

利用油桐籽作為生質柴油料源之經濟 可行性評估

張嫻雪*、林幸君**、徐世勳***

油桐樹為我國重要造林樹種，桐籽榨油產製成桐油生質柴油可提供潔淨之生質柴油，有效減緩溫室氣體排放。本文運用供給面產業關聯模型及行政院主計處所編製 2006 年台灣地區產業關聯表，新增油桐籽、桐油與桐油生質柴油三個部門，模擬當政府分別設立生質能源 B2 (2%) 與 B5 (5%) 之添加比例政策目標時，利用國產與進口桐籽煉製桐油生質柴油以替代石化燃料所帶動之直接與間接經濟影響，並評估政府以休耕農地種植油桐樹做為配套之可行性。分析結果顯示，如僅考慮經濟成本與效益時，進口桐籽方案應為最佳策略，然而一旦納入環境效益之考量，在 B2 (2%) 之添加比例政策下國產桐籽與進口桐籽之效益相當，如將生質能源目標擴大至 B5 (5%) 之添加比例時，種植油桐樹所帶來的正面環境效益，將會使得以國產桐籽料源方案成為可行之策略。

關鍵詞：桐油、生質柴油、成本效益分析、產業關聯分析

* 臺灣大學農業經濟學系博士候選人。

** 嘉義大學應用經濟學系副教授。本文之通訊作者。

*** 臺灣大學農業經濟學系教授，本文初稿承蒙台灣經濟學會 2010 年年會暨學術論文發表會與會學者專家提供諸多寶貴意見，特此致謝。作者同時也要感謝行政院國家科學委員會經費的補助(計畫編號：NSC 98-2621-M-002-040)及本刊兩位匿名審查人的寶貴意見。文中若有疏失之處，悉由作者負責。

I、前言

石化燃料為能源供給來源之一 (古森本, 2008), 但大量使用石化能源導致溫室氣體排放量增加, 導致全球氣候變遷, 嚴重影響地球生物生存之環境。世界各國積極投入再生能源的研發與量產替代石化燃料, 以達到溫室氣體減量目標, 歐盟 (The European Parliament and of the Council, 2009) 通過促進生質燃料使用之行動方案 (DIRECTIVE 2009/28/EC), 明訂運輸部門使用之總燃料在 2020 年之前, 須包含 10% 以上之生質燃料。就柴油摻配生質柴油的比例而言, 低於 5% 之生質柴油與車用柴油進行混和時, 車輛引擎不需經由修改或調整即可進行使用 (工業技術研究院, 2010), 因此多數國家皆設立生質柴油推廣目標為 2% (B2) 與 5% (B5) (REN21, 2009)。

生質柴油特性與石化柴油相近, 燃燒完全、不易造成引擎積碳, 且安全性高, 利於添加、處理、運送與儲存油品 (Lotero *et al.*, 2005), 生質柴油與石化柴油相比, 將可減少 78% 之二氧化碳淨排放量 (National Biodiesel Board, 2010), 有效降低溫室氣體排放。政府對實車添加生質柴油進行道路測試, 包含柴油引擎之耐久性能、油耗量、測試污染排放, 資料顯示添加生質柴油與化石燃料之結果並無顯著差異 (經濟部能源局, 2010), 因此, 生質柴油確實能直接取代石化柴油做為燃料, 顯示生質柴油為極具發展潛力之生物能源, 且為符合永續發展政策的潔淨替代燃料。

生質柴油之料源包含多種, 歐洲主要使用油菜籽、向日葵籽; 美國以大豆為主; 中國主要為棉花籽與油桐, 在上述植物性油脂之中多為種籽型態 (林俊義, 2007)。然而, 種植油菜與大豆等能源作物所使用的料源與現有民生糧食重疊, 引發與民爭食、與糧爭地、糧食短缺、糧價上漲之可能 (經濟部, 2009a), 因此, 開發利用後備土地資源, 因地制宜種植、採收非糧能源作物如林木產生之種籽作為料源, 此種減緩糧食危機之方式逐漸受到重視

(顏仁德, 2009; 楊金興, 2007)。綜上所述, 本研究以生質能源中非食用油木本植物做為研究主體。

以林木種籽製成生質柴油之優點甚多, 相對於草本植物之生命週期為一年或兩年, 林木種植與採收的次數較多, 而木本植物成熟後, 將可持續 10 至 20 年開花結果 (馬復京、游漢明, 2007)。台灣現階段在短期內能提供作為能源作物之木本植物為油桐樹, 目前樹齡約為 20 年, 已為成熟之林木, 達到生長旺期, 將可摘取油桐籽進行榨油, 平均每公頃之油桐果產量約為 10 公噸, 可提煉出約 790 公斤之桐油, 作為生質柴油之料源 (馬復京、游漢明, 2007)。油桐亦為山坡地造林政策樹種, 1970 年代, 政府鼓勵林農栽種油桐出口以增加外匯, 自 1952 年至 2009 年為止之種植面積總共約 11,317 公頃 (註 1) (行政院農業委員會林務局, 2009)。

許多文獻曾嘗試利用各種經濟模型與方法分析以生質柴油替代部分石化柴油之經濟可行性, 大多採用成本效益分析的方法來進行, 效益面如過去曾評估以油菜作為料源生質柴油部門對克羅尼亞國內生產總值之影響 (Kulišić *et al.*, 2007), 由於生質柴油屬於新興產業, 在原產業關聯表中並未包含生質柴油部門, 經由修改產業關聯表後始能量化生質柴油需求呈現之效果。上述文獻主要之貢獻在於指出產業關聯分析適用於分析生質柴油產業之經濟效益議題, 然而因此一產業為新興產業, 需在分析時將原料到成品分階段從產業關聯表中做新增或拆解, 方能瞭解此產業產生變動時對國內總體與個別產業造成之直接影響, 以及外溢至相關上、下游產業所造成的間接影響。

其次, 為了提高生質燃料之競爭力, 政府必須進行適當之補貼, 補貼水準與方式可能隨不同類型之生質燃料而有所差異 (Rozakis & Sourie, 2005)。但若在進行成本效益評估時僅考慮政府補貼下所產生之新經濟活動, 忽略間接帶動之產業關聯效益與就業效果, 將會造成效益之低估, 甚至低於補貼生質燃料所花費之預算 (Sourie、Tréguer & Rozakis, 2005), 因此需修正為使用產業關聯分析評估生物燃料生產造成對國家經濟直接和間接影響 (Kulišić *et al.*, 2007)。而在探討利用油菜與大豆作為生質柴油料源對韓國產生之經

