桉樹危害率分成4級，無蟲害發生為0級，整株葉片受害數少且不影響高生長為1級，葉片受害數中等為2級，葉片多數受害嚴重影響植株生長為3級(圖1)，調查造林4區集各10株之平均級數做為蟲害發生率。



圖1 在花蓮區發生3級蟲害之赤巨桉#43，嚴重影響林木生長(何政坤 攝)

二、耐熱牛樟品系

係從低海拔營養系檢定中選拔耐熱品系，經組織培養培育成苗。另外早期從林務局玉里苗圃之牛樟種子園胚培養苗發現之牛樟×樟樹雜交種，利用組織培養大量繁殖1年生組培苗。雜交苗具有雜交優勢，繁殖率高，幼苗生長快速，推估比牛樟具有耐熱性。

三、耐簇葉病泡桐品系

1989年自中國大陸貴州引種泡桐，在簇葉病發生疫區檢定具耐病特性(楊政川等，1997)，以本品種與原生白桐、臺灣泡桐雜交，培育4雜交品系，經病原體感染確認具抗病之品系(吳孟玲等，2012)。2004年在古坑海拔60公尺造林生長表現佳，2009年採取古坑與蓮華池造林檢定之不同雜交泡桐品系的種子，培育種子苗進行耐熱檢定。

造林試驗區

一、花蓮光復農地海拔116公尺

面積約4公頃，造林日期2012年12月26日，造林期間經2013年7月13日中度颱風蘇力與9月21日強烈颱風天兔侵襲。風倒木以截幹處理，雖萌芽但存活率不佳，在2013年11月11日進行補植。栽植方式：桉樹品系包括：引種2桉樹與早期選拔桉樹8品系，重新選拔抗蟲2品系。牛樟品系包括3耐熱牛樟品系及2雜交品系。雜交泡桐包括5雜交品系及親本引種貴州種源泡桐與臺灣泡桐。試驗設計以完全逢機區集設計，重複4區集，每區集每品系栽植10株。本區原為臺糖農場，造林時以耕耘機整平，原則上地力應相當均勻，但栽植後，部分地區排水不良，地力差異頗大。栽植後，在植穴旁挖穴填入500克堆肥(中華紙漿木漿牌有機肥)與250克臺肥39號化學肥料。

二、苗栗水田休耕地海拔約110公尺

面積1.5公頃，第一批造林日期為2013年4月17日，以引進之抗蟲尾巨桉以2×4公尺栽植距離造林。第二次造林為2013年5月16日，將9種桉樹以4×2公尺先栽植後，將耐熱牛樟、泡桐品系及其他菇木樹種相思樹、楓香、杜英、臺灣赤楊、山黃麻等栽植於桉樹4公尺行距。本區水田已休耕長達10年以上，栽植時農民以耕耘機整平，分成5區，成階梯狀分布，每階梯落差達2~5公尺以上。栽植時未施肥，栽植半年後才於植穴周圍灑布250克堆肥與100克臺肥39號。

表1 不同桉樹品系在造林區春季調查桉樹釉小蜂危害率

桉樹品系	平均罹病級數		
	花蓮造林月份		苗栗造林月份
	6月	2~12月	5月
赤桉#K1	1.60	-	0.31
赤桉#K10	0.10	0.53	0.06
赤桉#K20	0.30	0.30	0.04
赤桉#K21	1.80	-	0.63
赤桉#K41	0.00	-	0.00
赤桉#48	2.00	-	0.67
尾葉桉#2	-	0.00	-
尾葉桉#3	-	0.00	-
赤巨桉#43	3.00	2.60	-
巨尾桉#38	0.90	-	-
尾巨桉#22	-	0.00	0.00
尾巨桉#29	-	0.03	0.00

註：新化區蟲害輕微，趨近零。

三、中興大學新化林場區海拔100公尺山坡地

面積1.5公頃，造林試驗設計同苗栗試區，2013年8月1日造林，當年經輕度颱風康芮強降雨侵襲，單日累積雨量達539公釐之創紀錄雨量。本區栽植時以怪手整地，坡度頗大，選擇較平緩區設計5區集。栽植時，植穴施以東農牌有機肥約100克。

