能源作物之國外推動經驗與國內發展展望（下）

農試所所長　林俊義

【上篇】

一、序言

二、能源危機、廢氣污染及替代能源

三、生質能源與能源作物

四、國內外生質能源之開發現況

五、生質能源作物之栽培與生產技術

（一）適合於國內生產酒精之能源作物

1.甘蔗：甘蔗為目前世界上用於生產生物酒精的最主要作物（圖十一），在台灣甘蔗的生長期約12個月（宿根栽培）至18個月（一般栽培），國內平均產量78公噸/公頃，台糖公司目前正積極從事利用甘蔗生產生物酒精之研發。

2.甘藷：品種為台農57號及66號（圖十二），全年均可供苗，前者澱粉含量高，適合中南部種植，後者澱粉含量較低，適合北部種植，生產成本約3元/公斤（不含農民本身工資），每公頃可栽培3萬苗，平均鮮重產量約30公噸/公頃。與甘蔗相比較，甘藷生育期短，單位時間產量高，值得積極開發。

作者：林所長俊義
連絡電話：04-23302301-200



圖十一、世界生產酒精能源的最主要作物－甘蔗。



圖十二、具生產酒精潛力的能源作物－甘藷與地下塊根。

3.木薯（圖十三）：依氰酸含量多寡可分為苦味種（高氰酸）及甜味種二種，行株距60×120公分，可春植或秋植，生長期約18~20個月，平均產量約為16,000公斤/公頃；吸肥力強，對地利耗損大，不可連作。

4.甜高粱（圖十四）：可於春、秋兩季播種，可採行春作播種，收穫後於夏作行宿根栽培，單位面積產量為莖桿鮮重20~30公噸/公頃。其優點為：(1) 栽培容易，可用種子繁殖，(2) 需水量低，水分利用效率高，(3) 生長期短(4個月以內)，單位時間產量高，適合現有栽培體系，適用機械播種、管理及採收，(4) 可宿根栽培。但其缺點為：(1) 播種後初期需雜草管理，(2) 產物體積較龐大，儲存及產製過程需較大空間，(3) 在農村景觀方面較不具美化特色。

（二） 適合於國內生產生物柴油之高油份含量作物

1.大豆（圖十五）：大豆、向日葵、落花生及油菜同列為世界四大油料作物。大豆原為溫帶作物，對溫度及日照敏感，但經常年馴化及品種改良，可以從溫帶北部到熱帶均可栽培。台灣大豆品種南部一年可栽培三作，北部亦可種植二作，其品種對光期鈍感，生育適溫20~30℃。民國33年栽培面積約2萬公頃，產量約1萬公噸，49年最高峰達約6萬公頃，因廉價大豆進口，85年僅有5千公頃，目前則只有零星栽培，主要推廣用為綠肥作物。台灣在各改良場所育種努力下，已有三十幾個大豆品種推廣，生育日數約90~120天，播種期春作在1~2月間，夏作6~7月間，秋裡作9~10月間，每公頃產量可達1,500~3,200公斤，油份含量17%~24%，為重要食用油來源。世界各國大豆平均公頃產量約1,000~3,500公斤，已開發國家平均約2,200公斤，低油份含量品種約13~14%，一般品種約18~24%，高油份品種可達26~27%。本所作物種原庫保存約六千多個大豆種原，油份含量在9.7~34.2%，值得加以篩選利用。



圖十四、可生產酒精的能源作物－甜高粱。



圖十三、可生產酒精的能源作物－木薯。



圖十五、生產生物柴油的世界性能源作物－大豆與其種子。

2.向日葵：向日葵分為油用、食用及觀賞用三類。油用向日葵之公頃油脂產量比大豆高出二倍以上。在台灣，向日葵全年皆可生長，但中南部較適合於秋裡作（9 ~10月）栽培，且因向日葵忌水與易倒伏，6~7月颱風多雨季節避開為宜。台南區農業改良於民國71年育成雜交向日葵台南1號，於74年推廣面積曾達358公頃，後因進口價格低於契作價格，停止推廣及開發研究。最近2~3年，因秋季裡作向日葵具景觀、切花及綠肥等用途（圖十六,十七），有較大面積之栽培。目前，向日葵台南1號每公頃籽實產量在1850公斤左右，種仁含油率為58%，每公頃平均油產量可達600公斤。