濟影響時，除了包含經濟之直接與間接效益外，還需要考慮減碳之環境效益 (Lee & Han, 2008)。

由上述文獻回顧中可知，生質燃料做為替代能源之可行性分析除了要考慮經濟面的成本效益外，也必須從環境效益以及政策配套（如收購或補貼）所需成本之角度做整體之評估，如圖 1 所示。效益面包括經濟與環境效益，其中經濟效益又分為直接與間接效益，直接效益之計算主要根據生產桐油生質柴油所創造之產值，間接效益則是透過產業關聯效果所創造之產值。環境效益可分為兩項，一是以生質能源替代石化燃料所減少之二氧化碳排放效益，其次是於平地種植油桐樹可吸收二氧化碳，將二氧化碳排放權出售之收益。成本面而言，除包含桐油生質柴油部門以及其他關聯產業部門之中間投入外，還包括政府所需投入之補貼（包含休耕補貼與平地造林補助）。

本文之內容共分四節，除前言外，第二節介紹本研究的經濟計量模型，包含產業關聯模型新部門之建構過程，以及進行成本效益分析所需之資料來源與計算，包括政府補貼與環境效益之模擬參數設定；第三節闡述模擬情境設定、產業關聯效果與成本效益分析結果；最後於第四節總結並提出政策建議。

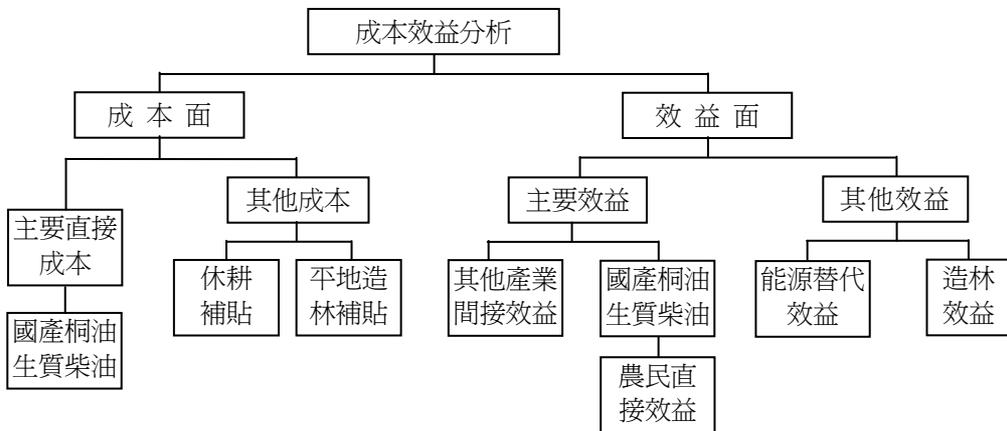


圖 1 本文成本效益分析架構

資料來源：本研究整理。

II、實證模型

本節先說明產業關聯模型之架構以及新增部門資料來源與處理過程，其次說明進行成本效益分析所需的資料處理。

2.1 產業關聯模型

2.1.1 模型架構

Miller 與 Blair (1985) 之供給面產業關聯模型係以某一產業部門產出變動或有新增產業情形，透過每單位產出產品銷售分配係數矩陣計算產業關聯程度矩陣，同樣可以考慮直接及間接誘發效果下，計算對其他產業的產出影響效果。這種模型比較適用於探討向前關聯效果較高的支援型產業，例如：農業、電力、石油煉製品等，因為此類產業之產出多屬中間原料或勞務，可支援其他產業，一旦產出變動，將使其他使用這些支援型產業產出做為投入的產業之投入成本發生變動，進而帶動中下游產業之產出變動。因桐油所產製的生質柴油可作為其他產業之投入要素來源，針對桐油生質柴油挹注能源市場對國內經濟面之影響評估，本文將採用供給面新增產業之產業關聯模型，計算所創造之產業關聯效果、附加價值、及就業效果。

根據 Miller 與 Blair (1985) 定義 $(I-A)^{-1}$ 為 Leontief 產業關聯程度矩陣 (Leontief's Inverse Matrix)，令 $B=(I-A)^{-1}$ ，以 b_{ij} 代表該矩陣內的元素，則 b_{ij} 表示第 j 產業為了滿足一單位 j 產品的最終需要，必須向第 i 產業直接和間接購買 i 產品的數額，亦即為了滿足一元 j 產品的最終需要，第 i 產業必須生產 i 產品的總值。若將 $B=(I-A)^{-1}$ 矩陣展開可得：

$$B = (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1i} & b_{1j} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2i} & b_{2j} & \cdots & b_{2n} \\ & & & \vdots & & & \\ b_{i1} & b_{i2} & \cdots & b_{ii} & b_{ij} & \cdots & b_{in} \\ b_{j1} & b_{j2} & \cdots & b_{ji} & b_{jj} & \cdots & b_{jn} \\ & & & \vdots & & & \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{ni} & b_{nj} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中， b_{ij} 為最終需求對產出乘數， b_{jj} 為 Leontief 反矩陣中第 j 欄之對角線元素，以數學式可表示為：

$$b_{jj} = \frac{\Delta X_i}{\Delta F_j} \quad (2)$$

令 b_{ij}^* 為 b_{ij} 對 b_{ii} 之比例，則 b_{ij}^* 可被稱為產出對產出乘數 (Output-to-Output multiplier) 以數學式可表達為：

$$b_{ij}^* = \frac{b_{ij}}{b_{ii}} \quad (3)$$

將 (3) 式代入 (1) 式，則 (1) 式可轉化為：

$$B^* = (I - A^*)^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{b_{11}}{b_{11}} & \frac{b_{12}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{1i}}{b_{11}} & \frac{b_{1j}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{1n}}{b_{11}} \\ \frac{b_{21}}{b_{11}} & \frac{b_{22}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{2i}}{b_{11}} & \frac{b_{2j}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{2n}}{b_{11}} \\ & & & \vdots & & & \\ \frac{b_{i1}}{b_{11}} & \frac{b_{i2}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{ii}}{b_{11}} & \frac{b_{ij}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{in}}{b_{11}} \\ \frac{b_{j1}}{b_{11}} & \frac{b_{j2}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{ji}}{b_{11}} & \frac{b_{jj}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{jn}}{b_{11}} \\ & & & \vdots & & & \\ \frac{b_{n1}}{b_{11}} & \frac{b_{n2}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{ni}}{b_{11}} & \frac{b_{nj}}{b_{11}} & \cdots & \frac{b_{nn}}{b_{11}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$(I - A^*)^{-1}$ 矩陣即為 $(I - A)^{-1}$ 矩陣中每欄之元素除以每欄之對角線元素。最後，將(4)式進一步改寫為：

$$B^* = (I - A^*)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & b_{12}^* & \cdots & b_{1i}^* & b_{1j}^* & \cdots & b_{1n}^* \\ b_{21}^* & 1 & \cdots & b_{2i}^* & b_{2j}^* & \cdots & b_{2n}^* \\ & & \ddots & & & & \\ b_{i1}^* & b_{i2}^* & \cdots & 1 & b_{ij}^* & \cdots & b_{in}^* \\ b_{j1}^* & b_{j2}^* & \cdots & b_{ji}^* & 1 & \cdots & b_{jn}^* \\ & & \ddots & & & & \\ b_{n1}^* & b_{n2}^* & \cdots & b_{ni}^* & b_{nj}^* & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

