

研究報告

大戟科能源植物麻瘋樹屬、油桐屬及烏柏屬 之嫁接性質探討

洪聖峰¹ 馬復京¹ 游漢明^{2,*}

【摘要】以千年桐為砧木進行油桐類嫁接，成活率分別為千年桐 $25.00 \pm 0.29\%$ 至 100% ，三年桐 $18.18 \pm 0.25\%$ 至 $63.64 \pm 0.28\%$ ；千年桐2月份嫁接總成活率 $60.63 \pm 26.03\%$ ，明顯高於4月份的 $11.11 \pm 0.19\%$ ($P=0.002$)。千年桐嫁接當年可開雄花，隔年即可開雌花並順利結果。三年桐嫁接於千年桐無不親合性，其嫁接成活率為 $47.32 \pm 19.23\%$ ，雖低於千年桐嫁接千年桐的 $60.63 \pm 26.03\%$ ，但差異不顯著($P=0.1112$)。石栗作為油桐類砧木必需夠成熟，木質化程度不足將導致高死亡率；以高接方式嫁接千年桐於3年生定植木上，頂芽劈接與側枝高接成活率沒有顯著差異，成活率分別為 $76.32 \pm 0.19\%$ 及 $71.43 \pm 0.06\%$ ；一年生石栗砧木嫁接成活率則僅約 20% - 40% 。因砧木死亡導致嫁接不成活之比例，千年桐占了 43% ，三年桐 34% ；故油桐嫁接於石栗之應用性尚未能證實。麻瘋樹屬植物容易嫁接，種內及種間嫁接均無障礙，嫁接成活率可達 100% ，在非適期亦可達 70% 以上，不成活主要原因為砧木部份發生萎凋或死亡；嫁接當年即可開花，惟可能掛葉數量少使著果不良。烏柏屬對於嫁接適期要求較高，春季2-3月份嫁接成活率可達 9 成以上，其它月份則明顯下降，最高僅有 50% 左右，嫁接後隔年即可開花結果。

【關鍵詞】能源植物、嫁接、麻瘋樹屬、烏柏屬、油桐屬

Research paper

Study on The Nature of Grafting of Euphorbiaceae energy plants including *Jatropha*, *Aleurites* and *Sapium*.

Sheng-Feng Hung¹, Fu-Ching Ma¹, Han-Ming Yu^{2,*}

【Abstract】Inter- and intra-grafting among species of *Aleurites* genus was carried out. When *A. montana* was used as a stock, the survival rates of *A. montana* ranged from $25.00 \pm 0.29\%$ to 100% ; whereas those of *A. fordii* ranged from $18.18 \pm 0.25\%$ to $63.64 \pm 0.28\%$. The total survival rates of grafting onto *A. montana* in February was $60.63 \pm 26.03\%$, significantly higher than the $11.11 \pm 0.19\%$ ($P = 0.002$) of grafting in April. The grafted *A. montana* began to blossom male flowers the same year, and in the next year

1. 行政院農業委員會林業試驗所育林組助理研究員。

Assistant Researcher, Silviculture Division, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture.

2. 林業試驗所六龜研究中心研究員兼主任，通訊作者，E-mail:yhm@tfri.gov.tw。

Senior Scientist and chief, Liouguei Research Center, Taiwan Forestry Research Institute, Corresponding Author.

E-mail:yhm@tfri.gov.tw

female flowers would blossom and successfully bearing fruit. There was no appreciable incompatibility when *A. fordii* was grafted to *A. montana*, and although the survival rates of $47.32 \pm 19.23\%$ was lower than the $60.63 \pm 26.03\%$ of the same species grafting, the difference was not significant ($P = 0.11$). When *A. moluccana* was the rootstock, it had to be mature. Insufficiently lignified stock caused high rates of mortality. When *A. montana* was top work grafted to 3-year-old stocks, there was no significant difference in survival rates between the apical buds grafted and the lateral branches grafted, being $76.32 \pm 0.19\%$ and $71.43 \pm 0.06\%$, respectively. The 1-year-old *A. moluccana* stock, however, engendered survival rates of 20% to 40%. Mortality due to death of the stocks accounted for 43% and 34% of the *A. montana* and *A. fordii* cases, respectively. Thus the practicality of grafting tung-oil trees onto *A. moluccana* is unproven in this study. Species of *Jatropha* genus was easily grafted. There was no apparent impediment both intra- and inter-species grafting, with survival rates often reaching 100%, or better than 70% even in unsuitable period. Failures were mainly due to partial wilting or death of the stocks. The post-grafting scions would flower the same year. Probably due to the lack of leave numbers, fruiting would be poor, however. The grafting of *Sapium* genus had higher demand on optimal periods. Grafting during spring months of February-March entailed a survival rates of $> 90\%$, whereas in other months, the survival rates showed significant decreases with the best $< 50\%$. A year after grafting, the scions would blossom and bear fruit.

【Key words】energy plant, grafting, *Jatropha*, *Aleurites*, *Sapium*.

一、緒言

由於大量石化能源開採利用，不但即將面臨枯竭的狀況，且造成的汙染及暖化問題日益嚴重，逐漸喚醒人們開發替代的綠色能源，能源植物的種植就是其中重要一環。大戟科 (Euphorbiaceae) 植物中有許多種類被評定為具有潛力的樹種 (付玉杰及祖元剛，2006)，其中麻瘋樹 (*Jatropha curcas*) 生產質量俱佳，尤其備受矚目 (Foidl et al., 1996；Shah and Gupta, 2005)。

能源植物不應為糧食或飼料作物，栽培地也不能剝奪糧食生產用地，以避免糧食價格高漲或糧食不足。因此選擇在貧瘠地或逆境環境種植非食用能源植物，似乎成了能源作物栽培的基本要求。但是，能源植物也需要優良環境條件才能生長良好，也才可發揮生產潛能 (Burley and Griffiths, 2009)。因此，如何在條件較差的生育環境而保有高產能的栽培模式，抗逆境、高產新品種育成，是目前需要努力的方向。除了以育種方式實際改變生物遺傳因子產生的新品種，以對抗不良環境或病蟲害之外，

嫁接法所造成的新植株，本質上就是合併不同植株表現的複合植物，同時具有砧、穗來源母樹之特性，甚至產生stion新名詞 (楊世杰及盧善發，1995) 加以形容；除此之外，若再產生砧、穗交感作用，則可能產生更多有利的性狀表現。嫁接法是傳統農法之一，廣泛運用於農園種苗生產，主要優點包括1. 保持優良遺傳性狀，並達到一致表現；2. 迅速進入成年期；3. 嫁接組合表現，如矮化或增加抗性等；4. 操作簡便，不需昂貴設備。此法雖傳統，但在現今作物生產仍佔重要地位 (洪聖峰等，2007；洪聖峰等，2009)。

本研究選定麻瘋樹屬 (*Jatropha*)、油桐屬 (*Aleurites*) 及烏柏屬 (*Sapium*) 進行嫁接表現探討，期望能在能源植物研究發展之品系蒐集保存、快速品系比較、育種操作及栽培模式應用等工作項目中提供技術支援。

二、材料與方法

(一) 參試樹種及試驗組合
油桐屬 (*Aleurites*)

三年桐 (*Aleurites fordii*) 及千年桐 (*A. montana*) 以千年桐及石栗 (*A. moluccana*) 為砧木。

烏柏屬 (*Sapium*)

烏柏 (*Sapium sebiferum*)、山柏 (*S. discolor*) 及雜交種 (*S. discolor* × *sebiferum*) 以烏柏為砧木。

麻瘋樹屬 (*Jatropha*)

麻瘋樹 (*Jatropha curcas*) 種內嫁接 (C/C) 以及種間嫁接，試驗組合有裂葉麻瘋樹 (*J. multifida*) 嫁接於麻瘋樹上 (M/C)，棉葉麻瘋樹 (*J. gossypifolia*) 嫁接於麻瘋樹上及其反接 (G/C 及 C/G)，珊瑚油桐 (*J. podagrica*) 嫁接於麻瘋樹上及其反接 (P/C 及 C/P)。靠接組合有麻瘋樹與麻瘋樹靠接 (C·C) 及棉葉麻瘋樹與麻瘋樹靠接 (G·C)。

(二) 嫁接方法

本試驗除特別說明，均採用切接法 (*veneer grafting*)，在砧木主幹進行，接穗單面斜切，與砧木單面接合。接穗長約 2-3 cm，留 1-3 腋芽。試驗中高接法 (*top working*) 一般為切接法之高位操作，在砧木高位枝條進行，但石栗三年生定植苗嫁接千年桐則又分為頂芽劈接及側芽切接，前者於主幹頂部進行劈接 (*cleft grafting*)，後者於側枝進行切接。靠接法 (*approach grafting*) 為二完整植株，分別於主幹等高位置刻傷，再將二部密合包紮。

(三) 接穗來源、砧木類型及嫁接地點

千年桐：接穗採自六龜、鹿谷、惠蓀、三義、信賢、土城、太麻里第一工作站及依麻林道等地區的枝條，共有 20 株母樹，均為結果株，以石栗一年生苗、石栗三年生苗及千年桐一年生苗為砧木，總嫁接數 650 株；嫁接地點在嘉義市試驗地、林業試驗所台北育東樓頂、育西苗圃及烏來信賢苗圃等 4 處。

三年桐：接穗採自六龜、鹿谷、三義、新竹、信賢及土城等地區的枝條，共有 23 株母樹，以石栗一年生苗及千年桐一年生苗為砧木，均為結果株，總嫁接數 610 株；嫁接地點

在林業試驗所台北育東樓頂、育西苗圃及烏來信賢苗圃 3 處。

烏柏：採自金門、楊梅等地區及一個軟枝選系的枝條，共有 14 株母樹，以烏柏一年生苗為砧木，總嫁接數 760 株；嫁接地點在林業試驗所台北育東樓頂。

山柏：採自日月潭、蓮華池、石門水庫、信賢、福山等地區的枝條，共有 13 株母樹，以烏柏一年生苗為砧木，總嫁接數 175 株；嫁接地點在林業試驗所台北育東樓頂及烏來信賢 2 處。

