油脂作物品種開發與栽培

楊金興

行政院農業委員會農業試驗所

摘　要

我國將於 2008 年 7 月起全面實施 B1 柴油 (石化柴油添加 1% 生質柴油) 供應，每年約需 6 萬公噸生質柴油，估計需栽培大豆 12 萬公頃 (以產量 2,500 公斤/公頃，含油量 20% 估算)，2010 年全面實施 B2，每年約需 12 萬公秉。國內每年約有 24 萬公頃休耕農地，如能充分利用栽培油脂作物，將可足夠供應。

利用高油脂含量作物如大豆、向日葵、花生、油菜籽、痲瘋樹等等，其植物油經轉脂化反應 (transesterification) 可製成生質柴油，其燃燒特性和石化柴油相近，可以任意比率與石化柴油調和使用，燃燒更完全且不含硫，可有效改善柴油引擎的廢氣排放品質，為密閉型的碳循環 (Carbon cycle)，不會增加 CO2 含量，是一種結合再生能源與減低污染的能源，符合永續發展的技術。

目前生質柴油推廣以德國最成功，從 1992 年開始推廣，產量約 5,000 公噸，初期成長緩慢，在最近的十年，生質柴油產量增加約 50 倍，至 2006 年可達 200 萬公噸，約占世界 80%，主要作物為冬油菜，其推廣成功，主要因育種及栽培雜交種 F1，其產量可達 5,000 公斤/公頃，含油率可達 45%。其次為美國，以大豆油為主。

由世界農糧組織統計，2005 年世界主要油脂作物產量依序為大豆、棕櫚、油菜、棉籽、花生、向日葵等。2006 年美國農業部統計，世界主要植物油產量依序為棕櫚油、大豆油、油菜仔油、葵花油、花生油、棉籽油等，植物油價格 2004 年依序為棕櫚油、大豆油、油菜仔油、葵花油、棉籽油、花生油等。

大豆、向日葵、花生、油菜籽等作物，國內曾大面積栽培，如花生最高達 10 萬公頃，大豆為 6 萬公頃，這些作物國內各農業改良場所也育成許多優良品種推廣栽培，其栽培技術均無問題，但自加入 WTO 以後，近幾年只剩花生栽培面積約 2~3 萬公頃，其餘作物均作為綠肥，本文將討論這些作物在台灣栽培之情形及其優劣點，並探討開發新興油脂作物之可行性，供國內推動栽培之參考。

前　言

我國生質柴油推動目標 (經濟部 2006.10) 為：2008 年全面實施 B1 生質柴油需求量約 5~6 萬公秉，至 2010 年起將全面實施 B2 生質柴油，需求量約 10~12 萬公秉，生質柴油 5 萬公秉約需種植大豆約 10 萬公頃 (如種子產量 2,500 公斤/公頃，含油量約 20%)，向日葵需 6 萬公頃 (如產量 2,000 公斤/公頃，帶殼含油量約 40%) ，油菜約 6 萬公頃 (如種子產量 2,000 公斤/公頃，含油量約 40%) ，落花生約 4 萬公頃 (如莢果產量 3,000 公斤/公頃，帶殼含油量約 40%) ；目前農委會從 2006 年已開始鼓勵農民利用休耕農地 (約 22 萬公頃)種植大豆及向日葵，並與工廠訂定契約供生產生質柴油，由於剛開始啟動推廣生產，作物種類及品種均存在諸多問題，值得深入探討及謀求解決之道。

生質柴油之來源，理論上，各種植物油脂，諸如大豆油 (黃豆油)、玉米油、葵花油、米糠油、棕櫚油等，或回收油及動物油脂，均可做為其原料，與醇類 (甲醇、乙醇) 經轉酯化反應予以製造，同時可獲得副產物--甘油 (Glycerine) 可供生產化粧品、醫藥品等市場。其產製過程為甲醇與植物油之比率為 3：1～6：1，一般以鹼催化製程生產 (以氫氧化鈉-對油脂重量的 1% 為觸媒)，大約於 63℃混合攪拌反應 2 小時，即可得，或酸催化製成，其各有優缺點，視原料特性選擇適當之方法 (林等，2006) 。由於製程及設備簡單，可自行產製生質柴油利用。

生質柴油作物選擇及推動，可參考國外研究及推廣情形，供國內參考。歐洲是推動能源作物著力最深之國家，有 14 個國家研究能源作物開發與利用 (Venendall, et al., 1997)，共篩選 30 種作物，包括林木及草本植物，分析其栽培成本，生物質產量及環境的適應性，結果不同國家研究結果，適合作為能源的植物差異頗大，只有少數幾種作物可行，其考慮因素 (1) 基於政策及財政的考量。(2) 基於環境氣候因素選擇作物。(3) 高生物質產量 30-40 噸生物量/公頃，如高粱、芒草等。(4) 收穫時期的適合性，如收穫後是否須乾燥及貯藏條件等所需要之能源，及落葉或殘枝可回歸土壤作為肥料利用，對生態環境有益性等。(5) 農民容易接受、雜草容易控制、容易栽培及省工、作物需水量及肥料需求量少，及回歸土壤的有機物量多。(6) 運輸成本。(7) 農民租地及利潤，農藥使用種類及 N 肥淋洗作用是否影響地下水品質。(8) 作物栽培技術及市場需求，影響農民栽培意願。(9) 透過研發將可減少生產成本，例如提高作物產量、耐逆境、抗病蟲害等，在未選獲最適合能源作物前，一般以目前已有的基礎進行栽培生產，因為耕作模式改變不大，投資生產成本較低等。(10) 因能源作物作為能源使用，不但節省石油資源且減少

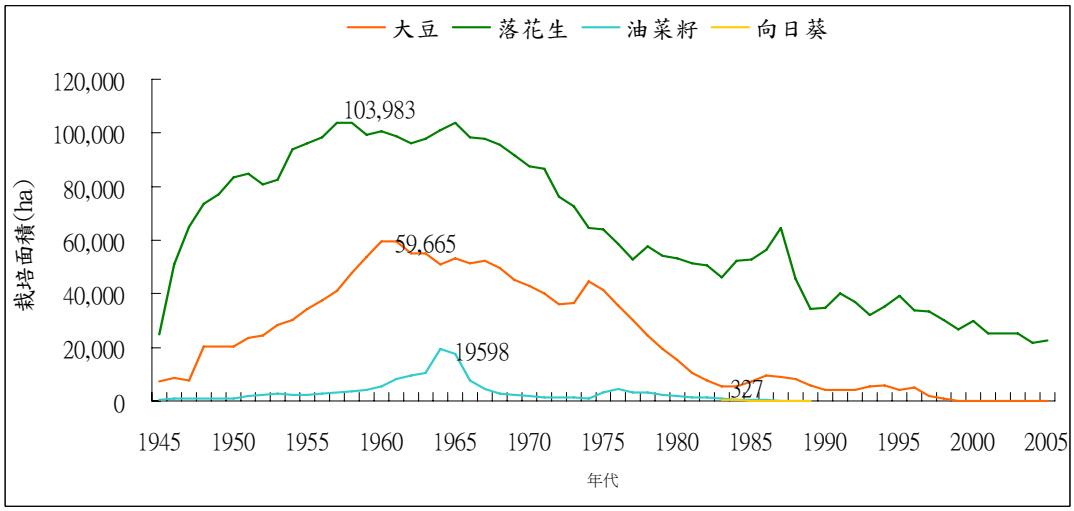
CO_2 排放量，為對環境友善的能源，因此必須考慮低農藥使用，對土壤的侵蝕作用，硝酸鹽的淋洗作用，腐植土的降解作用，廢水及廢泥渣的利用；水分利用效率要高，例如多年生植物，或 C4 型植物高於 C3 型植物。(11) 因此，未來研究方向為：選育適合的能源作物，可獲得高能量產出/投入比；低成本的多年生作物；以友善及有效的方法控制雜草；低需水量或高水分利用率之作物；廢水再利用；副產物開發與利用；作物品種改良、並考慮收穫期、肥效、氣候等影響作物品質的因素；收穫方式影響能源成本，以乾燥收穫及容易粉碎的作物最省成本；是否可週年生產、能量的轉換，作物生產成本等；最後為農民接受程度。