(5)式可視為將第 j 欄對角線元素標準化後之 Leontief 反矩陣，用以表示當第 j 部門產出發生一單位變動時，列部門產出所變動之數額。因此，本文之供給面產業關聯模型可表示為：

$$\Delta X = (I - A^*)^{-1} \Delta \bar{X} \quad (6)$$

(6)式中， $\Delta \bar{X}$ 表示各部門增加之產出，亦即假設各部門增加之產出為 $\Delta \bar{X}$ 向量，再以 $(I - A^*)^{-1}$ 乘之，即可求出變動向量 ΔX 之總產出變動。

若只看國產品之投入與產出之平衡關係，可將(6)式改寫為：

$$\Delta X = (I - A^{*D})^{-1} \Delta \bar{X} \quad (7)$$

$(I - A^D)^{-1}$ 為國內 Leontief 產業關聯程度矩陣。令 $B^D = (I - A^D)^{-1}$ ，以 b_{ij}^D 代表該矩陣內的元素，則 b_{ij}^D 表示第 j 產業為了滿足一單位 j 產品的國內最終需要，必須向國內 i 產業直接和間接購買 i 產品的數額；亦即為了滿足一元 j 產品的國內最終需要，本國第 i 產業必須生產 i 產品的總值。(7)式中的 ΔX 向量內所有元素之和即為當經濟體新增一支援型產業後對國內經濟體系所產生之總產出效果。亦即令各產業的附加價值係數向量(v)、就業需要係數向量(l)為固定且已知時，則由上式所求出的產出效果(ΔX)即可分別轉變為對國內各部門之附加價值效果(ΔV)與就業需求效果(ΔL)：

$$\Delta V = v \Delta X \quad (8)$$

$$\Delta L = l \Delta X \quad (9)$$

2.1.2 新增部門資料來源與處理

本研究使用行政院主計處 (2009) 「2006 年台灣地區產業關聯表部門分類」中 166 部門為資料來源。由於 2006 年台灣地區產業關聯表僅將傳統油桐產業歸屬於林業部門，尚未考量桐油生質柴油產業部門及產品之發展情況，據此，本文將油桐產業由林業部門析離出三個新增部門如表 1 所示，包含傳統油桐樹、桐油、與桐油生質柴油部門。

表1 本研究新細分表產業部門

部 門	說 明
1. 傳統油桐樹	種植油桐樹之投入與產出，投入主要包含林產與石油煉製品等，產出主要為桐籽（用以榨成桐油）。
2. 桐油	由桐籽榨成桐油之投入與產出，投入包含金屬加工、石油煉製品與批發等，產出包含桐油與油粕等副產品。
3. 桐油生質柴油	以桐油產製桐油生質柴油之投入與產出，投入包含電力與蒸氣及路上運輸等，產出為生質柴油產品。

資料來源：本研究。

首先，在建構傳統油桐樹部門時，因政府目前並未統計油桐產業之投入產出資料，經向林試所與實際種植之林班成員訪談後得知，雖然林農自日據時代已陸續大量種植油桐樹，並無留下種植成本之歷史記錄，此外，林農多已不採收油桐果實，故難以建構油桐樹之產出與成本結構。產出方面，本研究參考林業統計年報（行政院農業委員會林務局，2009）之油桐人工造林木之造林總面積，乘上每公頃每年油桐籽單位面積產量（馬復京、游漢明，2007），再與每公頃桐籽價格相乘而計算出。

成本方面，本研究依據森林系專家之建議，改用與油桐樹生長環境相似之果樹（椪柑與文旦）生產成本資料替代，主要原因是椪柑與文旦之生長環境、氣候條件與特徵與油桐樹很相近。以海拔高度而言，油桐樹從 200 公尺之低矮丘陵地與臺地至 1,800 公尺的高山皆有分佈（黃信源，2007），而椪柑與文旦柚也都是以海拔 200-900 公尺山坡與丘陵為主要產地，生產果實與油桐均為一年一穫，且收穫期間均為 8 月至 12 月之冬季作物，故生長期間所需的農藥、肥料、動力機械等投入亦頗為相近，故本研究將椪柑與文旦柚（行政院農業委員會農糧署，2009）之平均成本視為油桐樹生產部門之成本結構，再按照林產部門之中間投入占產出之比例，攤至產業關聯表的 169 個部門別。

第二，桐油部門之投入與產出資料而言，產出資料包含桐樹種植面積（行政院農業委員會林務局，2009）、每公頃桐油單位面積產量（馬復京、游漢明，2007）與實驗室桐油購買單位價格（陳志宏，2009）相乘而得，投入資料則為前述計算之油桐樹部門產出是為本桐油部門之投入，再按照石油煉製品部門之中間投入占產出之比例，攤至產業關聯表的 169 個部門別。

第三，桐油生質柴油部門之產出資料來自兩個層面，首先，為國內資料，以桐樹種植面積（行政院農業委員會林務局，2009），與每公頃桐油單位面積產量（馬復京、游漢明，2007），其次，由於目前國內缺乏油桐生質柴油單位成本，因此引用國外文獻之中，同樣屬用大戟科落葉木本植物的膏桐樹種，其生產每噸生物柴油的總成本為 3,650 美元 (Dillon、Laan & Dillon, 2008)，上述資料相乘而得；投入資料主要包括轉換過程中的副原料消耗、能源消耗、生質燃料的能量產出資料（陳志宏，2009），最後再按照石油煉製品部門之中間投入占產出之比例，攤至產業關聯表的 169 個部門別。至於生質柴油部門產出，本研究假設全數供應於陸上運輸部門使用。

2.2 成本效益分析所需資料之來源與處理

成本效益分析是同時衡量單一或多個方案之成本與效益，以提供決策者

決定使用與分配資源之依據，以及執行各種可行方案之優先順序，將有限的社會資源發揮最大之效用 (Muennig, 2002)。本研究之成本效益分析分為兩個層面，第一為純經濟面，先就價格競爭力來評析製造生質柴油之各可能料源成本，包含：(1)「國內自產桐籽」、(2)「進口桐籽與進口桐油」、(3)「直接進口生質柴油」三種可能方案；其次是結合政府施行之「綠色平地造林政策」、與「水旱田利用調整後續計畫」之補助為配套措施，納入減少二氧化碳排放之環境效益。