烏柏屬雜交種：採自烏來之天然雜交株的枝條，僅 2010 年 4 月嫁接一次，總嫁接數 20 株；嫁接地點在林業試驗所台北育東樓頂。

麻瘋樹屬，含種內嫁接 C/C (高接)，種間嫁接 C/G、G/C、C/P、P/C 及 M/C，靠接法 C·C 及 G·C 等，麻瘋樹及棉葉麻瘋樹為採自全國各地區之種源，裂葉麻瘋樹購自田尾，珊瑚油桐為購自恆春地區實生苗之實生後裔，總嫁接數 79 株；嫁接地點在林業試驗所台北育東樓頂。

(四) 砧木來源及操作時間

石栗：採集自恆春及太麻里地區混合種子，經種子發芽培育之一年實生盆苗，株高約 30~60 cm，地徑約 0.8~1.2 cm。三年生定植苗為定植於嘉義市試驗地之三年生實生苗木，株高約 150~200 cm，地徑約 3~5 cm，來源為林試所恆春研究中心及太麻里研究中心第一工作站混合種子育成之苗木。

烏柏：採種自臺灣地區混合種子之一年實生盆苗，株高約 30~50 cm，地徑約 0.5~1.0 cm。

麻瘋樹：採自金門地區種子所播種之一年生盆苗進行靠接試驗，株高約 20~30 cm，地徑約 1.0~2.0 cm；購自彰化田尾之三年生扦插大盆苗進行切接 (高接) 試驗，株高約 80~100 cm，地徑約 8~10 cm。

棉葉麻瘋樹：採自雲嘉地區種子所播種之二年生盆苗供試，株高約 40~60 cm，地徑約 1.5~2.5 cm。

珊瑚油桐：購自恆春地區之二年生實生盆苗供試，株高約30~40 cm，最大徑約5~10 cm。

操作時間：因為調查模式及砧木育苗介質、批次不同，概分為二試驗期。第一期為2010年2-3月，包含油桐類嫁接（以千年桐為砧木）、千年桐嫁接（以三年生定植石栗為砧木）及烏桕嫁接（以烏桕為砧木）。第二期為2010年4月-2011年3月，包含油桐類嫁接（以幼齡石栗盆/袋苗為砧木）、烏桕屬嫁接（以烏桕為砧木）及麻瘋樹屬之各種組合嫁接。

(五) 資料分析

成活狀況調查，資料在嫁接後調查至少3個月為依據，試驗第一期記錄砧、穗徑粗及成活與否，第二期則依每株狀況不同，紀錄為A：正常成活；B：未知原因成活後穗部又枯死；C：標準型未成活，接穗死亡，砧木仍存活；D：已成活，但砧木漸枯死亡，導致成活後之接穗亦隨後凋亡；E：未達成活即砧穗雙亡。調查資料以Excel軟體初步整理，再以CoStat軟體進行ANOVA分析，所有處理均視為單因子完全隨機試驗，並以Excel或SigmaPlot軟體進行製表及繪圖。

三、結果

在本試驗中採用的砧、穗的粗細範圍內，徑粗與成活率呈現不同程度之正相關，也就是砧、穗越粗壯，嫁接成活率有越高的趨勢。以砧木徑級 (mm) 為X變數，成活率 (%) 為Y變數的條件下進行相關分析，結果如圖1，以千年桐 ($r=0.438$, $P=0.117$)、烏桕 ($r=0.800$, $P=0.002$) 及石栗 ($r=0.675$, $P=0.096$) 做為砧木，都顯示越粗越好。以穗條徑級 (mm) 為X變數，成活率為Y變數的條件下，結果如圖2，以千年桐 (千年桐為砧 $r=0.217$, $P=0.477$ ；石栗為砧 $r=0.449$, $P=0.312$)、烏桕 ($r=0.869$, $P=0.001$) 及三年桐 ($r=0.941$, $P<0.0005$) 做為接穗，亦都顯示越粗越好。其中以烏桕的徑級對成活率之線性關係最為明顯，其砧木 ($r=0.800$) 與接穗 ($r=0.869$)

均達1%以上之顯著水準。另外，三年桐接穗徑級與成活率 ($r=0.941$) 之線性關係亦達1%以上之顯著水準。其他雖未達顯著水準，但仍顯示正相關。

千年桐9個採穗母樹，來源間成活率差異顯著，AMT18及AMT20母樹採集之穗條，接穗成活率最高，達100%；AMT14最低，僅為 $25.00 \pm 0.29\%$ (表1)。三年桐10個採穗母樹，穗條來源與接穗成活率亦差異顯著，AFD15及AFD23母樹採集之穗條，接穗成活率最高，均為 $63.64 \pm 0.27\%$ ；AFD19最低，僅達 $18.18 \pm 0.25\%$ (表2)。烏桕18個採穗母樹，穗條來源間成活率差異顯著，SSB03及SSB10的母樹穗條，接穗成活率最高，達100%；SSB17最低為 $65.00 \pm 0.10\%$ (表3)。千年桐嫁接於石栗以側枝高接和頂芽劈接兩種方法進行試驗，其成活率分別為 $76.32 \pm 0.19\%$ 及 $71.43 \pm 0.06\%$ ，無顯著差異 (表4)。

千年桐主要試驗於2月進行嫁接，另於4月小量試驗作為比較，此時採穗母樹已經開花著果。其成活率分別為 $60.63 \pm 26.03\%$ 及 $11.11 \pm 0.19\%$ ，4月份顯著低於2月份 (圖3)。千年桐2月份總嫁接成活率 $60.63 \pm 26.03\%$ ，三年桐 $47.32 \pm 19.23\%$ ，兩者之間差異不顯著 ($P=0.1112$)。種間嫁接組合的三年桐嫁接於千年桐並沒有觀察到嫁接不親合現象 (incompatibility)。

2010/04-2011/03全年之嫁接成活率 (即A部分) 偏低，三年桐及千年桐僅約10%，烏桕及山柏僅約31% (圖5)，麻瘋樹最佳，達83%。未成活部分細分為B, C, D, E等4種狀況 (如材料與方法所述)，用以探討成活率偏低原因。其中B最高三年桐21%，最低麻瘋樹1%；C最高烏桕46%，最低麻瘋樹9%；D最高三年桐43%，最低烏桕2%；E除了麻瘋樹0%外，其餘在13%-26%之間。值得注意的是D的部分，因為砧木的狀況不良導致成活後又失敗的比例高，使整個成活率嚴重偏低，此現象尤其在油桐類特別明顯，如圖5所示，千年桐最高外，三年桐亦

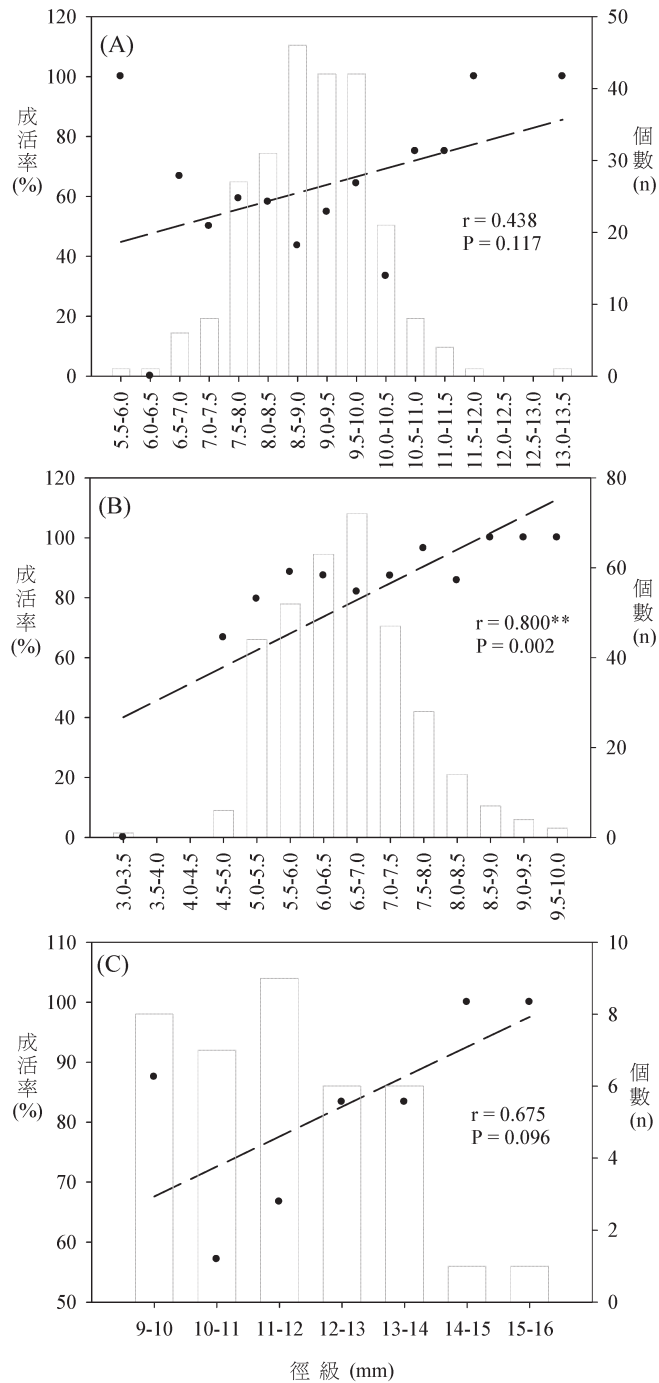


圖1. 能源植物嫁接所採用3種砧木之徑級與嫁接成活率關係

(A)千年桐 (B)烏柏 (C)石栗 (直方圖：嫁接個數；散佈圖：成活率)

Fig. 1. Relationships between the diameter classes of 3 stock species and the grafting survival rates. (A) *Aleurites montana*; (B) *Sapium sebiferum*; (C) *A. moluccana*. (The bar chart denotes number of grafts, and the scatter graph denotes survival rates.)