由於生產成本偏高，開發副產物利用為影響推動生質柴油產業成功與否之重要因素之一，例如作為土壤改良劑，不但增加水果產量及品質，也可減少病蟲害 (Cohen, M. F., and M. Mazzola. 2004)。利用生物質作為能源用途，可能影響糧食生產及人類能量的獲得，最好能兩者兼顧，在荷蘭比較 (1) 能源作物生產能源，廢棄物作為飼料。(2) 以農業廢棄物作為能源及肥料生產糧食作物。(3) 以農業廢棄物作為能源及肥料生產飼料作物。結果以能源作物生產能源而廢棄物作為動物飼料最有效率 (Nonhebel, 2007) 。

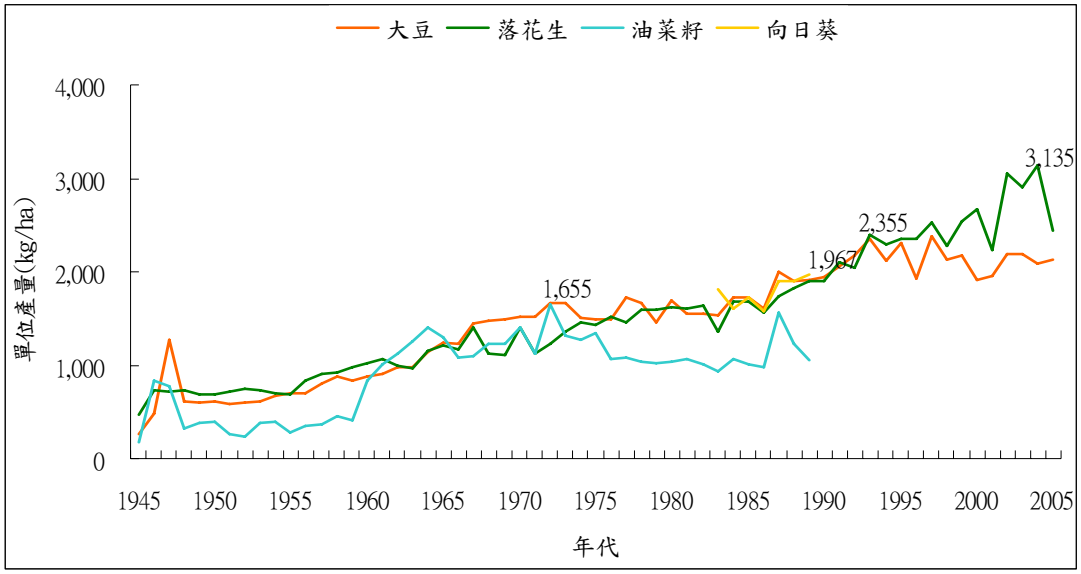
目前生質柴油推廣以德國最成功，從 1992 年開始推廣，產量約 5,000 公噸，初期成長緩慢，在最近的十年，生質柴油產量增加約 50 倍，至 2006 年可達 200 萬公噸，約占世界 80%，主要作物為冬油菜，其推廣成功，主要因育種及栽培雜交種 F1，其產量可達 5,000 公斤/公頃，含油率可達 45%。其次為美國，以大豆油為主。其榨油後之豆粉均具有高營養價值，並已開發多種營養品及飼料用途，為生產生質柴油之有利條件。

國內主要油脂作物品種與栽培概況

臺灣主要油脂作物有大豆、落花生、油菜及向日葵，歷年來栽培面積大豆最高為約 6 萬公頃（圖一），落花生為 10 萬公頃，油菜為 2 萬公頃，向日葵為 327 公頃。平均公頃產量大豆最高為 2,355 公斤（圖二），落花生 3,135 公斤，油菜 1,655 公斤，向日葵 1,967 公斤。目前只剩落花生有經濟栽培，年種植面積約 2~3 萬公頃。



圖一、 1945~2005 年臺灣主要油脂作物栽培面積
資料來源：臺灣農業年報



圖二、臺灣主要油脂作物平均公頃產量
資料來源：臺灣農業年報

一、落花生

落花生為原產於南美之豆科熱帶作物，臺灣栽培之年代可能也是在 16 世紀後期，迄今約有 400 餘年之歷史。落花生種子含粗蛋白質 22～30% 及油分 44～56% ，脂肪酸含量以不飽和脂肪酸之油酸 47.4% 及亞油酸 37.5% 最高，適合食用、油用及加工。

落花生之適應性大，對土壤及氣候條件之要求不嚴，故分佈極廣，自北

緯 45 度至南緯 45 度之地區均有落花生之栽培。對土壤條件之要求並不嚴格，可說是一種耐瘠作物，任何農地皆可栽培，尤其是新墾地。但栽培落花生最理想之土壤為排水良好之壤質砂土（loamy sand）、砂質壤土（sandy loam） 或砂質粘壤土。

落花生喜好高溫，生長期懼霜，在熱帶地區經年均可生長。生長期約 4~6 月，在溫帶地方為夏季作物，早熟種 105~135 日，中熟種 140~170 日，晚熟種 180~210 日成熟。溫度與種子含油量有密切之關係，在熱帶及高溫地區生產之種子含油量高。臺灣大部分之地區一年皆可栽培兩作落花生。在南部地區由於冬季溫度較高，因此尚可栽植一作秋裏作，即一年可三作。

臺灣歷年育成品種及地方品種共 32 個品種，由純子選育及地方品種（表一）共 19 個品種，初期均以油用為主，後來育種目標為食用為主，其植物型主要以 Spanish 型，澎湖地區以 Runner 型品種為主，主要來源為中國及東南亞。從 1959 年起由雜交育種方法已陸續育成新品種（表二），均以 Spanish 型為主，初期品種以產量及油用為育種目標，另外，臺農 5 號為短期休眠性為目標，從臺南 11 號起，則以大莢及大粒型為育種目標，而花蓮 2 號為 Valencia 型多粒莢型品種，臺農 7 號則大莢大粒又甜度高之優質品種，這些品種均以食用為主。

落花生栽培目前以彰化、雲林兩縣為落花生主要產區，約佔臺灣栽培總面積 80% 以上。近年來栽培面積 2~3 萬公頃，其平均公頃產量達 3,000 公斤以上，在世界排名均為 10 名左右，但視氣候變化而變動，可見近年來之育種成效卓著（表三）。