2.2.1 經濟分析資料之來源與處理

國內自產桐籽、進口油桐籽與桐油、直接進口生質柴油之成本比較，如表 2 所示，分別說明如下：

2.2.1.1 「國內自產桐籽」

本文透過每年每公頃油桐籽之單位面積產量、生產費用 (李育明、蘇炯龍, 2007; 馬復京、游漢明, 2007) 與轉換率 (陳志宏, 2009), 扣除榨油後所產生副產品油粕之收入 (桐餅 30 萬噸之價值為 3 億元) (西南新蓉化工研究所, 2008) 求算淨成本。再者, 由於目前尚未使用油桐籽榨油產製成生質柴油, 因此本文根據李育明與蘇炯龍 (2007) 所作的大豆與油菜籽生質能盤查分析結果, 包含種籽榨油、轉酯化加工與運輸之平均費用, 作為製造桐油生質柴油之加工成本, 每公升約為 38.95 元。

2.2.1.2 「進口油桐籽與進口桐油」

進口油桐籽與進口桐油透過油桐籽價格資料, 加上關稅、營業稅與服務費 (左峻德, 2006), 及榨油、轉酯化加工與運輸費用, 可計算出進口油桐籽進行加工與直接進口桐油之成本分別為 26.87 元/公升與 80.83 元/公升。

2.2.1.3 「直接進口生質柴油」

由於海關資料中並無桐油生質柴油之進出口價格，故僅能依據 ICIS 公司 (ICIS, 2010) 於 2010 年 3 月之歐洲、亞洲地區之大豆、油菜籽生質柴油報價，經轉化過程（轉換率 0.156 公秉/公噸、0.45 公秉/公噸）（左峻德，2006），並兌換成新台幣（兌換美元匯率 1：31）後，加上關稅、營業稅與服務費等費用所得之成本分別為 229.71、82.92 元/公升。

綜上所述，由表 2 所計算之三種生質柴油成本比較結果顯示，就原料、加工及運輸到市場之總成本而言，「直接進口生質柴油」之成本最高，「進口桐籽」之成本最低。再者，若未納入副產品油粕收入，「進口桐籽」、「國內自產桐籽」與「進口桐油」之料源費用分別為 15.90 元/公升、27.98 元/公升與 73.82 元/公升，顯示「進口桐油」之價格高於另兩者，表示國內自行生產桐籽或進口油桐籽提煉桐油生質柴油具有價格競爭力。如納入副產品油粕收入，上述結果依然成立。

2.2.2 環境效益資料之來源與處理

環境效益之來源包含兩個部份：

2.2.2.1 替代石化柴油之淨減量效益

根據張逢源與林秋裕 (2008)，如用生質柴油替代石化柴油，平均每公噸之生質柴油將可減少 2.65 公噸二氧化碳之淨排放量，又根據 2009 年歐盟交易市場每公噸之二氧化碳平均交易價格約為 580.63 元 (The World Bank, 2010)，故在 B2 (2%) 與 B5 (5%) 之添加比例情境下，每公噸之生質柴油替代石化柴油所產生之減量效益，將可由上述資料進行換算。

表 2 各料源（國產桐籽、進口桐籽、進口桐油）與進口生質柴油之成本比較

國產桐籽	桐籽	進口桐籽與進口桐油	桐籽	桐油	直接進口生質柴油	大豆生質柴油	油菜籽生質柴油
1 產量（噸/公頃）(A)	10.00	1 進口料源 CIF（元/公升）(A)	14.37	66.71	1 CIF 單價（元/公升）(A)	190.17	68.65
2 生產費用（萬元/每公頃）(B)	30.92	2 進口關稅（元/公升）(B)	0.72	3.34	2 進口關稅（元/公升）(B) = A*15%	28.53	10.30
3 平均生產費用（元/公斤）(C) = B/A	30.92	3 營業稅（元/公升）(C)	0.75	3.50	3 進口商服務稅（元/公升）(C) = (A+B)*5%	10.93	3.95
4 轉換率（公升/公斤）(D)	1.105	4 服務費（元/公升）(D)	0.06	0.28	4 貿易服務費（元/公升）(D) = A*0.0415%	0.08	0.03
5 平均生產費用（元/公升）(E) = C/D	27.98	5 進口料源成本小計（元/公升）(E) = A+B+C+D	15.90	73.82	5 進口生質柴油成本（元/公升）(E) = A+B+C+D	229.71	82.92
6 副產品-油粕收入（元/公升）(F)	4.15	6 副產品-油粕收入(F)	4.15 ^c	-			
7 自產種籽之淨成本（元/公升）(G) = E-F	23.83	7 進口原料淨成本（元/公升）(G) = E-F	11.75	73.82			
8 種籽榨油費用（元/公升）(H)	8.10	8 種籽榨油費用（元/公升）(H)	8.10 ^d	-			
9 轉酯化加工費用（元/公升）(I)	6.89	9 轉酯化加工費用（元/公升）(I)	6.89 ^e	6.89			
10 運輸費用（元/公升）(J)	0.12	10 運輸費用（元/公升）(J)	0.12 ^f	0.12			
11 總成本（元/公升）(K) = G+H+I+J	38.95	11 總成本（元/公升）(K) = G+H+I+J	26.87	80.83			

資料來源：本研究計算。

2.2.2.2 造林之碳吸存效益

如果採用造林方式來製作生質柴油，林木所吸收之二氧化碳也可與工業部門進行交易，估計每公頃造林可吸收 380 噸二氧化碳（林俊成、李國忠，2005），以上述之交易價格將可推估 B5 (5%) 之添加比例情境下每公頃造林之碳吸存效益。

III、模擬情境設定與結果

3.1 情境設計與資料說明

本文根據現行政策（經濟部，2009b），以 B2 (2%) 與 B5 (5%) 之添加比例區分為兩種政策模擬情境，分別計算產業關聯供給面之衝擊值，計算過程與結果如表 3 所示。首先，根據經濟部能源局 (2010) 公佈之 2009 年能源統計年報，我國石油產品之國內消費量中，柴油之年消費量約為 493 萬公秉，故添加 2% 與 5% 之目標約為每年 10 萬與 25 萬公秉之生質柴油需求量，見表 3 第(A)列。

表 3 桐油生質柴油部門之新增產值與成本

生質柴油 料 源	單 位	情境 B2		情境 B5	
		國產桐籽	進口桐籽	國產桐籽	進口桐籽
生質柴油推廣目標 (A)	(公秉)	100,000	100,000	250,000	250,000
廢食用油生質柴油 (B)	(公秉)	68,000	68,000	68,000	68,000
能源作物料源 (C)=(A)-(B)	(公秉)	32,000	32,000	182,000	182,000
以桐油為料源 (D)=(C)*20%	(公秉)	6,400	6,400	36,400	36,400
新增產值 (E)=(D)* (57.89 元)	(億元)	3.71	3.71	21.07	21.07
新增成本(F)=(E)* (表 2 第 11 列之單價)	(億元)	2.50	1.72	14.18	9.78