3.油菜：台灣油菜栽培面積在日據時期約有1,000公頃，其中以彰化、台中、苗栗等縣栽培最多，而嘉義、南投、雲林亦有小面積栽培，主要皆利用水田冬季裡作培栽，主要栽培品種為屬於小油菜（*Brassica campestris* L.）的在來種。民國 48年推出屬於大油菜（*Brassica napus* L.）的新品種後，台灣油菜栽培面積逐年增加，至民國53年達二萬公頃，年生產量27,000餘公噸，為歷年來台灣油菜生產最高峰。後因菜籽油中含有高量芥酸，對人體及動物有不良影響，菜籽油不再為消費者所喜愛，油價大跌，農民失去種植興趣，政府亦考量國民健康，暫不推廣油用油菜之栽培，而改自國外進口大量的植



圖十六、向日葵花田與葵花子。



圖十七、向日葵花海－向日葵兼具食用（食用油與瓜子）、觀賞（切花與休閒景觀）、綠肥、能源等多重功效。

物油（如大豆沙拉油 ）。目前田間常見的油菜多為冬季裡作，主要用為綠肥作物，但兼具觀賞功能（圖十八,十九）。

二次大戰結束以來世界油菜發展非常迅速，油菜栽培面積從1950年的270萬公頃，擴展至2003年已增加10倍，超過2,700萬公頃，目前油菜已成為一種世界性的重要油料作物。油菜在台灣的種植時期：南部為9月中旬至10月中旬；中部為9月中旬至10月中旬；北部為9月下旬至10月下旬。生育日數：120-160天。種子收穫適期：約開花後2個月，植株基部1/3高度的果莢黃熟時。種子收穫量：2,000-2,500公斤/公頃。



圖十八、油菜花與油菜子。

（三）能源作物之初步試作與推廣計畫

農試所自去年（2005年）度起進行生質能源作物之生產體系建立及利用評估計畫，目前已收集油料作物（大豆、向日葵、落花生、油菜等）與澱粉（含糖類）作物（甜味種木薯、甘藷、玉米、甜高粱）等共1,048個品系，經調查農藝特性及初步篩選高油份品系計50個。此外，進行能源作物大豆、向日葵、油菜大面積試種，分北（宜蘭三星）、中（雲林古坑）、南（台南學甲）三區，共90公頃。北部於6月底播種，7月中旬重種；中部於6月中旬播種，7月重種二次。南部7月初播種，亦重植二次。主要因7月中旬海棠等颱風來襲，三地區之油菜與向日葵生育均差，僅中、北部之大豆生育較佳，北部向日葵有2公頃尚可，二作物均能正常開花結實。本所並於去年2005年11月14日上午10時，在台南縣學甲鎮舉辦大豆、向日葵及油菜三種能源作物大面積試作成果田間觀摩會，可說是第一次集中休耕田，以機械化省工栽培方式進行能源作物試種。此外，農試所正加強能源作物收穫機之研發。

今年農委會將積極推動休耕地改種「生質能源作物」，包括大豆、向日葵



圖十九、油菜花田－油菜兼具食用、休閒、綠肥及能源等功效。

及油菜等，規劃種植2,000公頃，將於雲林、嘉義和台南三地率先實施，農試所與相關農業改良場將負責技術輔導業務，協助農民種植能源作物；如果推廣成效良好，2007年時農委會將酌予增加栽培面積到8,000公頃，往後逐年增加並擴及全國，期望能打造休耕農田成為「綠色油田」，使台灣農業能永續生產，並與世界潮流接軌。目前台灣兩期稻作休耕農田大約有24萬公頃，如果全部轉換種植能源作物，約可生產11萬公秉以上的「生質柴油」，並可每年減少二氧化碳排放量約33萬公噸以上。

六、生質能源作物之製油成本分析與能源轉換瓶頸

製油成本分析：甘蔗是巴西生產酒精的主要原料，生產1升酒精的成本是0.19美元，而美國為0.33美元，歐洲為0.55美元。目前巴西的汽油零售價每升為1.75雷亞爾（Real）（約合4.72美元），而酒精卻只有0.8雷亞爾（Real）（約合2.16美元）。

台灣由於農業生產成本仍高，生質能源製油成本亦較高，甘蔗生產酒精成本分析約65.5元/公升【（甘蔗汁46,800公斤×3元+46,800公斤×發酵製造18元）/15,000公升酒精＝65.5元/公升】。

生物柴油的價格係由植物油的市價而異。美國通常B20的生化柴油比純石化柴油每公升貴16 ~ 21美分。而目前油菜、向日葵、大豆每公斤之價格分別約為新台幣120元、140元及180元。未來若能建立生質能源產業、企業化經營及採用國外大型設備後，成本應有降低的空間，預估油菜、向日葵、大豆轉換生物柴油成本，每公斤分別可降至新台幣75元、55元及60元。