由於落花生油份含量高，產油量約為大豆之 2～3 倍，美國也進行落花生作為生質柴油之可行性，研究發現有 1 個很適合作為能源用之品種 -Georganic，由於只要使用 1 次除草劑及抗病性佳之特性，可減少成本及增加產量。另外，研究以減少整地及篩選抗多種病害品種，及高油酸品種 (Durham, S., 2007)。值得國內參考研究利用。

臺灣如以落花生作為生質柴油之料原，需以小粒型、高油份、抗病蟲害佳之品種，配合少耕作方式，以少耗能之機械採收方式 (如國外採兩段式，第一段先翻犁田間曬乾後，第二段一次脫莢及脫粒，可減少能源消耗量)。

優勢：熱帶作物，適合臺灣栽培，生育期短，約 120 天，每年可 2 收；耐旱，可節省水資源利用，適合沙質地種植；產量高，含油率高，機械化普遍，可減少機械設備投資。

劣勢：花小，無美化環境之效果；採收效率較低及種子需曬乾，生產成本較高。

表一、臺灣落花生以純系選拔育成之品種及地方品種

品種	來源	植物型	育成年度	油份含量(%)
1.油豆	地方品種	Spanish	-	52.4
2.老公仔豆	地方品種	Spanish	-	54.6
3.立枝仔	地方品種	Virginia	-	48.1
4.大冇	地方品種	Runner	-	49.0
5.鴛鴦豆	地方品種	Runner	-	47.8
6.臺南白油豆 1 號	北港白油豆	Spanish	1942	55.8
7.臺南白油豆 2 號	善化白油豆	Spanish	1942	56.6
8.臺南白油豆 5 號	東石白油豆	Spanish	1942	53.5
9.青島	青島花生	Spanish	1956	54.6
10.臺農 1 號	懷遠花生	Spanish	1956	55.9
11.澎湖 1 號	鴛鴦豆	Runner	1961	51.8
12.澎湖 2 號	鴛鴦豆	Runner	1961	51.4
13.臺農 2 號	金門地方種	Spanish	1963	57.0
14.臺農 3 號	Imp. Spanish	Spanish	1963	57.1
15.西班牙白	Spanish White	Spanish	1963	57.6
16.臺南選 9 號	越南 Giay	Spanish	1966	48.9
17.澎湖 3 號	地方品種	Runner	1996	45.4
18.臺中選 1 號	立枝仔反	Virginia	2006	-
19.臺中選 2 號	立枝仔反	Virginia	2006	-

資料來源：臺灣雜糧作物品種圖說

表二、落花生以雜交方法育成之品種

品種	植物型	育成年度	油份含量(%)
1.臺南 6 號	Spanish	1959	55.2
2.臺南 7 號	Spanish	1959	55.7
3.臺農 4 號	Spanish	1971	51.7
4.臺南 10 號	Spanish	1976	57.1
5.臺農 5 號	Spanish	1982	49.7
6.臺南 11 號	Spanish	1986	45-53
7.臺南 12 號	Spanish	1993	49.3
8.臺農 6 號	Spanish	1995	48.2
9.花蓮 1 號	Spanish	1997	48.2
10.臺南 13 號	Spanish	1998	48.0
11.臺南 14 號	Spanish	1998	47.6
12.花蓮 2 號	Valencia	2003	48.0
13.臺農 7 號	Spanish	2003	51.9

資料來源：臺灣雜糧作物品種圖說及命名資料

表三、近年世界重要國家之落花生莢果產量　（單位：kg/ha）

年度 / 國家	2000	2001	2002	2003	2004	2005	排名
義大利	-	5,428	-	5,911	6,153	6,396	1
以色列	6,443	7,117	5,806	8,311	6,025	5,900	2
馬來西亞	5,110	5,590	3,728	5,270	4,845	4,857	4
西班牙	2,647	2,892	2,555	3,461	3,500	4,166	5
沙烏地阿拉伯	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	6
美國	2,737	3,397	2,869	3,541	3,447	3,317	9
中國	2,971	2,884	3,009	2,655	3,014	3,080	10
臺灣	2,670	2,228	3,050	2,908	3,135	2,438	15
日本	2,472	2,242	2,412	2,308	2,338	2,380	20
韓國	1,913	2,019	2,045	1,759	2,390	2,058	24
泰國	1,596	1,616	1,621	1,621	1,632	1,629	33

資料來源：FAOSTAT | © FAO Statistics Division, 2006.

二、大豆

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，以可從溫帶北部到熱帶均可栽培。對土質的選擇不嚴，除了過於粘重的土壤外，大部份的土質均可生長，但仍以土壤肥沃，有機質含量高的壤土最為適合。

臺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℃。生育日數約 90~120 天，播種期春作在 1 月~2 月間，夏作 6 月~7 月間，秋裡作 9 月~10 間，公頃產量可達 1500~3200 公斤，油份含量 17%~24% 之間。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%。農試所作物種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。

大豆歷年育成之品種約有三十多種品種，初期也以油用為主，後期則為加工食用(高蛋白質)為主，其中較高油份含量之品種有三國等 7 個品種（表四)，油份含量均高於 20%，其中以高雄選 10 號及花蓮 2 號較高達 23%以上，公頃產量可達 2,500 公斤以上，這些品種特性有些對溫度及日照敏感，需注意栽培時期。

於 2006 年在高屏地區評估，以大豆高雄選 9 號、毛豆高雄選 1 號及高雄 3 號等較適合，產量為 2,869~3,264 公斤/公頃，油份含量約 20%。採用機械化生產成本為 42,600~ 46,200 元/公頃，平均每生產成本約 16.9 元/公斤。在嘉南地區，以臺南選 1 號、高雄 8 號、高雄選 10 號等較適合，產量為 2,737~2,896 公斤/公頃，油份含量約 20.2%~21.4%，利用省工機械栽培法，生產成本約 31,800 元/公頃 (約 16.0 元/公斤)，傳統栽培法約 43,600 元 (約 17.5 元/公斤)，產量雖由 2,490 公斤減為 1,980 公斤，估算淨收益仍較傳統栽培法多約 11,800 元。如轉換為生質柴油，估計成本約 40~50 元/公升 (扣除豆渣 9 元/公斤)。

優勢:生育期短，約 90~120 天，每年可 2~3 收，收穫期植株已乾枯，機械採收容易，可減少種子乾燥所需之能源，運輸及貯藏方便。

劣勢:種子含油份較低；花小，無美化環境之效果；目前種植面積少，採收機數目少，不利於推廣栽培，應朝向集團化或委託代耕業者，以大面積機械化栽培，降低生產成本，或種植轉基因大豆品種，可減少雜草及病蟲害防治之成本，才能與國外進口大豆 (約 10 元/公斤) 競爭。

表四、臺灣育成之高油份大豆品種之產量、油份含量及特性

品種	籽實產量 (kg/ha)	油分含量 (%)	特性	育成年度
三國	2000~3000	榨油用	晚熟，對日照及氣溫極敏銳	1956
高雄 3 號	1900~3000	17~21	中熟，對日照溫度鈍感	1971
高雄選 9 號	1480~3500	18.5~21.7	中熟，對日照鈍感	1982
高雄選 10 號	2500~3600	22.7~23.6	中熟，對溫度敏感對日照鈍感	1985
中興 1 號	4500	21.95	中熟，對日照、溫度鈍感	1964
臺南選 1 號	2763 ~2886	21~23	早熟，日照鈍感低溫敏感	1986
花蓮 2 號	2500~3200	23.0~23.6	-	1988