資料來源：本研究。

其次，由於國內以廢食用油作為生質柴油料源每年已經有 6.8 萬公秉之產量，因此扣掉 6.8 萬公秉之廢食用油生質柴油後，B2 與 B5 之政策目標對於生質柴油實際新增之需求量只剩下 3.2 萬公秉與 18.2 萬公秉，見表 3 第(C)列。

第三，由於桐油與芥花油製成之生質柴油含有過多的不飽和脂肪酸，故若僅以桐油與芥花油為原料，則無法符合生質柴油標準中的碘價規範，若以黏度而言，桐油生質柴油之混合比例要低於 20%，以及棕櫚油生質柴油與芥花油生質柴油分別為 10-30%、50-90%，以上述比例進行混合之生質柴油，其密度、碘價、與黏度等性質，才能符合歐盟生質柴油 EN 14214 規範之標準（陳志宏，2009）。本研究假設生質柴油之原料混合比例為：桐油 20%、棕櫚油 30%、芥花油 50%，因此，B2 與 B5 之政策目標將會造成國內對於桐油生質柴油每年 6,400 公秉與 36,400 公秉之需求量。經比重換算（1 公升等於 0.905 公斤）後，相當於每年 5,792 公噸與 32,942 公噸之桐油生質柴油，見表 3 第(D)列。

最後，本研究必須計算 B2 與 B5 所創造之桐油生質柴油部門的產值，作為產業關聯供給面之衝擊值，因此還需要蒐集桐油生質柴油之單位價格資料。但因國內外目前尚無此價格資料，故本研究僅能參考 2006 年大豆生質柴油之收購價 50.47 元/公升與向日葵生質柴油收購價 65.31 元/公升（林幸君、徐世勳、左峻德，2006），取其平均值，作為桐油生質柴油之預估收購價格，每公升約為 57.89 元，因此，B2 與 B5 政策目標下所創造之新增產值分別為 3.71 億元與 21.07 億元，見表 3 第(E)列。

此外，由於桐籽來源分為國產與進口，在計算產業關聯效果時必須將二者加以區別，以避免低估國內相關產業之依存度，亦即，如果使用進口桐籽作為料源，則以生產者價格交易表為基礎，並新增表 1 當中的桐油與桐油生質柴油兩部門，然而，若使用國產桐籽，則是使用國產品交易表，且必須使用新增三部門的 IO 表來進行產業關聯效果之計算。表 3 最後一列(F)分別估算不同料源之成本。根據表 2 所計算之不同料源之生質柴油成本，由國產桐

籽煉製之生質柴油成本為 38.95 元/公升，進口桐籽成本較低為 26.87 元/公升，故為達成 B2 之政策目標，當桐籽來自國產時，新增之成本為 2.50 億元，當桐籽來自進口時，新增之成本降為 1.72 億元。如以 B5 作為政策目標，上述之成本將分別為 9.78 億元與 14.18 億元。

3.2 成本效益分析

3.2.1 產業關聯分析之模擬結果

本文依據產業關聯分析所計算之模擬結果，包含產出、附加價值與就業效果，此外，由於國內對桐油生質柴油產出增加，對生質柴油部門產生直接影響，以及外溢至上下游產業間之相互關聯波及間接效果，因此除了依政策目標分為 B2(2%)與 B5(5%)之添加比例外，並將產出、附加價值效果區分為直接與間接效果，桐油生質柴油部門對於總體經濟之貢獻如表 4 所示。

表 4 桐油生質柴油之產業關聯效果

產業關聯效果	B2 (國產桐籽)	B2 (進口桐籽)	B5 (國產桐籽)	B5 (進口桐籽)
產出效果(億元)				
直接效果(生質柴油部門)	3.71	3.71	21.07	21.07
間接效果(其他部門)	7.29	10.49	41.49	59.72
小計	11.00	14.20	62.56	80.79
附加價值效果(億元)				
直接效果(生質柴油部門)	0.21	0.08	1.19	0.45
間接效果(其他部門)	3.50	3.63	19.88	20.62
小計	3.71	3.71	21.07	21.07
就業效果 (人)	414	239	2,352	2,107

資料來源：本研究。

註 1：附加價值效果採廣義定義，包括：勞動報酬、經營盈餘、資本消耗、間接稅淨額。

註 2：就業需要效果以 2006 年產業關聯表雇用表就業需要人數計算。

首先，就 B2 政策目標而言，國產與進口桐籽產出效果分別為 11.00 億元與 14.20 億元，其中，直接效果 3.71 億元，即為表 3 中生質柴油部門之新增產值，然而，使用進口桐籽做為料源產生較高之間接效果，主要原因是使用生產者價格交易表，該表包含以國產與進口品做為投入，而國產品交易表僅以國產品做為投入，因此前者具有較高之產業關聯效果為 10.49 億元。

其次，附加價值效果而言，國產桐籽料源之生質柴油部門直接效果 0.21 億元，高於進口桐籽之效果 0.08 億元，亦即，前者具有較高之附加價值率，此表示以國產桐籽為料源的生質柴油部門廠商，經生產活動創造之產值中，其支付要素報酬之比例，高於以進口桐籽作為料源之廠商支付要素報酬之比例，此意涵顯示，後者雇用之要素於生產時，較具效率。

第三，進口桐籽之就業效果為 239 人，低於以國產桐籽作為料源之 414 人，原因為國內種植油桐樹生產桐籽，於生產過程包含填沃土、支架保護設施、澆水、施肥、養護等工作，將可雇用勞動提供就業機會，反之，進口料源則將無法評估新增油桐樹部門帶來之產業關聯效果。就 B5 政策目標而言，使用桐油生質柴油數量高於 B2 目標，故其創造之各項效果皆高於 B2 政策。

3.2.2 個別產業之經濟效益

表 5 顯示使用桐油製成生質柴油對個別產業之影響，就國產桐籽而言，產出效果除了油桐與桐油製造產業有較明顯之正面影響外，對於批發產業、電力產業也都有 1 億元左右之貢獻，使用進口桐籽作為榨油原料，效果亦頗為類似。

就業效果如表 6 所示，仍以桐油製造產業之正面影響幅度最大，油桐生質柴油產業增加 371 人至 2,110 人，石油煉製品等石油化工原料最多可增幅近千人，服務業當中則以批發業影響程度較多，上升 64 人至 362 人，桐油產業上升 38 人至 218 人。然而，由於桐籽為進口，故種植桐樹所需之主要