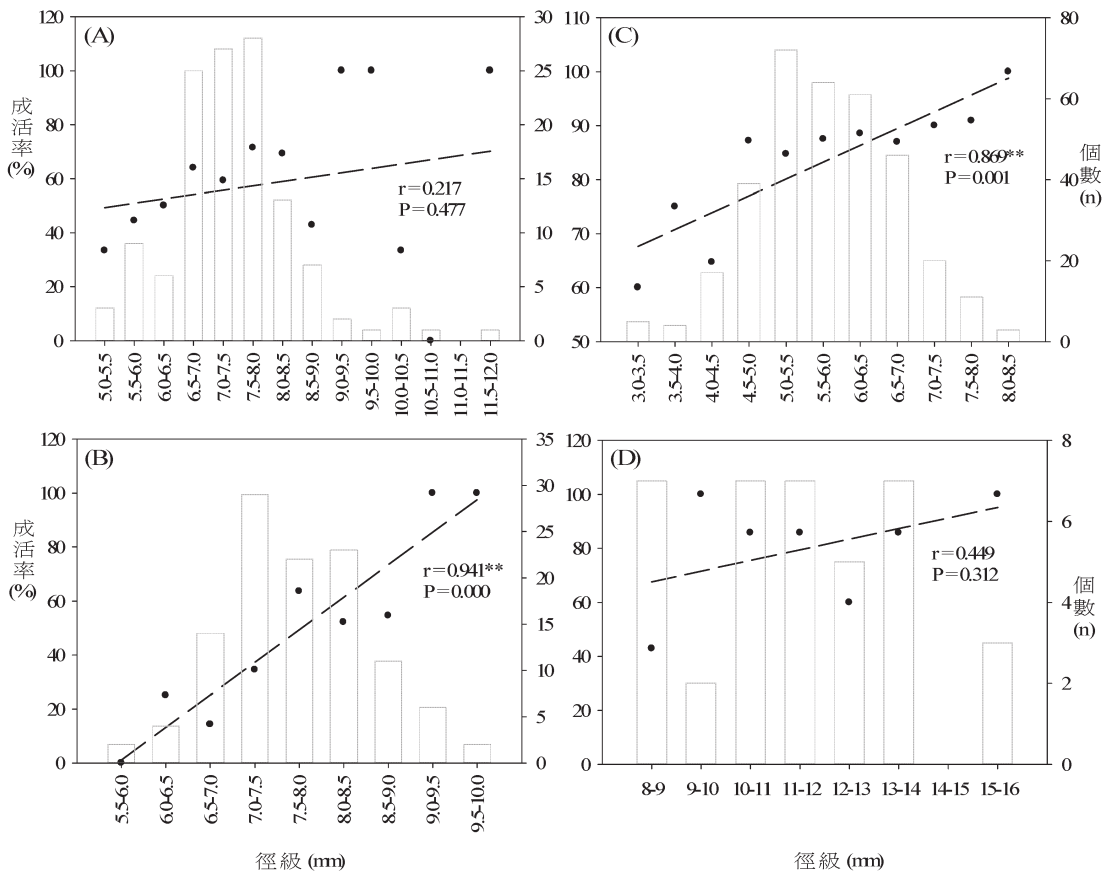


圖2. 能源植物4種嫁接組合之穗條徑級與嫁接成活率關係

4種嫁接組合以「接穗/砧木」表示為(A)千年桐/千年桐 (B)三年桐/三年桐 (C)烏柏/烏柏 (D)千年桐/石栗 (直方圖：嫁接個數；散佈圖：成活率)

Fig. 2. Relationships of the 4 combinations of scion diameter classes and the grafting survival rates. The 4 combinations are designed (A) *Aleurites montana*/*A. montana*; (B) *A. fordii*/*A. fordii*; (C) *Sapium sebiferum*/*S. sebiferum*; and (D) *A. montana*/*A. moluccana*. (The bar chart denotes number of grafts, and the scatter graph denotes survival rates.)

佔了34%。

麻瘋樹種內嫁接 (C/C) 成活率高，調查初期結果，2010/08/25及2011/07/14成活率均為100%，惟2011/07/14之麻瘋樹高接砧木整株枯死，其上之成活接穗也隨之凋亡，致最終成活率降至83.33%。種間嫁接參試組合有裂葉麻瘋樹嫁接於麻瘋樹上 (M/C)，棉葉麻瘋樹嫁接於麻瘋樹上及其反接 (G/C及C/G)，珊瑚油桐嫁接於麻瘋樹上及其反接 (P/C及C/P)。結

果顯示2011/01/12 C/G嫁接成活率75±25%，2010/09/28 C/P成活率72.22±25.46%之外，其餘組合均為100%成活，包含2010/08/25 P/C、2010/08/25 G/C、2011/03/22 M/C及2011/03/02 C/G (圖6)。

三年桐嫁接於石栗砧木，實際成活率最高之接穗來源是AFD13，為44.44±38.49%，最低是0%，包含AFD20、AFD24、AFD25、AFD11、AFD04、AFD07、AFD08及AFD09。

表1. 千年桐不同品系穗源之嫁接成活率之比較

穗源品系選自台灣本島地區，以千年桐為砧木，品系間成活率最高100%，最低25%，有顯著差異。

Table 1. Grafting survival rates of different scion sources of *Aleurites montana*. The scions all originated within the island of Taiwan and *A. montana* was the stocks. The inter-scion survival rate maximum was 100%, and minimum 25%, there were significant difference.

穗源編號*	接穗來源	成活率 (%)	平均徑級 (mm)	
			砧木	接穗
AMT18	惠蓀4	100.00±0.00 ^{a**}	8.32±0.67	7.54±0.51
AMT20	惠蓀6	100.00±0.00 ^a	8.62±1.17	7.06±0.76
AMT15	惠蓀1	87.50±0.25 ^{ab}	8.13±0.90	7.45±0.93
AMT08	三義4	62.50±0.25 ^{bc}	8.66±0.74	7.41±0.45
AMT17	惠蓀3	55.56±0.42 ^{bcd}	8.65±1.55	7.42±1.33
AMT19	惠蓀5	53.85±0.38 ^{bc}	9.39±1.30	8.58±1.82
AMT28	依麻林道	50.00±0.12 ^{cd}	9.16±1.08	7.19±1.02
AMT16	惠蓀2	44.44±0.08 ^{cd}	8.78±1.24	7.05±0.55
AMT14	東勢	25.00±0.29 ^d	8.49±1.29	7.24±0.59

*接穗種源排序以成活率為依據 Coding for scions was based on their survival rates.

**數據成對LSD差異顯著性比較，P < 0.05. Significant LSD difference comparisons of paired data, p < 0.05. °

表2. 三年桐不同品系穗源之嫁接成活率之比較

穗源品系選自台灣本島地區，以千年桐為砧木，品系間成活率最高64%，最低18%，有顯著差異。

Table 2. Grafting survival rates of different scion sources of *Aleurites fordii*. The scions all originated within the island of Taiwan and *A. montana* was the stocks. The inter-scion survival rate maximum was 64%, and minimum 18%, there were significant differences.

穗源編號*	接穗來源	成活率 (%)	平均徑級 (mm)	
			砧木	接穗
AFD15	三義2	63.64±0.27 ^{a**}	9.30±1.20	7.86±0.77
AFD23	鹿谷6	63.64±0.27 ^a	9.04±0.58	7.89±0.80
AFD24	鹿谷7	63.64±0.28 ^{ab}	9.05±0.88	7.93±0.86
AFD20	鹿谷3	63.64±0.28 ^{ab}	9.00±0.67	8.05±0.52
AFD18	鹿谷1	57.14±0.38 ^{ab}	9.23±0.91	7.32±0.77
AFD21	鹿谷4	54.55±0.43 ^{ab}	8.83±0.64	7.92±0.54
AFD22	鹿谷5	36.36±0.08 ^{ab}	8.88±1.04	7.90±0.78
AFD26	鹿谷9	27.27±0.21 ^{ab}	9.74±0.77	7.85±0.74
AFD17	三義4	20.20±0.25 ^b	8.49±1.37	7.51±1.29
AFD19	鹿谷2	18.18±0.25 ^b	8.72±0.95	7.31±0.66

*接穗種源排序以成活率為依據 Coding for scions was based on their survival rates.

**數據成對LSD差異顯著性比較，P < 0.05. Significant LSD difference comparisons of paired data, p < 0.05. °

表3. 烏柏不同品系穗源之嫁接成活率之比較

穗源品系選自金門地區，以烏柏為砧木，品系間成活率最高100%，最低65%，有顯著差異。

Table 3. Grafting survival rates of different scion sources of *Sapium sebiferum*. The scions all originated within the island of Kinmen and *S. sebiferum* was the stocks. The inter-scion survival rate maximum was 100%, and minimum 65%, there were significant differences.