資料來源：臺灣雜糧作物品種圖說

三、向日葵

向日葵為菊科 (Compositae) 一年生草本植物，原產美國西部。可分為油用、食用及觀賞用三型。栽培的適應性廣。它可生長於廣大緯度範圍內，少雨量及短生長季節地區，尤以大部分溫帶地區最適於生長。一般來說，從北緯 49 度至南緯 41 度，年雨量在 350 公釐以上，凡可種植玉米的地區均可栽培。

在臺灣全年皆可生長，中南部較適合於秋裡作（9～10 月）栽培，6～7 月為颱風多雨季節避開為宜，生育初期高溫適中，生育後期低溫乾燥，不但產量高，種子品質好，且含油率高，油的組成分亦佳。其次為 2~3 月（春作）播種者，植株發育良好，但後期（4~6 月）高溫多溼，種子產品品質差，含油率亦低。栽培地區則以雲林以南為最適。

臺灣向日葵品種只有臺南 1 號雜交品種 (表五)，其適合栽培地區以南部為主，籽實油份可達 58%，公頃產量約 2,000 公斤，與高產國家相差無幾。但，由於成熟期鳥害嚴重，栽培面積不多。

向日葵世界平均籽實公頃產量 2005 年為 1,327 公斤（表六），最高為匈牙利之 2,432 公斤，其次為法國之 2,251 公斤。種植面最大為蘇聯，其次為烏克蘭。總生產量仍為蘇聯。

於 2006 年在嘉南地區示範推廣約 100 公頃，由於栽培面積零散，鳥害嚴重，約有 30% 以上損失，如遇颱風大雨，容易造成倒伏而腐敗，機械採收亦困難，估計產量只有約 1,000 公斤/公頃，生產成本約 35~40 元/公斤，較無競爭力，適合秋作 9~10 月以後無颱風大雨季節種植。

優點：花大及花期長，具有美化環境效果；蜂蜜的重要來源；生預期短，約 120 天；生物質產量高 (約 30 頓/公頃)。

缺點：遇颱風大雨，容易造成倒伏而腐敗，及成熟期鳥害嚴重，需加強改善品種特性。

表五、臺灣育成之向日葵育成品種之產量、油份含量

品種	籽實產量 (kg/ha)	油分含量 (%)	育成年度	播種期
臺南 1 號	1500~2500	57.94	1985	9 中旬~10 月下旬

資料來源：臺灣雜糧作物品種圖說

四、油菜

油菜為溫帶作物，臺灣適合在冬季裡作培栽，種植時期：南部- 6 月上旬；中部 - 6 月上旬；北部 - 6 月中旬。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。

臺灣歷年育成之品種 (表六) 均以油用為主，籽實產量可達 3,900 公斤（桃園 4 號），油份含量約 39%，具有世界之水準；油份含量最高品種為臺中特 1 號約 42%，具早熟性，但產量稍低。

2005 年世界油菜種植面積以中國最大（表七），其次為印度。籽實公頃產量以法國最高為 3,649 公斤，其次為德國之 3,462 公斤，但 2007 年可達 5,000 公斤，主要國雜交第一代品種廣泛栽培之故。總生產量仍以中國最多，其次為加拿大。

德國是世界上推廣生質柴油最成功的國家，2006 年生質柴油生產量可達 200 萬公噸，約占世界 50% 以上，其選用之作物即為冬油菜，除育種成效(產量可達 5,000 公斤/公頃，油份可達 45%) 外，更強調環境美化之功能，有益身心健康，是生活水準的另一項指標。

優勢:開花期長，具有美化環境效果；蜂蜜的重要來源。

表六、臺灣育成之油菜品種之產量、油份含量及特性

品種	籽實產量 (kg/ha)	油分含量 (%)	特性	育成年度
臺中特 1 號	1500~2500	40~42	早熟 耐溫耐濕強	1959
臺中選 2 號	2228~3500	38~41	中熟 不倒伏	1959
新竹 2 號	2000~2600	35~40	中熟 耐濕性強	1964
桃園 4 號	3900	34~39	中熟 不易倒伏	1984
農林 20 號	2000~2800	41~43	晚熟易倒伏	1954

資料來源：臺灣雜糧作物品種圖說

表七、油菜 2000 年及 2005 年世界各國生產統計表

項 目	種植面積 (1,000 公頃)		籽實產量 (kg/ha)		總生產量 (1,000 公噸)	
年 度	2000	2005	2000	2005	2000	2005
世界	25,833	26,950	1,529	1,722	39,515	46,409
中國	7,494	7,220	1,518	1,807	11,380	13,050
印度	6,026	6,800	960	941	5,788	6,400
加拿大	4,859	5,154	1,482	1,638	7,205	8,446
德國	1,078	1,345	3,326	3,462	3,585	4,658
法國	1,186	1,211	2,930	3,649	3,476	4,419
澳洲	1,459	1,080	2,421	3,013	1,775	1,125
美國	607	456	1,495	1,491	909	680

資料來源：FAOSTAT | © FAO Statistics Division, 2006.

世界主要油脂作物生產概況

分析世界主要油脂作物生產情況，可供國內參考選擇能源用之作物，及國內發展面臨之競爭力。

一、世界油脂作物籽實生產量

根據世界農糧組織統計，2005 年世界生產最多的作物依序為大豆，棕櫚仁，花生，油菜，棉籽及向日葵（表八），大豆生產量最多者為美國，其次為巴西。棕櫚仁以馬來西亞最多，其次為印尼。花生以中國最多，其次為印度。油菜仍是中國最大宗，其次為加拿大。棉籽亦以中國最多，其次為美國。向日葵為俄國最多，其次為烏克蘭。大豆平均公頃產量最高為喬治亞之 7,267 公斤（表九），其次為義大利之 3,630 公斤，美國為產量最大之國家，其產量為 2,890 公斤；棕櫚仁平均公頃產量最高為瓜地馬拉之 31,414 公斤，其次為宏都拉斯之 27,400 公斤。花生以義大利公頃產量最高為 6,397 公斤，其次為以色列之 5,900 公斤。油菜以比利時最高為 4,258 公斤，其次為愛爾蘭之 3,794 公斤。棉籽以敘利亞最高之 2,566 公斤，其次為柬埔寨之 2,542 公斤。向日葵以瑞士之 2,989 公斤最高，其次為奧地利之 2,677 公斤。

分析世界主要油脂作物籽實產量趨勢（圖三），明顯可見大豆逐年增加且產量最高，而棕櫚仁亦逐年增加且幅度大於大豆，而花生，棉籽，油菜籽增加較不明顯。

表八、2005 年世界主要國家油脂作物籽實生產量　　(單位：1,000 公噸)

大豆		棕櫚仁		花生		油菜籽		棉籽		葵花籽	
美國	83,368	馬來西亞	75,650	中國	14,411	中國	13,068	中國	11,400	俄國	6,441
巴西	51,182	印尼	64,255	印度	7,200	加拿大	9,862	美國	7,712	烏克蘭	4,706
阿根廷	38,300	奈及利亞	8,931	奈及利亞	3,478	印度	6,800	印度	5,000	阿根廷	3,652
中國	16,800	泰國	5,003	美國	2,187	德國	5,058	巴基斯坦	4,429	美國	1,830
印度	6,300	哥倫比亞	3,273	印尼	1,469	法國	4,536	烏茲別克	2,470	中國	1,823

資料來源：FAOSTAT | © FAO Statistics Division, 2006.