產業如農、林業與相關產業之關聯效果無法納入國內投入產出表，因此與國產桐籽政策相比，進口桐籽政策將產生較低之產業就業效果。

表 5 桐油生質柴油之產出效果－按部門別分

單位：億元

情 境	B2 (國產)	B5 (國產)	情 境	B2 (進口)	B5 (進口)
桐油生質柴油	3.71	21.10	桐油生質柴油	3.71	21.07
桐油	1.87	10.62	石油及天然氣礦業	3.29	18.70
油桐樹	1.52	8.66	石油化工原料	2.36	13.40
批發	1.27	7.23	電力及蒸汽	0.20	1.15
電力及蒸汽	0.92	5.25	石油煉製品	0.18	1.01
林產	0.64	3.62	批發	0.14	0.82
石油煉製品	0.39	2.20	零售	0.12	0.71
金融中介	0.38	2.18	桐油	0.09	0.50
其他陸上運輸	0.28	1.58	其他陸上運輸	0.08	0.44
零售	0.24	1.36	其他非金屬礦產	0.06	0.32

資料來源：本研究。

表 6 桐油生質柴油之就業效果－按部門別分

單位：人

情 境	B2 (國產)	B5 (國產)	部 門	B2 (進口)	B5 (進口)
桐油生質柴油	371	2,110	桐油生質柴油	131	747
石油及天然氣礦業	187	1,062	零售	39	221
石油化工原料	152	866	批發	36	204
電力及蒸汽	127	723	石油及天然氣礦業	18	101
石油煉製品	92	525	其他陸上運輸	16	92
批發	64	362	桐油	14	77
零售	39	220	金屬容器	7	42
桐油	38	218	塑膠製品	7	40
其他陸上運輸	28	158	金融中介	7	39
其他非金屬礦產	24	136	電力及蒸汽	6	34

資料來源：本研究。

3.3 成本之計算

成本包含經濟成本與政府補貼之支出。成本項目主要由經濟成本所構成，直接成本為桐油生質柴油部門之生產投入費用，與其他部門生產花費為間接成本，兩者總和即為中間投入費用。政府補貼包含政府休耕補貼與政府平地造林補貼。因現有之油桐種植面積所提供之桐油數量有限，未來如要推廣桐油生質柴油，有可能必須利用 37,089 (註 2) 公頃之休耕地種植油桐樹方足以供應。目前政府所提供之造林補貼包含兩個部份：

3.3.1 「水旱田利用調整後續計畫」之轉作造林給付

辦理對象以 1994 年至 2003 年為基期年，在基期年 10 年中任何 1 年當期作種稻者，或以 1994 年至 1996 年參加「稻米生產及稻田轉作計畫」之農田，每期休耕轉作造林之補貼 4.5 萬元 (行政院農業委員會農糧署，2011)，本研究以休耕面積與一年兩期補助 9 萬元之乘積計算休耕補貼。

3.3.2 「平地造林」獎勵金

「綠色造林計畫」鼓勵平地休耕地 (註 3) 轉作為造林，辦理對象包含兩期作皆符合「水旱田利用調整後續計畫」，或其接續計畫基期年認定基準之土地，每公頃補助 20 年共給付 60 萬元，平均每公頃每年支付 3 萬元 (行政院農業委員會林務局，2011)。

因此，農民如申請將休耕農地轉作造林，每公頃每年可領取共 12 萬元之補助。

3.4 成本效益分析結果

情境 B2 與 B5 以生質柴油添加 2%、5% 為目標，成本效益分析結果如表 7 所示，以下分別以成本與效益項目進行說明。

表 7 桐油生質柴油之成本效益分析

單位：新台幣億元

情 境	B2 (國產)	B2 (進口)	B5 (國產)	B5 (進口)
成本				
1. 經濟成本				
(1)直接成本（生質柴油部門）	3.50	3.63	19.88	20.63
(2)間接成本（其他部門）	3.80	6.87	21.62	39.09
2. 政府補貼				
(1)政府休耕補貼	-	-	33.38	-
(2)政府平地造林補貼	-	-	11.13	-
小計	7.30	10.50	86.00	59.72
效益				
1. 經濟效益				
(1)直接效益（生質柴油部門）	3.71	3.71	21.07	21.07
(2)間接效益（其他部門）	7.30	10.50	41.50	59.72
2. 環境效益（二氧化碳減量）				
(1)替代石化柴油	0.09	0.09	0.51	0.51
(2)造林	-	-	81.83	-
小計	11.10	14.30	144.91	81.29
淨收益	3.80	3.80	58.90	21.58
益本比（效益/成本）	1.52	1.36	1.69	1.36

資料來源：本研究。

首先，就情境 B2 而言，若以國產桐籽作為料源，國內原有之油桐樹種植土地面積已足夠供應 B2 目標，故並不需要採取休耕地轉種油桐樹政策，成本項目包含直接成本（桐油生質柴油部門之生產投入費用為 3.5 億元），其他部門生產花費（間接成本約 3.8 億元），兩者總和即為中間投入費用，亦即是表 4 之桐油生質柴油產業關聯效果中，產出效果與附加價值效果之差額，此指經濟體內各產業的產出，使用自身與其他相關產業投入之成本。

第二、至情境 B5 目標時，由原 0.64 萬公秉提高至 3.64 萬公秉之桐油生質柴油數量，若以國產桐籽為料源，現有油桐樹面積則無法支援生產桐油供

應足夠之桐油生質柴油，故增加使用休耕面積約 37,089 公頃種植油桐樹以維持政策目標，同時，政府為鼓勵林農進行休耕轉為造林種植國產種籽，分別乘上休耕補貼 45,000 元/公頃一年兩期，平地造林補貼 30,000 元/公頃/平均一年，可計算得補貼休耕與平地造林費用分別為 33.38 億元與 11.13 億元，故就總成本項目顯示，B5 國產桐籽情境之成本最高，包含政府補貼費用，共花費 65.58 億元。進口桐籽情境而言，不需使用國內土地種植油桐樹提供原料，成本皆由產業關聯效果計算得之。

第三、以收益項目顯示，包含經濟效益與環境效益，經濟效益為表 4 桐油生質柴油之產業關聯計算之產出效果，分為生質柴油部門之直接效益，以及外溢至上下游產業之間接效益。就環境效益而言，B2 情境使用國產或進口桐籽製造 6,400 公乘生質燃料替代石化柴油，每 0.905 公斤/公升生質柴油可減少二氧化碳淨排放量 2.65 噸，若將此排放權至二氧化碳市場進行交易，每噸二氧化碳價格為 580.63 元，故可計算得減量效益為 0.09 億元，因此，B2 政策顯示兩種料源情境之環境效益再分別加上產業關聯效益，所得之總效益為 11.10 億元及 14.30 億元。