酒精燃料之能源轉換瓶頸：雖然乙醇為高效率燃料，但在使用仍有其特性限制：(1) 乙醇易吸水，當乙醇汽油的水分含量如超過1%時，就會產生汽油與乙醇的分層現象，需要有較佳的儲運系統，(2) 乙醇熱值較低，使用乙醇汽油，發動機的油耗會增加大約5%，動力也會有所下降，(3) 使用乙醇汽油的車輛有時不易起動，尤其在北方冬季低溫的情況下（但國內除了冬季高山地區應無此現象），(4) 在廢氣排放方面，雖然大部分污染物的含量下降，但氧化氮含量會略有上升。在國內，發展酒精動力甚緩，目前尚無酒精車輛之開發或引進，缺乏酒精利用市場，更限制了國內酒精類能源作物的發展。

生物柴油之能源轉換瓶頸：生物柴油之燃燒特性和石化柴油相近，可直接取代，同時因其閃火點較高，亦較安全。但生產生物柴油之油料作物則單位面積產量偏低，生產成本較高，致原料價格偏高，影響生物柴油之成本極大。須從提高單位面積籽實產量及含油率方面改良，才易使生產成本降低。

七、生質能源作物對環境及耕作制度之貢獻

種植能源作物生產酒精及生物柴油，除作為替代能源外，對整體生態環境及農業之貢獻甚鉅。例如10萬公頃休耕地→10萬噸油→10百萬公升生物柴油→33萬噸二氧化碳減量（佔總量1%）（表二）。效果說明如下：(1) 密閉型的碳循環（Carbon cycle），永續運用，不會增加CO_2含量，確保生態。(2)無毒性，可再生（Renewable）而且生化可分解（Biodegradable）性良好，而避免污染，健康環保安全性良好。(3) 不含芳香族烴類成份而不具致癌性，並不含硫、

鉛、鹵素等有害物質。(4) 減少黑煙、碳氫化物、微粒子以及CO_2排放量。(5) 可替代部份能源，節省石油進口量及外匯。(6) 自行設廠生產又可增加就業機會，並可回收廢食用油脂做為原料，以利廢油的再資源化，一舉數得。(7) 可維持耕地環境，殘株犁入土內，保持有機質達到地力之維持及永續利用。(8) 解決休耕農地問題。(9) 美化農村景觀，及創造休閒旅遊產業。(10) 增加農民就業機會及促進社會發展。(11) 水旱田輪流栽培作物可有效利用地力。(12) 栽培旱作作物可以節省灌溉水，解決部分稻田缺水問題。

表二、使用生質能源對空氣污染之減量效果[z]

（單位：%）

污染物成份	B20	B100
一氧化碳	-10	-50
粒狀污染物	-15	-70
碳氫化合物	-10	-40
硫氧化物	-20	-100
氮氧化物	+2	+9
甲烷	0	0

資料來源：US EPA(2002)

[z]估計值係假設油品本身的成份乾淨，而且引擎也充分利用燃料的特性。B20: 為20%生質柴油與80%普通柴油；B100: 為100%生質柴油。

八、未來展望

台灣能源有限，石油價格日益攀升，且環境污染日益嚴重，發展替代能源非常重要且有其必要性。未來，隨著生質能源市場的成長，可以發展能源作物栽種，美化農村景觀，配合休閒旅遊，增加農民收益；也可解決農地廢耕的問題，增加能源自給率；設立生物柴油工廠解決了廢食用油處理問題，也可增加農村的發展機會，不但保護環境生態，也為台灣永續發展建立良好的基礎。

但由於生質能源生產成本偏高，須有相關研究及政策法令訂定，才能普及並降低生產成本，其重點如下：(1) 開發更多適合生產之能源作物：選育高產、高糖分、高油份，生育期短，單位時間產量高，適合台灣氣候及栽培制度下，適地、適期、適作之作物品種。選育具耐熱，抗逆境、病蟲害、殺草劑性強之新品種。其他如林木等多年生能源植物之開發。(2) 提升生產效率，降低生產成本：擴大工廠生產規模，以降低生產成本栽培能源作物以企業化、機械化集團經營，以省工栽培方法，以降低原料生產成本。(3) 提升製油技術，降低生產成本：開發常溫糖化及醱酵的技術，以節省能源；開發轉酯化技術以降低生產成本。(4) 制定優惠法案，保障生質能源生產及利用，以確保優質環境。