穗源編號*	接穗來源	成活率 (%)	平均徑級 (mm)	
			砧木	接穗
SSB03	林務所3	100.00 ± 0.00 ^{a**}	6.75 ± 0.73	5.85 ± 0.44
SSB10	吳厝大果2	100.00 ± 0.00 ^a	5.92 ± 0.43	5.34 ± 0.49
SSB11	吳厝小果1	95.00 ± 0.10 ^{ab}	6.25 ± 0.84	5.75 ± 0.54
SSB02	林務所2	95.00 ± 0.10 ^{ab}	6.75 ± 0.73	6.13 ± 0.50
SSB23	舊金城牆	95.00 ± 0.10 ^{ab}	7.61 ± 0.89	6.85 ± 0.77
SSB13	歐厝1	90.00 ± 0.12 ^{abc}	6.47 ± 0.81	5.80 ± 0.76
SSB09	吳厝大果1	90.00 ± 0.12 ^{abc}	6.43 ± 0.91	5.89 ± 0.93
SSB21	沙美1	90.00 ± 0.12 ^{abc}	6.36 ± 1.09	5.88 ± 0.94
SSB14	歐厝2	90.00 ± 0.12 ^{abc}	6.67 ± 0.44	5.69 ± 0.55
SSB18	陽翟2	85.00 ± 0.10 ^{abcd}	6.60 ± 0.89	6.04 ± 1.02
SSB20	後浦2	85.00 ± 0.19 ^{abcd}	6.15 ± 1.09	5.83 ± 1.09
SSB08	林務所晚熟2	80.00 ± 0.23 ^{abcd}	8.83 ± 1.02	6.61 ± 0.67
SSB19	後浦1	80.00 ± 0.16 ^{abcd}	6.00 ± 0.71	5.44 ± 0.31
SSB15	歐厝3	75.00 ± 0.25 ^{bcd}	7.43 ± 1.12	6.09 ± 0.73
SSB22	沙美2	75.00 ± 0.19 ^{bcd}	5.78 ± 0.60	4.86 ± 0.71
SSB16	歐厝4	70.00 ± 0.26 ^{cd}	7.25 ± 0.60	6.75 ± 0.50
SSB17	陽翟1	65.00 ± 0.10 ^d	6.26 ± 0.83	4.33 ± 0.70

*接穗種源排序以成活率為依據 Coding for scions was based on their survival rates.

**數據成對LSD差異顯著性比較， $P < 0.05$. Significant LSD difference comparisons of paired data, $p < 0.05$.

表4. 千年桐嫁接砧木不同位置枝條之成活率之比較

2010年以高接方式嫁接於3年生定植石栗，嫁接部位含主幹頂端及側枝2種，2者間無顯著差異。

Table 4. Grafting survival rates of *Aleurites montana* onto a stock tree at different grafting sites. In 2010, *A. montana* was graft as top work onto 3-year-old planted *A. moluccana* stocks. The sites of grafting included apex and lateral positions. There was no significant difference between them.

嫁接位置	成活率 (%)	平均徑級 (mm)	
		砧木	接穗
側枝高接	76.32 ± 0.19 ^{a*}	17.33 ± 2.21	11.47 ± 1.99
頂芽劈接	71.43 ± 0.06 ^a	15.55 ± 3.58	16.66 ± 2.43

*數據成對LSD差異顯著性比較， $P < 0.05$. Significant LSD difference comparisons of paired data, $P < 0.05$.

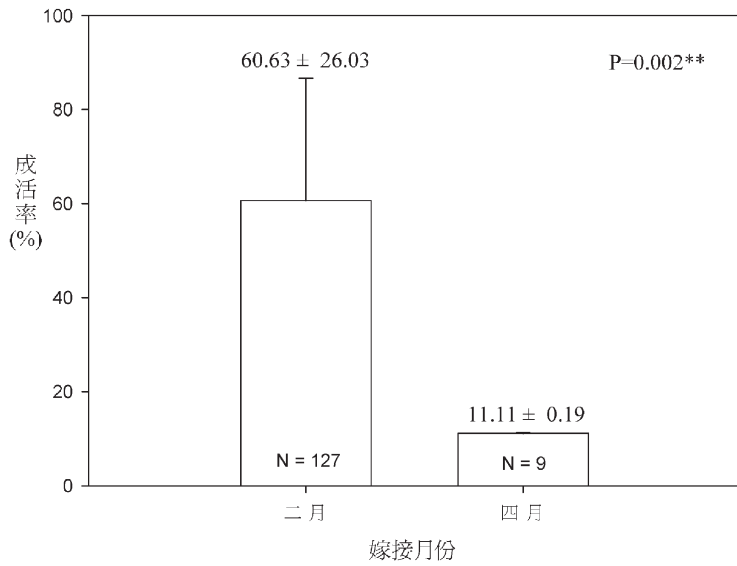


圖3. 千年桐不同嫁接月份之成活率比較

2010年以千年桐種內嫁接資料進行比較，2月份成顯著高於4月份。

Fig. 3. Grafting survival rates of *A. montana* grafted in different months. The comparisons were based on 2010 data of intraspecific grafting and Feb. results were significantly higher than the April ones.

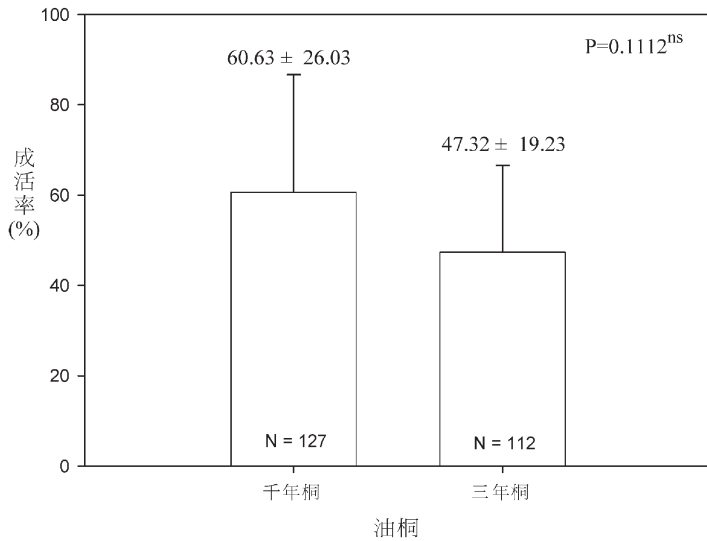


圖4. 兩種油桐嫁接之成活率比較

以2010年2-3月份千年桐及三年桐嫁接資料進行LSD差異性比較，砧木均為千年桐，顯示二者成活率差異不顯著。

Fig. 4. Grafting survival rates of 2 *Aleurites* species (*montana* vs. *fordii*). Comparisons were based on the data of Feb.-Mar. 2010 data and the LSD comparisons indicated that there was no significant difference between the 2 species.

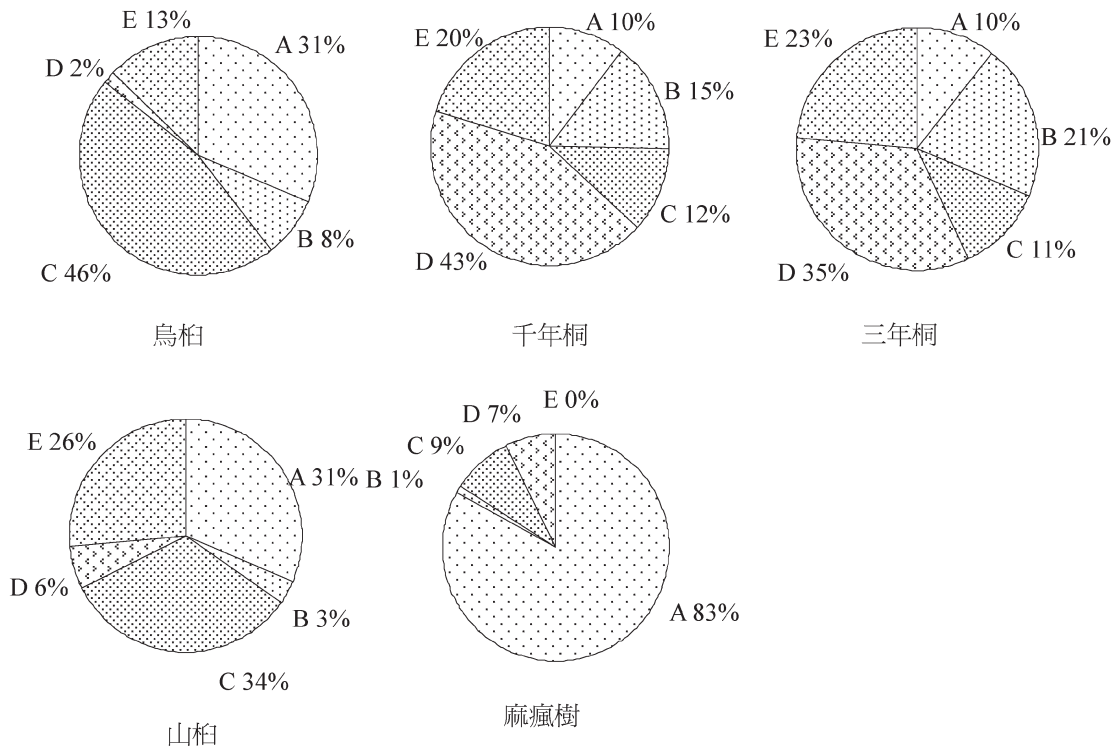


圖5. 能源植物嫁接組合之嫁接後反應

5種嫁接組合(接穗/砧木)分別為烏柏/烏柏、千年桐/石栗、三年桐/石栗、山柏/烏柏及麻瘋樹/麻瘋樹。嫁接後5種反應為A.) 正常成活; B.) 未知原因成活後穗部又枯死; C.) 標準型未成活, 接穗死亡, 砧木仍存活; D.) 已成活, 但砧木漸枯死亡, 導致成活後之接穗亦隨後凋亡; E.) 未達成活即砧穗雙亡。

Fig. 5. Post-grafting responses of different energy plants under different combinations of scions/stocks, which were *Sapium sebiferum*/*Aleurites montana*, *A. montana*/*A. moluccana*, *S. discolor*/*S. sebiferum*, and *Jatropha curcas*/*J. curcas*, respectively. The responses were designated as A.) both survive normally; B.) scions survived but later died for unknown reasons; C.) standard non-survival with scion died and stock alive; D.) Survived first, then stock gradually died, causing scion to die as well; E.) both died with no sign of survival.