表九、2005 年世界主要國家油脂作物籽實公頃產量　　(單位：kg/ha)

大豆		棕櫚仁		花生		油菜籽		棉籽		葵花籽	
喬治亞	7,267	瓜地馬拉	31,414	義大利	6,397	比利時	4,258	敘利亞	2,566	瑞士	2,989
義大利	3,630	宏都拉斯	27,400	以色列	5,900	愛爾蘭	3,794	柬埔寨	2,542	奧地利	2,677
埃及	3,400	尼加拉瓜	25,000	賽普勒斯	5,276	德國	3,747	澳大利亞	2,519	德國	2,476
土耳其	2,997	喀麥隆	22,414	馬來西亞	4,857	荷蘭	3,694	以色列	2,375	埃及	2,438
美國	2,890	馬來西亞	20,898	西班牙	4,167	法國	3,683	馬達加斯加	2,154	捷克	2,392

資料來源：FAOSTAT | © FAO Statistics Division, 2006.

二、世界主要之植物油生產量

世界主要之植物油生產量（表十）主要有棕櫚油，大豆油，油菜油，葵花油...等，近 5 年來以棕櫚油產量最高達 33.8 百萬噸，且增幅最大，其次為大豆油有 33.8 百萬噸，亦逐年增加。油菜籽油為 16.59 百萬噸。世界總生產量亦逐年增加，由 92.9 百萬噸增加到 115.0 百萬噸，且幅度亦增加。

臺灣近 10 年來大豆及花生油產量及進口量（表十一），大豆油自產量明顯萎縮，2005 年占總生產量之 0.6%，進口之大豆籽實量大約在 2 百多萬噸，油生產量亦大約在 30 萬噸左右。花生國內自產之籽實產量則逐年減少，進口量逐年增加，花生油則大約維持在 8 千噸上下。

表十、近 5 年世界主要植物油生產量　　(單位：百萬噸)

年度 / 植物油	2001	2002	2003	2004	2005
棕櫚油	25.44	27.78	29.70	34.03	34.80
大豆油	28.92	30.55	29.85	32.29	33.87
油菜籽油	13.06	12.25	14.20	15.71	16.59
葵花油	7.48	8.25	9.26	9.21	10.46
花生油	5.12	4.56	4.95	4.96	4.93
棉籽油	3.82	3.51	3.84	4.76	4.67
棕櫚仁油	3.12	3.36	3.67	4.10	4.20
椰子油	3.21	3.17	3.25	3.27	3.27
橄欖油	2.75	2.51	3.00	2.74	2.28
總計	92.92	95.94	101.70	111.07	115.06

資料來源：Oil Crop Outlook, 2006. Foreign Agricultural Service, USDA.

表十一、近 10 年臺灣大豆、花生之子實與油產量之比較　(單位：千噸)

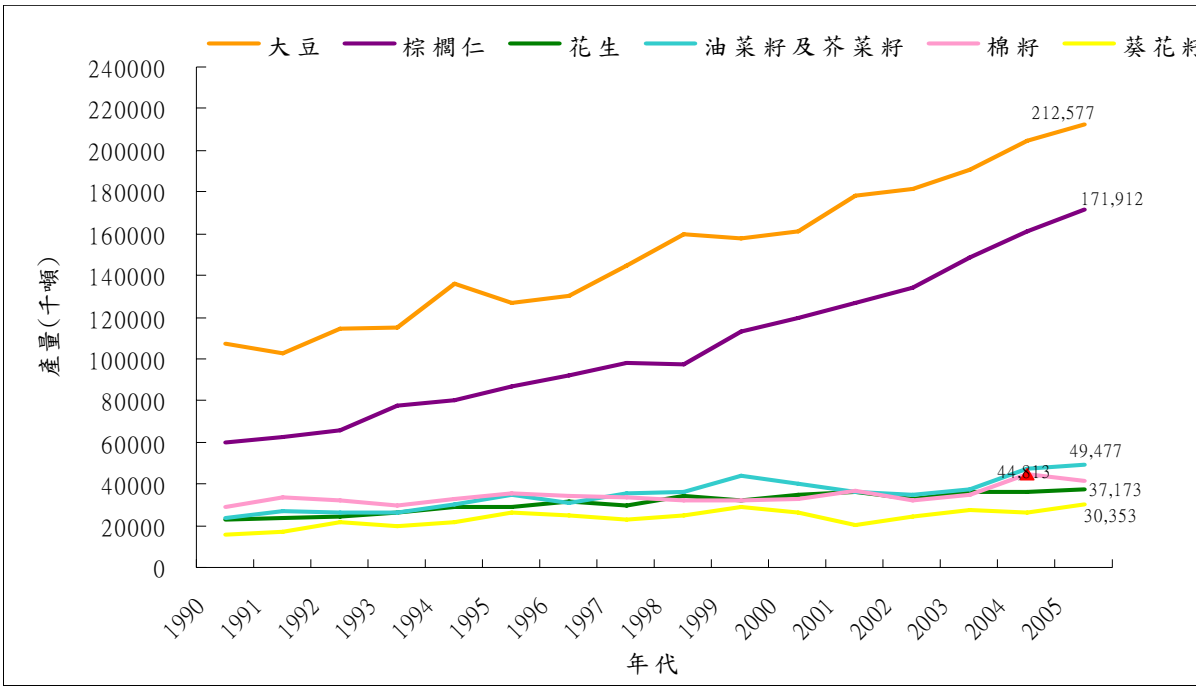
年度	大豆			花生		
	國內產量	進口量	油生產量	國內產量	進口量	油生產量
1996	9.7	2,691	363	79.9	4.4	8.8
1998	1.5	2,003	296	68.3	4.0	7.5
2000	0.3	2,303	298	79.1	4.9	8.8
2002	0.4	2,535	313	77.5	8.1	9.0
2004	0.3	2,029	286	68.3	8.0	8.1
2005	0.2	2,449	322	53.9	8.5	6.5