第四、B5 之國產桐籽政策除了減碳效益之外，新種植油桐樹亦可增加碳吸存之數量，故依據每公頃造林可吸收 380 噸二氧化碳之計算，可得 81.83 億元之造林效益，然而，若以進口桐籽為料源，則僅包含以潔淨生質柴油取代石化燃料減少二氧化碳排放之減量效益，故效益共約 81.29 億元，總體而言，於四種情境之中，B5 國產桐籽之總效益最高，為 144.91 億元，其亦具有最大之淨效益 58.90 億元。

綜上所述，以國產桐籽自製桐油生質柴油所產生之淨效益為 3.80 億元至 58.90 億元，此政策就比較利益分析而言，料源成本顯示未具價格競爭力，但於成本效益分析，並納入環境正面效益及政府補貼之配套措施後，於 B2 政策時，進口與國產料源之淨效益相當，顯示兩種情境皆為可行之政策。然而，當政府生質能源政策目標提高至 B5 時，由於新植油桐樹進行碳

吸存帶來環境效益，國產桐籽情境之淨效益高於進口桐籽，再者，B5 國產桐籽情境具有最高之益本比，由此顯示國內使用休耕地新植油桐樹生產桐籽轉製生質柴油為可行之政策。

IV、結論與建議

本研究評估桐籽作為生質燃料料源之經濟可行性，考慮經濟面成本效益，以及納入政府之休耕地與造林補貼配套措施所計算之環境效益。經濟效益與成本實證模型包含產業關聯模型與成本效益分析，首先，供給面產業關聯模型以行政院主計處 (2009) 產業關聯表作為資料庫，並新增傳統油桐樹、桐油與桐油生質柴油部門。模擬情境設定為 B2(2%) 與 B5(5%) 兩種添加比例的目標時，以桐油煉製生質柴油挹注至燃料市場，分析其對總體經濟之整體效果、自身產業直接效果，與外溢至上下游相關產業之影響。其次，以成本效益評估油桐生質能源在國內發展之潛力。

研究結果顯示，首先，就價格競爭力比較利益分析而言，本研究比較桐油生質柴油之各項料源成本，以評估於國內研發桐油生質柴油之可能性，「進口桐籽方案」為最具競爭力之政策。然而，為配合政府現行之休耕與平地造林補助政策，本文評估配套措施國內推廣種植油桐樹種之發展潛力，區分進口與國產料源，考量透過森林之碳吸存功能帶來之環境效益，以及產業關聯之經濟效益，所得之成本效益分析結果顯示，B2 政策顯示國產料源產生之效益並不比進口桐籽差，故兩種種籽皆可作為生質能源料源，但是，當政府將生質能源目標提高至 B5，由於新植桐樹產生正面碳吸存環境效益，使國產桐籽呈現之政策效益高於進口桐籽之效益，故於 B5 政策時，國產桐籽產製桐油生質柴油為優先可行方案，此表示農民衡量補貼金額與改種樹林之機會成本後，可選擇加入平地造林計畫，釋出休耕農地，種植經濟林木之油桐樹種，將能有效利用自然資源。

林木自然資源為生質柴油料源之一，與一般能源作物相比，具有較長之生命週期，可長期間進行摘採種籽榨油煉製生質柴油，且可吸存碳素減少二氧化碳濃度，對我國社會、經濟、環境都有正面效益。台灣已經多年施行造林政策，大部分之林地大皆已覆蓋森林，故除持續進行山坡地造林外，亦逐漸重視以平地進行之造林方式。國內種植油桐樹之淨效益為最高，油桐適合於永續經營森林生產林木料源取代化石燃料，因此本研究建議政府相關單位於推行平地造林政策與生質替代能源政策時，應將林木油桐能源樹種納入考慮，並擴大面積造林以提高能源效率。

此外，由於目前政府單位僅建構部份果樹之成本資料，油桐樹種之投入產出資料尙付厥如，許多栽培的專業知識與經驗亦未訴諸於文字，本研究結果之呈現基於許多假設而得，主要原因是受限於資料不足，故建議未來政府相關單位先以電腦資料庫之形式記載油桐樹種收入成本與等各項資訊，再進一步由模型與程式進行搜尋和利用，若各林班及林試所能有效輔導林農記錄、提供成本數值，將樹種資料依據農產品生產成本調查報告格式呈現，詳實記載種苗、肥料、人工、農藥、農用設施、折舊、地租（自給部分）、資本利息等直接與間接費用和收益，相關研究單位將可評估更精確之經濟效益與成本。

附 註

1. 此面積是本研究依據各年林業統計新增面積之累計加總。
2. B5 目標之 3.64 萬公秉油桐生質柴油，經轉酯化反應、桐油桐酸含量 82.2%等係數（陳志宏，2009）換算回來，須由 3.82 萬公秉桐油作為料原，每公頃油桐樹可生產 790 公斤桐油（馬復京、游漢明，2007），故折合約需 48,406 公頃面積之油桐樹始能提供，但目前國內僅種植油桐樹面積 11,317 公頃相減，則可計算得新增之休耕土地使用面積為 37,089 公頃。
3. 休耕農地一旦復耕可用推廣平地造林（楊明憲，2008），並依據『平地造林造林直接給付及種苗配撥實施要點』第四點明訂平地造林適用範圍，包含兩期作皆符合「水旱田利用調整後續計畫」認定基準之土地（行政院農委會農糧署，2011）。

參考文獻

- 工業技術研究院，2010。『Q&A 問與答－珍惜綠色地球 高油價時代的新未來！』。新竹：工業技術研究院。取自http://www.biodiesel-tw.org/GCB_01/GCB04.htm。
- 古森本，2008。「生質能源作物之開發與潛力」，『農業生技產業季刊』。13卷，46-53。
- 左峻德，2006。「發展能源作物內部經濟效益分析」。行政院農委會農糧署九十五年度科技計畫。95農科-1.3.1-糧-Z8。財團法人台灣經濟研究院。
- 行政院主計處，2009。『中華民國九十五年臺灣地區產業關聯表 166 部門』。臺北：行政院主計處。
- 行政院農業委員會林務局，2009。『臺灣地區林業統計』。臺北：行政院農業委員會林務局。
- 行政院農業委員會林務局，2011。『綠色造林計畫－平地造林直接給付及種苗配撥實施要點』。臺北：行政院農業委員會林務局。取自<http://www.forest.gov.tw/ct.asp?xItem=45181&CtNode=4290&mp=1>。
- 行政院農業委員會農糧署，2009。『農產品生產成本調查資訊系統』。臺北：行政院農業委員會農糧署。取自<http://agrcost.afa.gov.tw:9000/agrcost/yearreport/index-report.html>。
- 行政院農業委員會農糧署，2011。『99年「水旱田利用調整後續計畫」宣導重點』。臺北：行政院農業委員會農糧署。取自<http://www.afa.gov.tw/public/peasant/2010128184947055.doc>。
- 西南新蓉化工研究所，2008。『中國長江水系油桐生態經濟林種植與綜合開發項目』。成都：西南新蓉化工研究所。
- 李育明、蘇炯龍，2007。「台灣生質能之生命週期評估初探」，『碳經濟』。7期，50-62。
- 林幸君、徐世勳、左峻德，2006。「國內發展能源作物對農業及總體經濟影響之投入產出分析」，發表於台灣經濟學會與北美華人經濟學會 2006 年聯合年會。臺北：政治大學。12月17日。
- 林俊成、李國忠，2005。「人造森林吸收及貯存大氣中二氧化碳的功能」，『環保資訊月刊』。88期，1-5。