若將原本已成活, 因砧木死亡導致成活後又失敗(D)的部分加入(A+D), 則成活率最高之接穗來源是AFD13, 為 $83.33 \pm 50.92\%$; 最低是AFD04, 為 $20.00 \pm 14.43\%$ (表5)。

千年桐嫁接於石栗砧木, 實際成活率最高之接穗來源是AMT01, 為 $27.78 \pm 44.31\%$, 最低是0%, 包含AMT04、AMT05、AMT06及AMT08。若將原本已成活, 因砧木死亡導致成

活後又失敗(D)的部分加入(A+D), 則成活率最高之接穗來源是AMT01為 $76.30 \pm 21.87\%$, 最低是AMT06為 $35.00 \pm 15.06\%$ (表6)。

烏柏嫁接於烏柏砧木, A部分最高為SSB11達 $60.00 \pm 43.82\%$, 最低是SSB28為0%。A+D與A比較, 差異不似油桐類那麼大, A部分及A+D部分二者間最高、最低之種源及成活率相同(表7)。

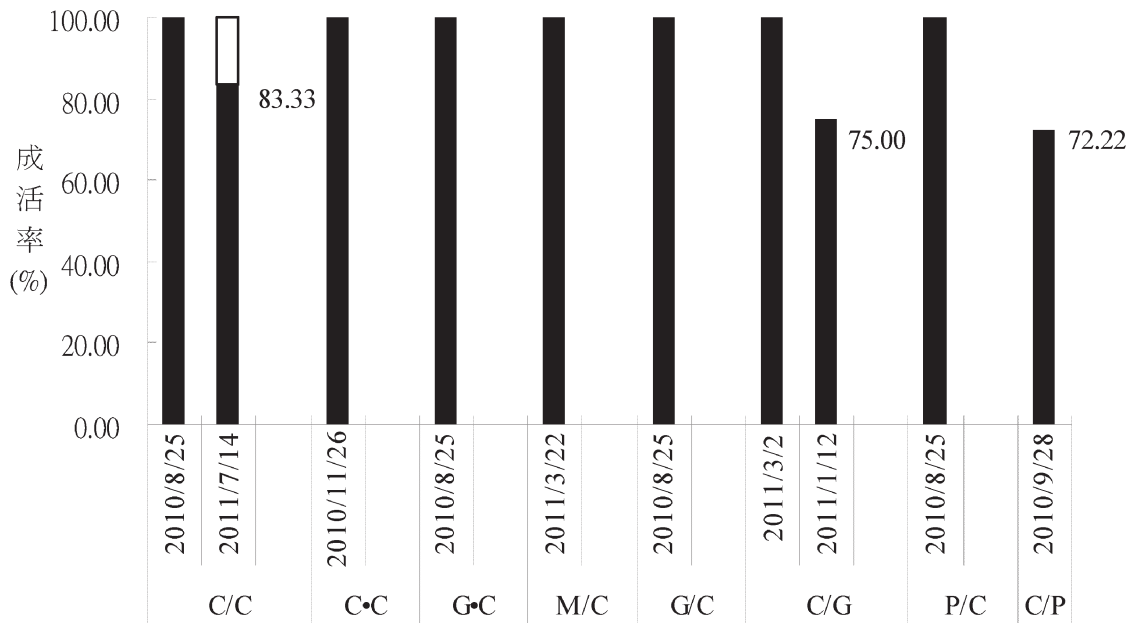


圖6. 麻瘋樹各種嫁接成活率

麻瘋樹屬種間嫁接8種組合，分別為麻瘋樹嫁接於麻瘋樹 (C/C)，裂葉麻瘋樹嫁接於麻瘋樹上 (M/C)，棉葉麻瘋樹嫁接於麻瘋樹 (G/C)，麻瘋樹嫁接於棉葉麻瘋樹 (C/G)，珊瑚油桐嫁接於麻瘋樹(P/C)，麻瘋樹嫁接於珊瑚油桐 (C/P)，麻瘋樹與麻瘋樹靠接 (C•C)，棉葉麻瘋樹與麻瘋樹靠接 (G•C)；其中麻瘋樹種內嫁接 (C/C及C•C) 原始成活率為100%，因為砧木萎凋或死亡導致2011/7/14之C/C降至83%。

Fig. 6. Grafting survival rates of 8 *Jatropha* genus combinations. These were *J. curcas* onto *J. curcas* (C/C); *J. multifida* onto *J. curcas* (M/C); *J. gossypifolia* onto *J. curcas* (G/C); *J. curcas* onto *J. gossypifolia* (C/G); *J. podagrica* onto *J. curcas* (P/C); *J. curcas* onto *J. podagrica* (C/P); *J. curcas* approach grafted to *J. curcas* (C.C); and *J. gossypifolia* approach grafted to *J. curcas* (G.C). Of these intra-*J. curcas* grafting (C/C and C.C) both had initial survival rates of 100%. By July 14, 2011, the C/C survival rate dropped to 83% because of the death of stocks.

山柏嫁接於烏柏砧木，實際成活率最高之接穗來源是SDC04及SDC01，為100%；最低為0%，包含日月SDC15、SDC11及SDC13。A+D與A比較，成活率最高的種源及數值不變，最低為SDC11，成活率6.67±11.55% (表8)。

以不同時間嫁接成活率A+D而言，千年桐最高出現在2月份，為71.33±27.85%；最低為40.00±17.06%，在9月份。三年桐最高出現在2月份為70.14±33.23%；最低為4.86±11.49%，在10月份。烏柏最高出現在3

月份為93.33±11.55%；最低為4.38±11.05%，在10月份。山柏最高出現在2月份為94.44±12.97%；最低為17.64±17.38%，在11月份 (表9)。

以不同地點嫁接成活率A+D而言，千年桐最高是育西苗圃69.13±27.31%，信賢苗圃次之58.63±22.91%，育東樓頂最低40.44±28.84%。三年桐與千年桐類似，最高是育西苗圃57.99±33.38%，信賢苗圃次之44.54±22.17%，育東樓頂最低

39.79 ± 35.45%。烏桕僅在育東樓頂進行 33.04 ± 38.51%，故無法比較。山桕僅在二處進行，最高是信賢苗圃 94.44 ± 12.97%，育東樓頂次之 20.83 ± 18.72% (圖7)。

四、討論

鄧先珍等 (2008) 進行烏桕嫁接繁殖技術研究，嚴格要求砧木於嫁接前3日充分澆灌後停止灌溉，至嫁接7日後始恢復灌溉，可見水

表5. 三年桐不同種源接穗之嫁接成活率

穗源品系選自台灣本島地區，以石栗為砧木，品系間成活率最高44%，最低0%。成活率低的原因主要來自砧木死亡，即D所代表之比值。

Table 5. Grafting survival rates of *Aleurites fordii* scions of different origins. The scions all originated within the island of Taiwan and *A. moluccana* was the stocks. The inter-scion survival rate maximum was 44%, and minimum 0%. The cause of low survival rates was death of stocks as indicated by D designation.

穗源編號	接穗來源	成活率 (%)			
		A*		A+D**	
AFD13	寶山4	44.44	± 38.49	83.33	± 50.92
AFD17	三義4	41.67	± 22.05	80.56	± 28.87
AFD12	寶山3	38.89	± 9.62	77.78	± 38.49
AFD29	五公山對面	38.33	± 28.64	66.67	± 22.46
AFD05	信賢5	23.81	± 41.79	62.36	± 28.41
AFD28	五公山右	22.22	± 38.49	61.90	± 22.05
AFD03	信賢3	21.43	± 39.34	59.52	± 25.65
AFD10	寶山1	19.44	± 17.35	58.33	± 33.33
AFD02	信賢2	16.67	± 28.87	55.56	± 30.21
AFD15	三義2	11.11	± 19.24	52.38	± 25.46
AFD27	五公山左	8.33	± 14.43	51.19	± 4.81
AFD06	信賢6	7.14	± 18.90	50.00	± 31.07
AFD19	鹿谷2	6.00	± 13.50	46.67	± 19.65
AFD23	鹿谷6	3.33	± 10.54	44.44	± 18.08
AFD18	鹿谷1	3.03	± 10.05	41.67	± 23.62
AFD20	鹿谷3	0	-	36.19	± 50.92
AFD25	鹿谷8	0	-	34.85	± 16.67
AFD11	寶山2	0	-	30.56	± 17.35
AFD08	土城2	0	-	30.00	± 10.33
AFD07	土城1	0	-	27.78	± 24.49
AFD09	土城3	0	-	23.00	± 21.91
AFD24	鹿谷7	0	-	20.33	± 32.23
AFD04	信賢4	0	-	20.00	± 14.43

A* : 實際成活率 Actual survival rate.

D** : 砧木死亡導致成活後又失敗的比率 Death of the stocks causing successful grafts to fail.

表6. 千年桐不同種源接穗之嫁接成活率

穗源品系選自台灣本島地區，以石栗為砧木，品系間成活率最高27%，最低0%。成活率低的原因主要來自砧木死亡，即D所代表之比值。

Table 6. Grafting survival rates of *Aleurites montanai* scions of different origins. The scions all originated within the island of Taiwan and *A.moluccana* was the stocks. The inter-scion survival rate maximum was 27%, and minimum 0%. The cause of low survival rates was death of stocks as indicated by D designation.

穗源編號	接穗來源	成活率 (%)			
		A*		A+D**	
AMT01	信賢1	27.78	±44.31	76.30	±21.87
AMT10	三義2	26.43	±23.42	75.37	±23.4
AMT21	五公山1	22.22	±24.65	70.28	±23.44
AMT25	五公山5	20.37	±26.06	70.00	±35.45
AMT02	信賢2	18.06	±21.35	68.10	±18.26
AMT13	三義5	16.50	±21.75	54.67	±35.21
AMT09	三義1	15.08	±13.94	52.67	±30.12
AMT19	惠蓀5	13.33	±15.12	51.11	±26.61
AMT27	五公山7	8.33	±17.68	50.00	±19.65
AMT24	五公山4	6.48	±13.03	46.67	±33.33
AMT23	五公山3	6.48	±13.03	46.30	±26.91
AMT03	信賢3	4.00	±8.94	43.33	±27.12
AMT26	五公山6	3.70	±11.11	42.86	±30.08
AMT04	信賢4	0	-	40.00	±42.43
AMT05	土城1	0	-	39.26	±17.89
AMT08	土城4	0	-	36.67	±19.66
AMT06	土城2	0	-	35.00	±15.06

A* : 實際成活率 Actual survival rate.