耐逆境樹種造林表現

一、耐蟲害速生桉樹檢定

引種桉樹與早期選拔桉樹系列品系，在臺灣東、北、南3地區造林，新化區蟲害輕微，但花蓮與苗栗區蟲害較為嚴重，具有抗蟲之桉樹品系有赤桉#K41、尾葉桉#2、3，尾巨桉#22，耐蟲品系有尾巨桉#29，蟲害輕微品系為赤桉#K10與#K20，早期引種生長快速的尾巨桉與赤巨桉蟲害嚴重(表1)。

比較3地區造林11~12個月生長表現，以施有機肥加化肥的花蓮區生長最佳，其次為只施有機肥的新化，造林7~8個月後再施追肥的苗栗最差(表2)，以生長表現最佳的尾巨桉#22為比較，同樣造林11~12個月，其樹高各為 477 ± 65.3 公分、 352 ± 76.5 公分、與 241 ± 2.5 公分，差距都在1公尺以上，顯示基肥對桉樹生長影響顯著。追肥施得晚的苗栗區幾乎所有赤桉高生長都優於尾巨桉，新化區只施有機肥，赤桉生長與尾巨桉生長相當，顯示赤桉對肥力的反應較不敏感，也較能適應貧瘠的土壤。依據陳正豐桉樹材積公式計算花蓮區造林18個月的尾巨桉#22材積3.44立方公尺/公頃最高，其次為尾巨桉#29的材積2.69立方公尺/公頃，而赤巨桉#43材積2.06立方公尺/公頃，赤桉僅1.26~1.65立方公尺/公頃，顯示引種的2種尾巨桉可取代早期引種的雜交桉系列，組培苗直接造林又比扦插苗生長佳，造林1.5年，樹高可達9公尺(圖2左)。施肥較晚的苗栗區以早栽植1個月，造林13個月的尾巨桉#29與#22生

表2 耐逆境樹種在3栽培區造林月齡的生長表現(單位:公分)

樹種	初植	苗栗		新化		花蓮		
		12月	13月	11月	11月	18月		
		追肥		基肥 (有機肥)		基肥(有機肥+化肥)		
		樹高	樹高	樹高	樹高	胸徑	樹高	胸徑
赤桉#K1	20 ± 6.4	238 ± 5.6	-	343 ± 57.1	-	-	-	-
赤桉#K10	33 ± 5.5	267 ± 9.2	-	321 ± 21.3	349 ± 29.6	2.8 ± 0.2	512 ± 22.1	4.4 ± 0.4
赤桉#K20	35 ± 0.5	283 ± 31.4	-	303 ± 10.3	389 ± 111.9	3.5 ± 0.8	524 ± 80.6	4.9 ± 1.0
赤桉#K21	54 ± 5.5	321 ± 56.5	-	297 ± 60.6	-	-	-	-
赤桉#K41	38 ± 13.0	302 ± 36.4	-	292 ± 89.9	-	-	-	-
赤桉#48	27 ± 3.0	219 ± 6.9	-	265 ± 70.6	-	-	-	-
赤巨桉#43	-	-	-	-	461 ± 27.7	3.5 ± 0.1	597 ± 38.7	5.2 ± 0.5
巨尾桉#38	-	-	-	-	-	-	-	-
尾巨桉#22	25 ± 0.5	241 ± 2.5	398 ± 81.3	352 ± 76.5	477 ± 65.3	4.1 ± 0.5	598 ± 43.4	6.7 ± 0.7
尾巨桉#29	27 ± 6.4	209 ± 19.5	375 ± 47.8	324 ± 103.8	443 ± 85.0	3.8 ± 0.9	574 ± 62.9	6.0 ± 1.1
牛樟	26 ± 8.0	22 ± 21.4		77 ± 20.0	117 ± 7.4	-	161 ± 20.8	-
雜交牛樟	29 ± 5.2	48 ± 20.7		42 ± 23.1	72 ± 16.3	-	88 ± 18.6	-
雜交泡桐	20 ± 3.6	138 ± 28.3		308 ± 39.2	230 ± 102	4.7 ± 2.5	274 ± 129	4.8 ± 2.6



圖2 尾巨桉造林表現：花蓮尾巨桉組培苗造林1.5年，樹高9公尺(左，許家倫 攝)、苗栗區造林13個月(中，何政坤 攝)及新化區造林11個月(右，林欣德 攝)