資料來源：94 年農業統計年報；94 年糧食供需年報

三、世界主要油脂作物價格趨勢分析

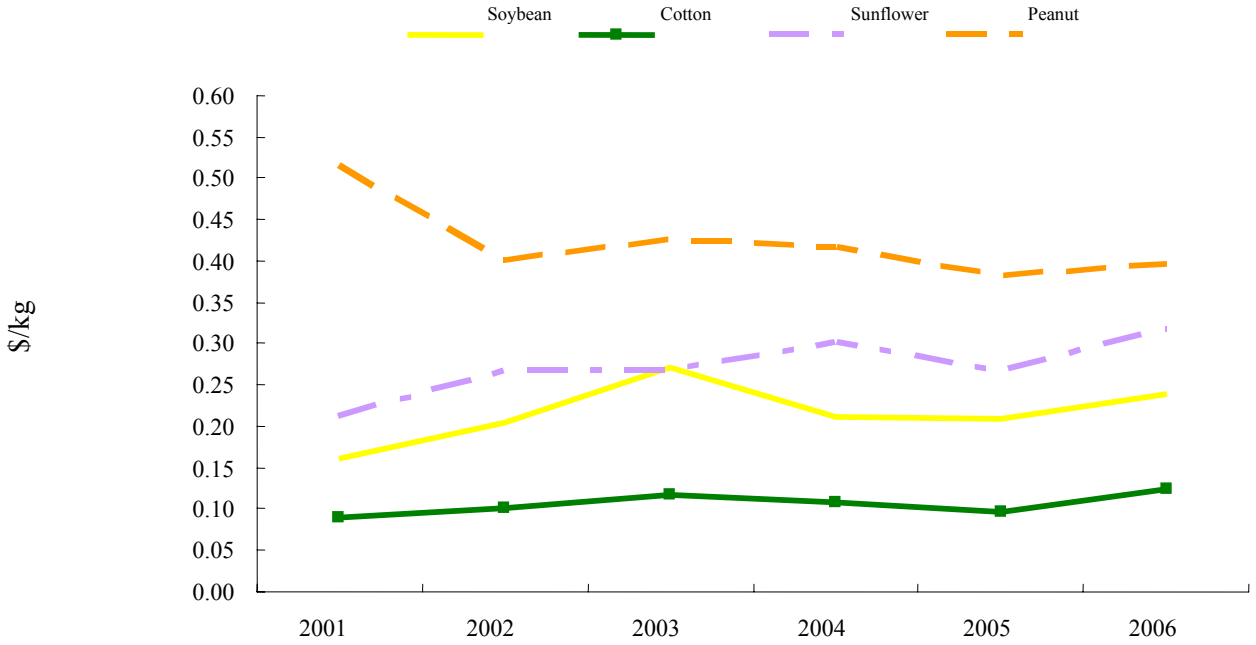
在美國主要油脂作物之種子價格變化趨勢（圖四）近 6 年來價格變化不大，但以花生價格最高約 0.4 美元／公斤，且有下降之趨勢， 其次為向日葵價格約 0.32 美元／公斤，再次為大豆約為 0.25 美元／公斤，棉籽最便宜約為 0.12 美元／公斤。而其植物油價格變化起伏較大（圖五），仍以花生油最貴約 1.2 美元／公斤，其次為葵花籽油約 0.9 美元／公斤，且有逐年增加之趨勢。再次為棉籽油約為 0.7 美元／公斤，而大豆油及玉米油價格相當，約為 0.6 美元／公斤。

榨油後之油脂作物粉末價格變化（圖六），以大豆價格最高約為 0.23 美元／公斤，其次為 Canola 約為 0.2 美元／公斤，棉籽約為 0.18 美元／公斤，花生最便宜約 0.13 美元／公斤，且跌幅最大。



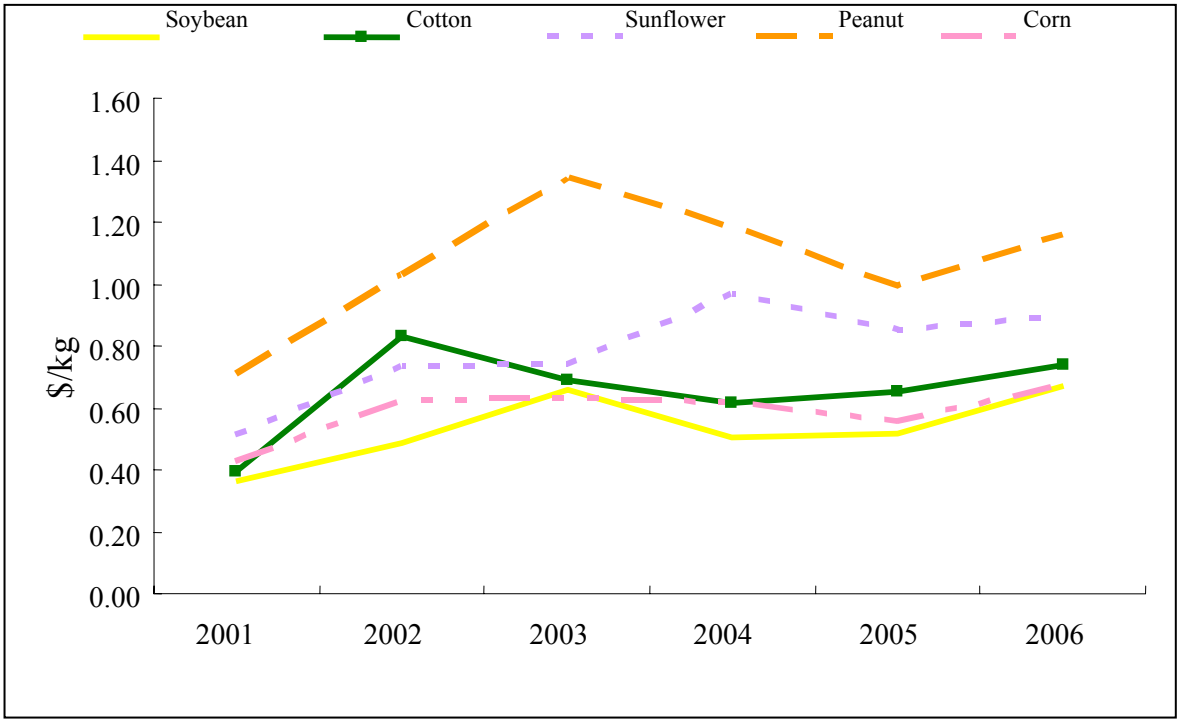
圖三、1990~2005 年世界油脂作物種子產量變化趨勢

資料來源：FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2006.



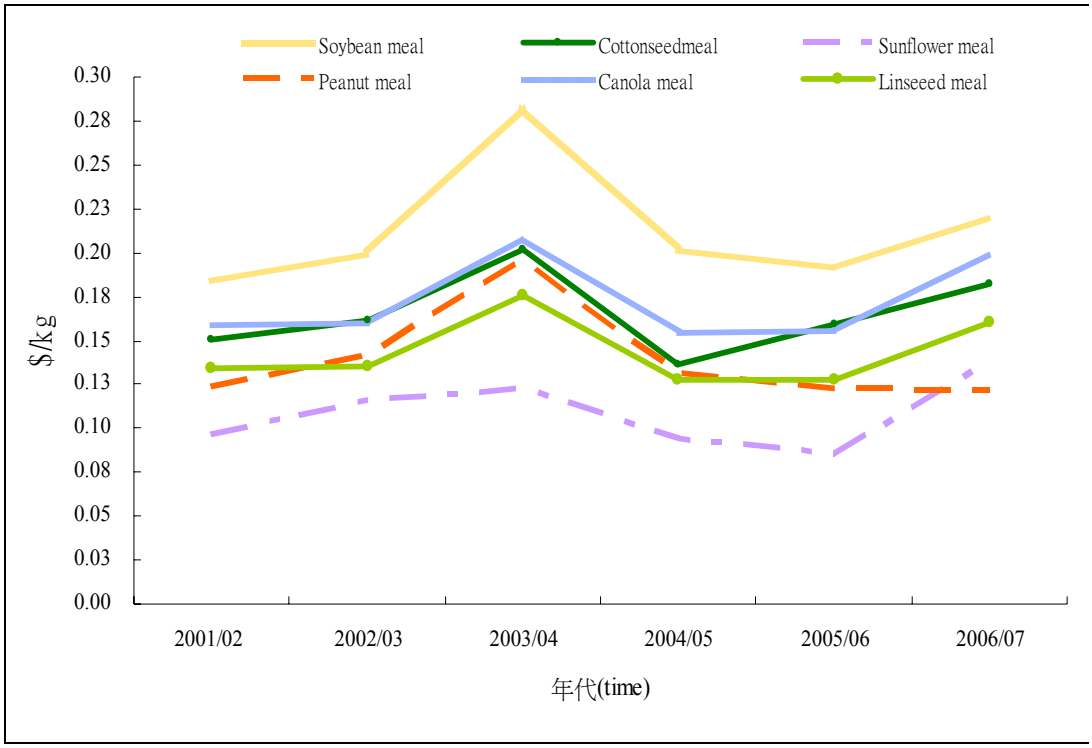
圖四、美國近年來主要油脂作物種子價格變化趨勢

資料來源：Oil Crop Outlook, 2007.