D** : 砧木死亡導致成活後又失敗的比率 Death of the stocks causing successful grafts to fail.

分管理對於嫁接成活有重要影響。洪聖峰等 (2009) 發現嫁接毛柿後遇雨會大幅度降低成活率，並針對灌溉因子對嫁接成活進行探討。其結果指出，砧木嫁接前2日至嫁接後4日期間灌溉，均明顯降低嫁接成活率。因此，未來在嫁接水分管理上值得進一步研究。嫁接期間水分過多，可能因根部逆境產生不利癒合的激素，如離層酸 (abscisic acid, ABA) (Dodd, 2007 ;

Dodd et al., 2008)，甚至因浸水導致根部受損。或因水分吸收過多，導致植物體內激素濃度平衡破壞，也可能由於過多導管液 (xylem sap)，使微生物滋生，影響癒合 (洪聖峰等，2009)。因此，土壤水分狀態至為重要 (Carson, 1974)，可直接影響嫁接成功與否，Gao and Long (2006) 指出核桃 (walnut) 嫁接時之土壤溼度宜保持在16%，高於17.5%或低於14.5%均產生不

表7. 烏桕不同種源接穗之嫁接成活率

穗源品系選自金門及台灣本島地區，以烏桕為砧木，品系間成活率最高60%，最低0%。

Table 7. Grafting survival rates of *Sapium sebiferum* scions of different origins. The scions all originated within the islands of Taiwan and Kinmen, and *S. sebiferum* was the stocks. The inter-scion survival rate maximum was 60%, and minimum 0%.

穗源編號	接穗來源	成活率 (%)			
		A*		A+D**	
SSB11	吳厝小果	60.00	±43.82	60.00	±43.82
SSB06	林務所6	50.00	±48.58	50.00	±48.58
SSB02	林務所2	44.00	±45.02	49.72	±45.41
SSB27	楊梅2	41.67	±22.05	48.00	±22.05
SSB26	楊梅1	38.89	±34.69	41.67	±34.69
SSB09	吳厝大果	36.00	±45.02	38.89	±45.02
SSB31	種畜3(軟枝)	33.06	±19.90	36.00	±17.21
SSB05	林務所5	32.00	±47.33	32.00	±47.33
SSB03	林務所3	26.00	±34.06	28.00	±32.93
SSB01	林務所1	26.00	±42.22	26.00	±42.22
SSB24	斗門—蔡厝	15.00	±19.15	20.00	±23.09
SSB25	陽翟—大武山	10.00	±11.55	10.00	±11.55
SSB04	林務所4	2.86	±7.56	2.86	±7.56
SSB28	楊梅3	0	-	0	-

A*：實際成活率 Actual survival rate.

D**：砧木死亡導致成活後又失敗的比率 Death of the stocks causing successful grafts to fail.

利影響。

一般而言，除了嫁接技術因子外，砧木和穗條品質（營養）以及生理狀態（物候）均影響嫁接結果。切接法最適時期在植物樹液開始大量流動，也就是冬季休眠結束時最佳，一旦進入旺盛生長期就不適合。千年桐在2月及4月嫁接成活率差異可以說明此一現象。本試驗中烏桕之接穗大部分來自金門，但同一時間採集之單株間物候狀態差異頗明顯，有可能因此造成（或加劇）嫁接成活差異狀況。

砧木及穗條徑級（diameter）與嫁接成活均率均呈現不同程度之正相關，也就是砧、穗的成活率依徑級增大有所上升的趨勢。尤其烏桕

砧、穗及三年桐穗條最為顯著。徑級大小影響成活率所顯示的意義或許可以解釋為營養狀況所造成。

洪聖峰等（2007）毛柿試驗結果指出，接穗以一年生春梢顯著優於一年生秋梢。春梢比秋梢早約5-6個月發育，也就是春梢比秋梢多生長近半年。其中影響嫁接成活原因，養分蓄積應該是重要因素。但太過老化枝條也不利嫁接，有證據指出，穗條成活率基部<梢部<中部（王春生及熊更姣，2006）。

王春生與熊更姣（2006）在油桐嫁接繁殖技術研究結果指出不同月份嫁接成活率有兩高峰，分別為88.75%（3月下旬）與88.00%（10

表8. 山柏不同種源接穗之嫁接成活率

穗源品系選自金門及台灣本島地區，以烏柏為砧木，品系間成活率最高100%，最低0%。

Table 8. Grafting survival rates of *Sapium discolor* scions of different origins. The scions all originated within the islands of Kinmen and Taiwan, and *S. sebiferum* was the stocks. The inter-scion survival rate maximum was 100%, and minimum 0%. (Hsinshien, Meitueishan, Lienhuachih, Shihmen Dam, Fushan, Shinshan trail, Sun-Moon Lake,)

穗源編號	接穗來源	成活率 (%)			
		A*		A+D**	
SDC04	信賢4	100.00	-	100.00	-
SDC01	信賢1	100.00	-	100.00	-
SDC03	信賢3	88.89	± 19.24	88.89	± 19.24
SDC02	信賢2	88.89	± 19.24	88.89	± 19.24
SDC08	美腿山	40.00	± 16.33	40.00	± 16.33
SDC12	蓮華池3	20.00	± 20.00	27.78	± 20.00
SDC09	石門水庫	13.33	± 23.09	26.67	± 34.64
SDC06	福山2	13.33	± 11.55	20.00	± 11.55
SDC07	福山3	11.11	± 19.24	20.00	± 25.46
SDC14	新山林道	6.67	± 11.55	13.33	± 11.55
SDC15	日月潭	0	-	13.33	± 11.55
SDC13	蓮華池4	0	-	13.33	± 11.55
SDC11	蓮華池2	0	-	6.67	± 11.55

A*：實際成活率 Actual survival rate.

D**：砧木死亡導致成活後又失敗的比率 Death of the stocks causing successful grafts to fail.

月中旬)，最低是5月份36.66%。洪聖峰 (2007, 2009) 在毛柿嫁接結果亦指出主要成活高峰為3月份，次要高峰為6月份，對照物候期符合春梢抽出前及秋梢抽出前之停梢末期，也就是芽體開使萌動時。

根據本團隊物候調查，三年桐開花結果期較千年桐早，但生長勢較弱。本試驗中三年桐嫁接砧木採用千年桐實生苗，若能因此得到較佳的組合，也就是具千年桐的強健樹勢，兼具三年桐早生性質，在生產上也是一種利基，可成為產期分散、調節的實用做法。試驗結果顯示，異種組合 (三年桐/千年桐) 與同種組合 (千年桐/千年桐) 之成活率表現，兩種間無顯著差異 (圖4)。

麻瘋樹嫁接主要可作為高接多品系種源保存、矮化栽培及方便雜交育種操作之用，特別期待在特殊或貧瘠地區能模擬出有用的栽培模式。依據本研究團隊在雲林縣四湖地區實際栽培經驗，麻瘋樹不耐水淹，對鹽的耐受能力亦相當有限，在台灣西部中南沿海地區大量種植幾乎不可行，除了鹽分高及淹水之外，強勁的風 (尤其指颱風) 也容易使種植於砂質地麻瘋樹倒伏。棉葉麻瘋樹對鹽分逆境有較高的耐力，可作為抗鹽育種親本或直接作為嫁接砧木材料 (Divakara et al., 2010)；再利用多株靠接形成類似支柱根的穩固結構，使樹體具有較強抗倒伏能力。如此可否使麻瘋樹在西部中南沿海地區栽培變為可能，相當值得一試。因此靠接及

表9. 不同時期嫁接之成活率 (A+D)

千年桐及三年桐以石栗為砧木，烏桕及山桕以烏桕為砧木，4種組合之最佳成活率均出現在春季2-3月份，成活數據為原始成活率，即最終成活率及砧木死亡導致隨後接穗亦死亡之比率之總和。

Table 9. Grafting survival rates (A + D) at different grafting times. In the study, *Aleurites montana* and *A. fordii* were grafted onto *A. moluccana* stocks; and *Sapium sebiferum* and *S. discolor* were grafted onto *S. sebiferum* stocks. The best survival rates of the 4 combinations were observed to be grafted in Feb.-Mar. months. The survival rates were the initial rates, i.e., the sums of final surviving ones and those later died along with death of the stocks.