- 林俊義, 2007。「我國生質能源作物之展望」,『林業研究專訊』。14 卷, 3 期, 29-34。
- 馬復京、游漢明, 2007。「以林木種子油脂生產生質柴油」,『林業研究專訊』。14 卷, 3 期, 22-25。
- 張逢源、林秋裕, 2008。「淺談台灣生質能發展」,『能源報導』。2008 年 12 月號, 5-7。
- 陳志宏, 2009。「以桐油製備生質柴油及最佳摻配比例之研究」,發表於中華民國環境工程學會 2009 廢棄物處理技術研討會。台灣: 雲林科技大學。11 月 6 日。
- 黃信源, 2007。「苗栗地區油桐物候生物學之研究」。碩士論文, 中興大學森林學系所。
- 楊明憲, 2008。「國際穀物供需變化與台灣糧食生產之研析」,『農政與農情』。192 期, 52-58。
- 楊金興, 2007。「油脂作物品種開發與栽培」,『綠色油田在農業永續發展扮演的角色研討會專刊』, 132 號, 頁 23-46。行政院農業委員會農業試驗所。取自http://www.tari.gov.tw/taric/uploads/publication_no132_07.pdf。
- 經濟部, 2009a。『綠色能源產業旭升方案』。台北: 經濟部。取自http://investtaiwan.org/doc/2009_10_01_3.pdf。
- 經濟部, 2009b。『98 年全國能源會議 - 94 年全國能源會議結論執行成效與檢討』。台北: 經濟部。
- 經濟部能源局, 2010。『2009 年能源統計月報』。台北: 經濟部能源局。
- 顏仁德, 2009。「我們林業, 為提供更美好的未來」,『台灣林業』。35 期, 3-11。
- Dillon, H. S., T. Laan, and H. S. Dillon, 2008. *Biofuels - At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Indonesia*. Geneva, Switzerland: The Global Subsidies Initiative (GSI) of the International Institute for Sustainable Development (IISD). 取自[http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0812_GSI - Biofuels - At what cost - Government support for ethanol and biodiesel in Indonesia.pdf](http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0812_GSI_-_Biofuels_-_At_what_cost_-_Government_support_for_ethanol_and_biodiesel_in_Indonesia.pdf)。
- ICIS, 2010. *ICIS Pricing March 2010 - Biodiesel*. Europe: ICIS. 取自http://www.icispricing.com/il_shared/Samples/SubPage10100125.asp。
- Kulišić, B., E. Loizou, S. Rozakis, and V. Šegon, 2007. "Impacts of Biodiesel Production on Croatian Economy," *Energy Policy*. 35: 6036-6045.
- Lee, S. M. and H. S. Han, 2008. "Benefit-Cost Analysis of Biodiesel Production in Korea," *Journal of Rural Development*. 31: 49-65.

- Lotero, E., Y. Liu, D. E. Lopez, K. Suwannakarn, D. A. Bruce, and J. G. Goodwin, 2005. "Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis," *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 44: 5353-5363.
- Miller, R. E. and P. D. Blair, 1985. *Input-output Analysis: Foundations and Extensions*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Muennig, P., 2002. *Designing and Conducting Cost-effectiveness Analysis in Medicine and Health Care*. San Francisco: Jossey-Bass Press.
- National Biodiesel Board, 2010. *Biodiesel.org – FAQ*. Washington, D.C.: National Biodiesel Board. 取自<http://www.biodiesel.org/resources/faqs>.
- REN21, 2009. *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*. Paris, France: REN21. 取自<http://www.ren21.net/globalstatusreport/g2009.asp>.
- Rozakis, S. and J. C. Sourie, 2005. "Micro-economic Modelling of Bio-fuel Chain System in France to Determine Tax Exemption Policy under Uncertainty," *Energy Policy*. 33: 171-182.
- Sourie, J. C., D. Tréguer, and S. Rozakis, 2005. "L'ambivalence des Filières Biocarburants," *Recherches en Economie et Sociologie Rurale*. 2: 1-8.
- The European Parliament and of the Council, 2009. "Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC," *Official Journal of the European Union*. 52(L140): 16-62.
- The World Bank, 2010. *State and Trends of the Carbon Market 2009*. Washington, D.C.: The World Bank. 取自http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/State_and_Trends_of_the_Carbon_Market_2010_low_res.pdf.

Potential of Domestically Produced and Imported Tung (*Vernicia Fordii*) Seeds for Biofuels

Chin-Hsiue Chang^{*}, Hsing-Chun Lin^{**}, and Shih-Hsun Hsu^{***}

Using tree seeds as raw material for biodiesel can avoid food supply shortages, mitigate fuel price increases, and reduce greenhouse gas emissions. This study employed Cost-Benefit Analysis to assess the economic feasibility of using domestically produced and imported Vernicia fordii (Tung tree) seeds as energy crops on the basis for the objectives of B2 and B5 bioenergy policies in Taiwan. Fallow transfer subsidies and plains afforestation subsidies were also included as considerations for government supporting measures. The empirical model analyzed the Input-Output Analysis, simulating the direct and indirect influences to the domestic economy of the Tung biodiesel industry from the three new industries on the Taiwan Input-Output Table: Tung trees, Tung oil, and Tung biodiesel. Simulation results demonstrate that when bioenergy goals were expanded to B5, the positive carbon sequestration effects brought by the program of planting new Tung trees on fallow agricultural land and using domestically-produced Tung seeds as a fuel source make this program economically feasible

Keywords: *Tung Oil, Biodiesel, Cost Benefit Analysis, Input-Output Analysis*

* Ph.D. Candidate, Department of Agricultural Economics, National Taiwan University.

** Associate Professor, Department of Applied Economics, National Chiayi University. (Corresponding Author)

*** Professor, Department of Agricultural Economics, National Taiwan University. We wish to thank the comments in our manuscript in the seminar for Taiwan Economic Association in 2010. We also thank the financial support from National Science Council (Research number: NSC 98-2621-M-002-040) and the anonymous referees for the valuable comments. If there are any careless mistakes in the article, the authors will be respondent for those.