圖五、美國近年來主要植物油價格

資料來源： Oil Crop Outlook, 2007.



圖六、近年來美國主要油脂作物粉末價格變化趨勢

資料來源： Oil Crop Outlook, 2007.

開發新興油脂作物

由於利用食用油生產生質柴油，已造成食用油與能源之競爭，爲避免與食用油產生衝突，造成恐慌，利用廢耕地，不與農爭地，不與人爭糧，開發非食用油植物因應而生，目前已有許多國家進行研究，例如麻瘋樹為最熱門之植物。也有利用橡膠種子生產 (Ikwuagwu, O. E., et al., 2000)。也有利用菸草種子進行試驗 (Usta, N. 2005)。

而且，利用廢棄物可開發副產物，提高附加價值。在奈及利亞研究農業廢棄物如椰子殼、棕櫚果穗廢棄物，高粱籽實麩糠及花生殼製作肥皂及肥料，化學分析廢棄物灰分結果以碳酸鉀含量最高，其次為氫氧化鉀 (Taiwo and Osinwo, 2001) 。

一、麻楓樹

痲瘋樹（*Jatropha curcas* L.）又稱為綠玉樹、耙籬果、膏桐等，屬大戟科，它原產美洲，現廣泛分佈於亞熱帶及乾熱河谷地區。多年生灌木或小喬木，樹高 2～5 米，分枝多，幼枝粗壯，綠色。單性花，雌雄同株，一般四月開花，七月果熟。蒴果內有種子二至三粒，黑褐色。一般植後二至三年結果，一年收穫一次，有些品種結果兩次，正常結實期為六十年。根系發達，具有較強的耐乾旱瘠薄能力，容易種植，扦插都能成活。汁液有毒，有抗病蟲害能力；落葉可改良土壤，保持水土。

在印度已開發生產生質柴油，耐旱、耐貧瘠，適合乾旱及半乾地區栽培，抗病蟲害且高產，可收穫 30- 40 年，種子含 30-40％ 油份。印度有近千萬公頃廢耕地，如種植痲瘋樹可綠化及提振農業經濟，減少進口原油及空氣污染。麻瘋樹含有高油脂，其植物油之飽和脂肪酸較低約 21.1%，不飽和脂肪酸約 78.9%，不飽和脂肪酸以油酸（Oleic）最高約 43.1%，而棕櫚油因飽和脂肪酸太高約 43.4%（表十二），其生產之生質柴油品質較差，其他如大豆油及向日葵油雖然不飽和脂肪酸均高，但 Oleic 含量較低，Linoleic 太高，因此容易氧化而變質，亦影響生質柴油品質，需改善此缺點。這些植物油生產之生質柴油品質理化特性比較（表十三），閃火點以向日葵最高為 180℃，棕櫚油最低為 135℃，黏度以棕櫚油最高為 4.5，碳含量均低於 0.004%，霧點以棕櫚油最高為 16℃，辛烷值以大豆油最高為 58.1，氧化穩定性以棕櫚油穩定性最好為 13.37 小時，向日葵油最差只有 1.73 小時。棕櫚油但因飽和脂肪酸太高，不適合低溫地區使用，利用痲瘋樹油及棕櫚油混合將可改善，並可提高氧化穩定性，生質柴油穩定性與乙醇及酸關係密切，乙醇會降低閃火點，不利貯存及傷害引擎 (Sarin, R., et al., 2007)。

表十二、麻瘋樹油與向日葵油、大豆油及棕櫚油之脂肪酸含量比較

脂肪酸	麻瘋樹油 (%)	向日葵油 (%)	大豆油 (%)	棕櫚油 (%)
Lauric(C_{12}/0)	—	0.5	—	—
Myristic(C_{14}/0)	—	0.2	0.1	—
Palmistic(C_{16}/0)	14.2	4.8	11.0	40.3
Palmitoleic(C_{16}/1)	1.4	0.8	0.1	—
Stearic(C_{18}/0)	6.9	5.7	4.0	3.1
Oleic(C_{18}/1)	43.1	20.6	23.4	43.4
Linoleic(C_{18}/2)	34.4	66.2	53.2	13.2
Linolenic(C_{18}/3)	—	0.8	7.8	—
Arachidic(C_{20}/0)	—	0.4	0.3	—
飽和脂肪酸總和	21.1	11.6	15.5	43.4
不飽和脂肪酸總和	78.9	88.4	84.5	56.6

資料來源：Sarin, et al., 2007.

表十三、麻瘋樹與向日葵、大豆及棕櫚產製之生質柴油理化特性

特性	麻瘋樹	向日葵	大豆	棕櫚
閃火點(℃)	163	180	160	135
粘度(40℃時)	4.4	4.1	4.0	4.5
硫含量(%)	0.004	0.003	0.002	0.003
霧點(℃)	4	4	4	16
辛烷值	57.1	55.6	58.1	54.6
氧化穩定性(小時)	3.23	1.73	3.80	13.37

資料來源：Sarin, et al., 2007.

二、篦麻

篦麻 (*Ricinus communis* L.) 為大戟科，一年生或多年生草本，原產熱帶非洲，今廣泛分布於熱帶及溫帶。多年生灌木或粗大有枝，直立之草本，枝葉紅褐色，常被白粉物。葉互生枝端，具長柄，葉大，盾形，掌狀分裂，花雌雄同株，無瓣，腋出，略呈圓錐狀之總狀花序，雄花在下，叢著，雌花在上擠生。蒴果由 3 個 2 瓣小乾果組成，根系圍網型，淺根性疏根。種子含油份 30-50%，種皮含有毒性植物鹼 ”ricin”與”ricinin” ，具猛毒，惟殘留於榨粕中，油分內則無毒。氣溫 20-25℃以下生育不良。耐旱，砂質壤土為佳，

播種適期，南部 8 月下旬至 9 月上，中、北部 9 月下旬。臺灣目前並無經濟栽培，可能產量低及收穫困難，需進一步改良。

世界總栽培面積約 140 萬公頃，產量約 139 萬噸，公頃產量已巴拉圭最高為 1150 公斤，栽培最多為印度，其次為中國 (表十四)。

表十四、世界各國篦麻生產概況

項 目	種植面積 (1,000 公頃)		單位面積產量 (kg/ha)		總生產量 (1,000 公噸)	
年 期	2000	2005	2000	2005	2000	2005
世界	1,691	1,409	804	988	1,359	1,393
印度	1,079	800	817	1,087	882	870
中國	290	270	1,034	992	300	268
巴西	195	214	516	823	100	176
衣索比亞	14	14	1,034	1,034	15	15
泰國	13	13	655	740	8	10
肯亞	13	13	230	230	3	3
巴拉圭	9	10	1,124	1,150	11	11
南非	8	8	612	612	4	4
印尼	8	8	188	385	1	3
馬達加斯加	7	7	328	328	2	2

資料來源：FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2005.