日期	種類			
	千年桐	三年桐	烏桕	山桕
2010/09/09	40.00 ± 17.89 ^{ab*}	30.00 ± 24.49 ^d	- -	- -
2010/09/14	40.00 ± 17.06 ^b	33.33 ± 21.46 ^d	- -	- -
2010/10/05	- -	- -	4.38 ± 11.05 ^c	- -
2010/10/21	51.70 ± 24.95 ^{ab}	38.43 ± 18.53 ^{cd}	- -	- -
2010/10/26	43.06 ± 37.91 ^{ab}	4.86 ± 11.49 ^c	- -	- -
2010/11/12	- -	- -	16.67 ± 20.14 ^d	- -
2010/11/23	- -	- -	- -	17.64 ± 17.38 ^c
2010/12/06	50.32 ± 30.80 ^{ab}	62.36 ± 22.46 ^{ab}	- -	- -
2011/01/07	- -	- -	26.85 ± 28.80 ^{cd}	- -
2011/01/10	- -	- -	- -	40.00 ± 16.33 ^b
2011/01/21	- -	- -	52.78 ± 24.06 ^b	- -
2011/02/09	- -	55.56 ± 22.00 ^{abc}	- -	- -
2011/02/10	56.25 ± 23.25 ^{ab}	47.44 ± 19.06 ^{bcd}	- -	- -
2011/02/11	58.00 ± 26.62 ^{ab}	70.00 ± 32.20 ^a	- -	- -
2011/02/15	71.33 ± 27.85 ^a	45.83 ± 30.05 ^{bcd}	- -	- -
2011/02/16	68.52 ± 27.94 ^a	- -	- -	- -
2011/02/17	- -	70.14 ± 33.23 ^a	- -	- -
2011/02/18	- -	42.78 ± 26.14 ^{cd}	- -	94.44 ± 12.97 ^a
2011/03/14	- -	- -	93.33 ± 11.55 ^a	- -
2011/03/23	- -	- -	46.67 ± 11.55 ^{bc}	- -

*數據成對 LSD 差異顯著性比較，P < 0.05. Significant LSD difference comparisons of paired data, p < 0.05. °

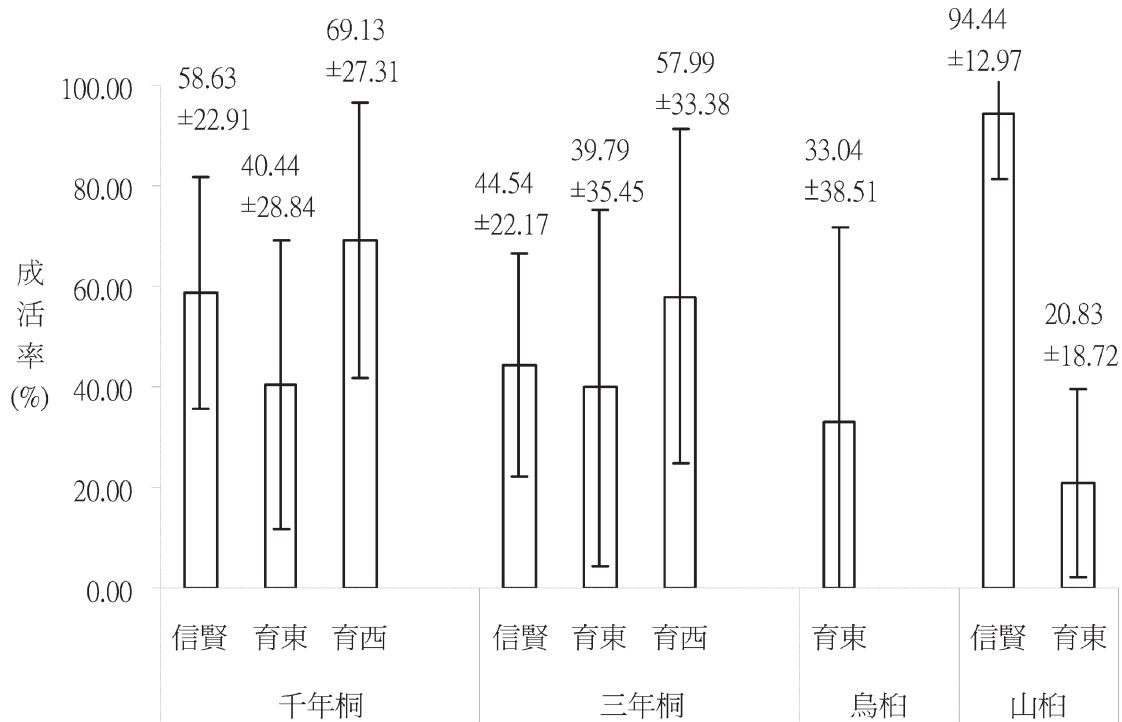


圖7. 操作地點對能源植物嫁接成活率之影響

嫁接操作包含3地點，分別為信賢 (信賢苗圃)、育東 (育林組東建築頂樓苗圃) 及育西 (育林組西建築苗圃)。千年桐及三年桐在3地點成活率均為育西>信賢>育東；烏柏僅在育東操作，雖無從比較，但成活率高於同地點之山柏；山柏操作地點有2，成活率信賢>>育東。

Fig. 7. Effects of sites of grafting on the survival rates of energy plants. The sites of grafting operation included 3 locations: Hsinshien (H), East of Silvicultural Building (E), and West of Silvicultural Building (W). For *Aleurites montana* and *A. fordii*, survival rates all were W > H > E. Grafting of *Sapium sebiferum* was done only at E, hence without comparison. The rate was higher than *S. discolor* at the same site, however. For 2 sites of *S. discolor* grafting, survival rates were H >> E.

麻瘋樹屬內種間嫁接表現亦是本研究中重要項目。

試驗結果顯示麻瘋樹無論種內或種間均有高嫁接成活率，如圖6所示，麻瘋樹種內嫁接無論在任何季節都可以達到100%的成活率，包含2010/07/23靠接、2010/11/26棉葉麻瘋樹與麻瘋樹靠接、2010/08/25切接及2011/07/14切接。惟在觀察中發現麻瘋樹進行高接時，砧木枝條經過截切後常發生一段或甚至整株枯黃的情況 (圖8a-b)，其發生原因可能是強剪後，

失去9成以上葉片，造成樹體養分分配不足，而放棄某些不良枝條以節約養分消耗的自然現象；或砧木株健康或營養狀態原本不良，一經強剪則加速凋亡。中國大陸的研究顯示麻瘋樹嫁接成活速率快，約10日即可抽梢；成活率高，春季是適合嫁接的季節，可達95~100%之間 (顧國棟等，2009；何璐等，2010)，甚至在不適當的秋季，還有7成以上成活表現 (何璐等，2010)。在我們的試驗中，麻瘋樹雖然沒有大量重複試驗，但無論任何季節進行嫁接，

且無論切接法或靠接法，只要砧木健康存活，都尚未有失敗案例，屬容易嫁接的植物，與中國大陸的研究結果吻合。麻瘋樹屬只要是成熟株穗條，於嫁接成活後均可在生長季內開花，但初期營養生長不足，掛葉數不夠，直接影響著果能力。

三年桐及千年桐嫁接於千年桐有不錯的成活表現，平均達5-6成，嫁接後可立即開花，惟當年僅得雄花。經過一年盆栽，已可開出雌花並順利結果，達到成熟採收程度(圖8c)。可見嫁接技術可有效縮短油桐類栽培之幼年期，若利用在優良選系繁殖，可以使優良選系迅速且大量投入生產。所以利用嫁接法縮短幼年期的效用，應該在加快成本回收上有很好的利用價值。而油桐類植物接穗種源都選擇結果株(即所謂雌株)，但嫁接第一年開雄花，第二年可開雌花，可見油桐類性別並非由遺傳專一性控制，可能營養狀況跟環境因子都會參與調控。

千年桐高接於石栗定植木上，原本成活率高達70%以上，由於石栗擁有強健的地下部，所以預期若可克服嫁接親和問題，石栗作為油桐類砧木可以有很高的利用價值。因此，進行了各個不同季節的嫁接試驗，但成活率卻很低，出現如此大的落差，歸咎原因，可由砧木表現看出。2010/04以後(即第二期)所採用之試驗砧木材料均為1年生軟盆苗，相較於2010年(即第一期)之三年生定植木有很大的差別，定植苗砧木嫁接後均未發生枯黃或死亡情形，而2011年度之砧木卻大量死亡(圖8d-e)，或於嫁接部位往下一段至近基部枯黃。因此，縱使接穗初期抽梢生長，最後仍然會枯死，這就是2011年度結果顯示低成活率的原因所在(表6)，三年桐的情形跟千年桐很類似(表5)。石栗一年生苗的幹徑約1-2 cm之間，尚未木質化，髓心且含水率很高，嫁接截切時流出大量導管液，此重大傷害導致苗木嚴重者整株枯死，輕微者枯萎一段，但都已經導致接穗養分、水分供給中斷，造成成活後又死亡的情形(圖8d-

e)。因此，過於幼嫩之石栗苗木不適用於嫁接砧木。另外，本試驗之石栗苗培育時所採用的介質為市售商品，一段時間後發覺品質不佳，容器底部介質形成糊狀，排水不良且通氣性不足，導致苗木根部長期處於無氧狀態，根系發展不理想，可能也是造成苗木虛弱，受到傷害後大量死亡的因素之一。因此以石栗因為強健根系及樹勢之生物特性，期待成為能源植物泛用砧木之假設，尚未得到支持證據。

王春生和熊更姣(2006)油桐嫁接繁殖技術的研究結果指出，3月份及10月份是油桐類嫁接適期，成活率都可達到80%以上。本試驗也在10月份進行試驗，不同的是我們的砧木是石栗，由結果知千年桐/石栗2010/10/21及2010/10/26的成活率A僅約10%-20%，A+D也只有40-50%左右(表9)；成活高峰在2月份，A最高為54%，A+D最高為71%。2010年度結果顯示千年桐/千年桐之接穗來源間成活率最高100%(表1)，平均也尚有超過60%，前後差異頗大，且觀察到千年桐嫁接於石栗之生長勢較弱，因此推測千年桐/石栗的組合可能存在某種程度不親合性，仍需後續試驗加以證實。

2010年3月烏柏嫁接結果指出，不同接穗來源成活率介於 $65 \pm 0.10\%$ 至100%之間，具有高成活率。接下來一年試驗了不同季節之嫁接成果，顯示烏柏及山柏對季節之條件相當保守，2-3月份以外時期之成活率均偏低，差異顯著，如表9所示。另外，烏柏屬植物參試材料除了烏柏及山柏之外，還有一發現於烏來地區之天然雜交種(馬，未發表)。天然雜交種之原始母樹僅有一株，且已於生育地消失，可能是褐根病造成死亡。幸於2010年4月份試以烏柏為砧木嫁接20株，至2011年6月確認成活1株，成活率5%，此為嫁接法在種質保存及植物危急救治的應用實例，意義重大。此雜交種可結果但無種子，因此只產單一臘質無油脂，在工業製程上或許有簡化的優勢，惟尚待探討。烏柏選種時發現一軟枝系，亦在嫁接試驗中，此軟枝系有較弱的營養勢，較強的生殖