長較快，樹高各為 375 ± 47.8 公分與 398 ± 81.3 公分，林相優美(圖2中)，已被水保局相中為農業活化示範區，正進行展示規劃工程，預計2014年底將可完工。桉樹在3地區中，苗栗區的生長最差，主要原因是該區為休耕水田，土壤有硬盤，引種尾巨桉根系僅能在表層30公分

處生長，但根系分佈寬達2公尺(圖3左)，而栽植在行間的楓香根系仍保留在原栽培土內(圖3右)。楓香初植苗高為 108 ± 6.6 公分，在該區栽植1年後苗高反而下滑至 105 ± 9.1 公分，顯示休耕水田的土壤是造林的極大限制因子，桉樹顯然是適合此區的造林樹種。



圖3 苗栗休耕水田區尾巨桉根系分布(左)，栽植在行間的楓香(中)根系無法伸展，仍維持在原容器土團(右)(何政坤 攝)



圖4 牛樟耐熱品系(左)與雜交牛樟(右)在花蓮區造林1.5年之高生長(許家倫 攝)

二、耐熱牛樟品系檢定

牛樟在3地區的表現以花蓮區最佳，其次為新化，最差為苗栗區。花蓮區造林1.5年，存活率93%，樹高平均 161 ± 20.8 公分，最高達225公分(圖4左)，雜交牛樟樹高 88 ± 18.6 公分，表現不如牛樟，主要原因是其春季抽芽期，蟲害齧食嚴重，存活率91%，未受蟲害的

植株樹高達190公分(圖4右)。牛樟在苗栗區的存活率極低僅8.7%，栽植1年苗高僅 22 ± 21.4 公分，雜交牛樟存活率為35.4%，苗高 48 ± 20.7 公分，顯示牛樟難以適應水田土壤。牛樟在新化區存活率89%，栽植11個月苗高 72 ± 16.3 公分，而雜交牛樟存活率53%，苗高 42 ± 23.1 公分，本區因在8月造林，生長3個月後即進入乾旱的冬季與初春，耐旱生長表現仍須觀察。



圖5 雜交泡桐在新化區造林11個月(左，林欣德攝)、在花蓮區造林1.5年(中，許家倫 攝)及在苗栗造林1年(右，何政坤 攝)

三、耐病熱雜交泡桐生長表現

耐病熱泡桐在3地區造林，以新化區造林表現最佳，存活率100%，造林11個月，樹高 308 ± 39.2 公分(圖5左)，其次為花蓮區存活率87.5%，樹高 274 ± 129 公分，標準差大，主要是該區土壤與積水變異大，在地力較佳的區集樹高達 519 ± 111 公分，胸徑 8.1 ± 2.7 公分，樹高略矮於桉樹，但胸徑大1.4公分以上(圖5中)，本區栽植的對照品種臺灣泡桐，全部死亡，顯示雜交品種具有耐熱特性。苗栗區泡桐生長困難，存活率僅2.1%，栽植1年樹高 138 ± 28.3 公分(圖5右)。

結論

桉樹、牛樟與泡桐是生長快速的樹種，也是產業需求的樹種，農地與山坡地將成為造林的主要區域。全球氣候逆境壓力越來越

頻仍，耐熱澇與耐病蟲的特性，將為未來造林的育種目標。花蓮光復鄉部分地處低窪，目前能耐澇的樹種為桉樹、臺灣赤楊，其次為雜交牛樟。苗栗休耕水田在強降雨時土壤呈泥漿，乾旱時堅硬，目前以桉樹與山黃麻最能適應，其他樹種適應頗難。引種尾巨桉具有耐抗釉小蜂，在施肥條件下，比早期選拔的桉樹品系表現都佳，可作為休耕水田推薦的樹種。雖然桉樹耐旱澇強，桉樹生長越快，抗風力就越弱，施肥與降低栽植密度的控制可提高抗風力，兼具培養大徑材及降低栽植的施肥成本。牛樟是生技業投資造林面積最多的樹種，目前造林多在淺山區，耐熱品系尤其需要，目前所選拔的3個營養系，除休耕水田外，在淺山坡初期存活率高，惟仍須持續觀察。耐病熱泡桐在花蓮與新化都生長快速，抗風力比桉樹強，頗有潛力。⊗