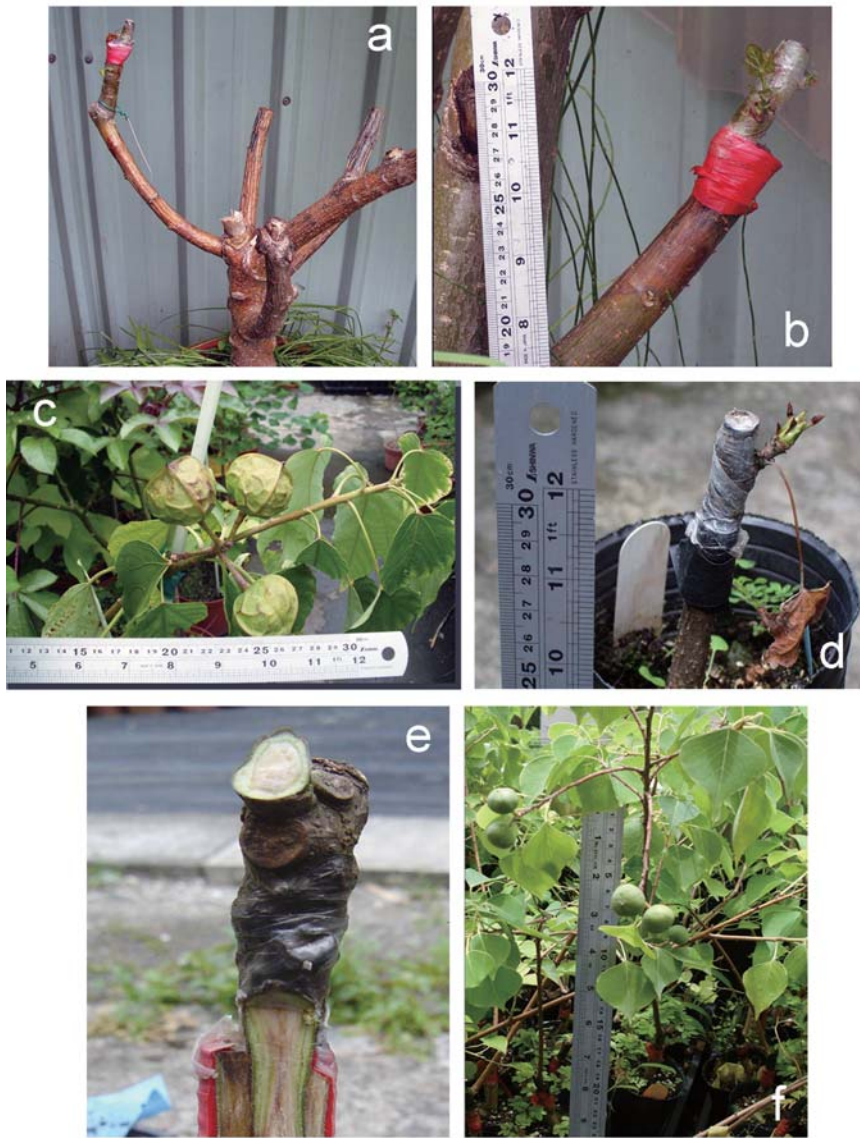


圖8. 嫁接試驗實況照片

a.) 麻瘋樹經重剪後整株枯萎，成功成活接穗隨後亦枯萎；b.) 麻瘋樹經重剪後一段枯萎，成功成活接穗隨後亦枯萎；c.) 千年桐嫁接後隔年即可開花結果；d.) 石栗砧木死亡，導致已嫁接成活株最後亦失敗；e.) 千年桐／石栗嫁接組合，砧木枯死接穗尚存活時之接合部縱切面；f.) 烏柏嫁接後隔年即可開花結果。

Fig 8. Photos of the grafting experiments. a.) *Jatropha curcas* stock died after heavy pruning, the surviving scion also died; b) A segment of *J. curcas* stock died after heavy pruning, the surviving scion also died; c) After grafting, *A. montana* flowered the following year; d) Death of *A. moluccana* stock, causing the initially surviving scion to die later; e) A longitudinal section showing *A. montana* grafted onto *A. moluccana* upon death of the stock, the state of the surviving scion; f) Grafted *S. sebiferum* flowered the next year.

勢，因此外表具小株形，單位生物量結果比例大的特點，且下垂枝使株型矮化便於採收，應具栽培價值。若可成功導入大果特性，相信極具競爭潛力。

鄧先珍等人 (2008) 以大陸許多烏柏品系進行試驗，同品系嫁接同品系有較高成活率，且特定品系做為砧木或接穗也會有較高的成活率，也就是說有些品系適合做為砧木，有些適合作為接穗。以往台灣的烏柏少有應用，因此尚未發展出特定品系，但不同種嫁接 (山柏／烏柏) 在本試驗中得到的成活率並不亞於同種嫁接 (烏柏／烏柏) (表9)，因此認為烏柏屬嫁接除了材料健康外，嫁接適期是最重要因素。但參考大陸經驗選拔出適合做為砧木的有性系，在未來應用上也是必要的。雜交種嫁接於烏柏上目前僅5%低成活率，此種組合也可算是種間嫁接，是否為不親和特性造成？事實上4月份已經不是嫁接適期了，故仍難以斷定。若欲究明原因，因目前僅一株成活株，需待生長／繁殖數量足夠時，再進行試驗加以探討。

五、結論

大戟科能源植物嫁接最適期為2、3月份。三年桐與千年桐的種內及種間嫁接並無障礙，只要時間適合，砧、穗健壯，均可達到應用的要求，嫁接後一年即可結果。油桐類以石栗作砧木，仍無法肯定可行與否，其砧木苗若無法達到木質化之成熟階段，表現都很差。若日後可以證明無親和性障礙 (或不親和程度不影響生產質量)，則應該朝先行在田間定植石栗，待成長至一定程度後，再於田間以果樹栽培常用的「高接換種」(即以高價或流行品種接穗高接於果樹上，取代已失去經濟效益的原有品種) 方式嫁接油桐類植物之栽培模式來經營。烏柏及山柏之嫁接應用價值亦相當高，嫁接時間適合，砧、穗健壯，成活率可高達8-9成，亦於嫁接隔年可結果 (圖8f)。麻瘋樹屬是最容易嫁接操作的能源植物，無論種間或種內均可接近百分之百成活，甚至在不適合的季節，亦

可達到相當高的成活率 (至少7成)，只要有特殊表現的砧、穗組合或高產品系育成，均可立即應用在栽培實務上。

木本能源作物，在最短時間發揮到最佳生產效率的優先考量下，一方面可以選育優良品系來達到種質改良目標。另一方面，在栽培實務上，對木本植物多年生特性及幼年期問題，嫁接法所能提供的快速進入生產期的特性，對降低經營成本也確實值得加以利用。且嫁接苗具有砧木完整根系的特性，也可保障作物在逆境下有較佳的生長表現。大部分種類以成熟接穗嫁接後可迅速開花結果，利用嫁接技術矮化能源植物提早果實收穫，具實用價值。近程，嫁接法可作為檢定選種效果的工具；遠程，未來經由選育過程產生的優良品系，即可藉由嫁接管理技術，提早進入田間栽培的生產階段。更由於嫁接法有矮化效果，並能完整保留採穗母本特性，使種苗表現齊一化，在經營上會更加方便省工，實際達到降低成本的目的。

六、謝誌

本試驗由農業科技計畫：節能減碳研究團隊—木本生質能源植物選育及種子生產技術的研究 (編號：99農科-8.4.9-森-G1；100農科-8.3.3-森-G5) 經費支持，特此致謝！

七、引用文獻

- 王春生、熊更姣 (2006) 油桐嫁接繁殖技術的研究。湖南林業科技 33: 30-2。
- 付玉杰、祖元剛 (2006) 生質柴油。科學出版社。北京。
- 何璐、虞泓、范源洪、沙毓滄、袁理春 (2010) 能源植物麻瘋樹嫁接改良技術研究。西南農業學報 23: 860-2。
- 洪聖峰、張祖亮、陳右人 (2009) 毛柿嫁接苗木育成技術改進。臺灣園藝55: 179-89。
- 洪聖峰、張祖亮、賴怡婷、蔡巨才、陳右人 (2007) 毛柿切接與高接試驗。臺灣園藝53: 409-18。

- 楊世杰、盧善發 (1995) 植物嫁接基礎理論研究 (上)。生物學通報30: 10-2。
- 鄧先珍、張風、王曉光、向珊珊、馬林江 (2008) 烏桕嫁接繁殖技術初報。湖北林業科技154: 30-1。
- 顧國棟、辜云杰、和獻鋒、李恒、唐平、羅建勛 (2009) 攀西地區麻瘋樹嫁接育苗技術研究。西南農業學報 22: 1088-92。
- Burley H and H Griffiths (2009) *Jatropha*: wonder crop? Experience from Swaziland. Friends of the Earth May 2009: 1-16.
- Carson EW. (1974) The plant root and its environment. Charlottesville, Uni. Press. of Virginia, USA.
- Divakara BN, HD Upadhyaya, SP Wani and CL Laxmipathi Gowda. (2010) Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review. Appl. Energy 87(3): 732-742.
- Dodd IC, G Egea, and WJ Davies. (2008) Accounting for sap flow from different parts of the root system improves the prediction of xylem ABA concentration in plants grown with heterogeneous soil moisture. J. Expt. Bot. 59: 4083-93.
- Dodd IC. (2007) Soil moisture heterogeneity during deficit irrigation alters root-to-shoot signalling of abscisic acid. Functional Plant Biol. 34: 439-48.
- Foidl N, Foidl G, Sanchez M, Mittelbach M, Hackel S. (1996) *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. Bioresour Technol 58: 77-82.
- Gao BW and JC Long. (2006) Effect of environmental temperature and humidity on the survival rate during wound curing period of walnut but grafting. Nonwood Forest Res. 24: 52-5.
- Shah S, Sharma A, Gupta MN. (2005) Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction.