三、油桐

油桐 (*Aleurites fordii* Hemsley) 為大戟科，原產地為中國，分布於南部到東南亞，高 10 公尺左右的喬木，油桐性喜乾燥溫暖，栽培地以濕潤排水良好之傾斜地為佳，種子具有毒性，含油 30-70%。

臺灣以苗栗縣最多，每年舉辦同花祭，吸引大量觀光客，亦為另一種產業，但亦因收穫不易，仍無大量生產桐油，有待研究改良。

世界上栽培面積並不多，以中國 15 萬公頃最多，公頃產量以巴拉圭 3,984 公斤最高，其次為中國 2,866 公斤（表十五）。

表十五、世界各國油桐生產概況

項 目	種植面積 (千公頃)		單位面積產量 (kg/ha)		總生產量 (千公噸)	
年 期	2000	2005	2000	2005	2000	2005
世界	183	200	2,891	2,569	530	516
中國	135	150	3,359	2,866	453	430
阿根廷	30	32	1,100	1,093	33	35
巴拉圭	11	11	3,536	3,984	39	46
馬達加斯加	3	3	675	675	2	2
馬拉威	3	3	606	606	2	2
巴西	0.4	0.3	1,391	1,333	0.6	0.4

資料來源：FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2005.

四、續隨子

續隨子 *(Euphorbia lathyris* L.) 原產於歐洲地中海區域之二年生草木，高度 1-1.5 公尺，開綠色花，結果後枯萎。在中國漢藥將種子稱為『續隨子』或『千金子』，種子含油量有 40-60%，但莖葉之乳汁可引起皮膚產生水泡。一般用種子繁殖，容易栽培，耐寒性強，可當觀賞植物。美國估計，續隨子一年每公頃可生產 25-125 桶油，故可稱為『石油植物』。

五、油加利樹

油加利樹 *(Eucalyptus globulus)* 原產於澳大利亞及紐西蘭的常綠喬木，亦有灌木種。此樹之生長速度可謂所有樹種中最快者。目前普通種植於臺灣、中國、美國、巴西、日本等國。油加利之果子、葉子、樹枝均含有 1-1.2% 之揮發性油及 3.3-5.1% 之非揮發性油。

結　語

由國外研究分析及推廣經驗結果，臺灣推廣能源作物有其必要性，但以何種作物最適當，需考慮因素眾多，目前以成本過高為最大瓶頸，從國內生產環境條件觀察，提出淺見供參考：

一、 花生為目前臺灣主要雜糧作物，從栽培技術及品種改良，均有一定水準，機械化普遍也是優勢，惟需改善機械收穫及乾燥所耗能源過多之問題。

二、 大豆是耗能較少之作物，機械化方便，副產物價值高為其優勢，但油份少及產量低，為其劣勢。

三、 油菜具有花海之美觀，開花期長，亦為蜜源重要來源，及根系生長旺盛，可避免土壤風化之特色。臺灣適合栽秋冬裡作栽培，配合過年春假，帶動觀光人潮，具有發展潛力。

四、 利用廢耕地開發非食用油之新興油脂植物如麻瘋樹、篦麻等。

五、 國內生產成本偏高，需以省工方法栽培，例如以不整地栽培，可降低成本，亦可避免土壤流失。

六、 加強研究高產油量、抗病蟲害佳及抗逆境之作物品種，可降低能源投入，獲得較高之能源淨值。

參考文獻

謝順景。1982。能源作物。科學農業 30(1-2)：74-85。

雜糧作物各論，1994，蔡文福主編，雜糧基金會出版，臺北。

Antolin, G., F.V. Tinaut, Y. Briceno, V. Castano, C. Perez, and A.I. Ramirez. 2002. Optimisation of biodiesel production by sunflower oil transesterification. Bioresource Technology 83:111-114.

Bender, M. 1999. Economic feasibility review for community-scale farmer cooperatives for biodiesel. Bioresource Technology 70:81-87.

Bockey, D. and W. Schenck. 2005. Biodiesel production and marketing in Germany. Status Report Biodiesel. **WWW.UFOP.DE**

Bockey, D. 2006. Potentials for raw materials for the production of biodiesel. **WWW.UFOP.DE**

Bona, S., G. Mosca, and T. Vamerali. 1999. Oil crops for biodiesel production in Italy. Renewable Energy 16:1053-1056.

Cardone, M., M. Mazzoncini, S. Menini, V. Rocco, A. Senatore, M. Seggiani, and S. Vitolo. 2003 *Brassica carnata* as an alternative oil crop for the

production of biodiesel in Italy: agronomic evaluation, fuel production by trans esterification and characterization. Biomass and Bioenergy 25:623-636.

Cohen, M. F., and M. Mazzola. 2004. A reason to be optimistic about biodiesel: seed meal as a valuable soil amendment. Trends in Biotechnology. 22:211-212.

Durham, S. 2007. Peanut studied as source of Biodiesel fuel. Agricultural Research Service. News & Events. USDA.

Ikwuagwu, O.E., I.C. Ononogbu, and O.U. Njoku. 2000. Production of biodiesel using rubber (*Hevea brasiliensis* Kunth. Muell.) seed oil. Industrial Crops and Production 12:57-62.

Kallivroussis, L., A. Natsis, and G. Papadakis. 2002.The energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. Biosystems Engineering 81:347-354.

Gupta, K.K., and Khnna, K.R. 1982. Gene action and heterosis for oil yield and component characters in sunflower. Indian. J. Genet. Plant Breed. 42:265-271.

Hovelius, K., and Hansson, P-A. 1999. Energy and energy analysis of rape seed oil methyl ester (RME) production under Swedish conditions. Biomass and Bioenergy 17:279-290.

Lobb, D. 1989. A study of the impact of no-till on tractor fuel cost vs. crop returns. Agricultural Energy Centre, Guelph, Ontario, Canada. 19 pp.

Nonhebel, S. 2007. Energy from agricultural residues and consequences for land requirements for food production. Agricultural System 94:586-592.

Pramanik, K. 2003. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel blends in compression ignition engine. Renewable Energy 28:239-248.

Ramadhas, A.S., S. Jayaraj, and C. Muraleedharan. 2005. Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. Fuel 84: 335-340.

Raneses, A.R. L.K. Glaser, J.M. Price, and J.A. Duffield. 1999. Potential biodiesel markets and their economic effects on the agricultural sector of United Station. Industrial Crops and Production 9:151-162.

Rathke, G.W. and W. Diepenbrock. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Europ. J. Agronomy 24 : 35–44.

Sarin, R., M. sharma, S. Sinharay, and R. k. Malbotra. 2007. Jatropha-Palm biodiesel blends: An optimum mix for Asia. Fuel 86:1365-1371.

Taiwo, O.E., and Osinwo. 2001. Evaluation of various agro-wastes for traditional black soap production. Bioresource Technology 79:95-97.

Venendaal, R., Jorgensen, U. and Foster,C. A. 1997 European energy crop: A synthesis. Biomass and Bioenergy 13:147-185.

Usta, N. 2005. Use of tobacco seed oil methyl ester in a turbocharged indirect injection diesel engine. Biomass and Bioenergy 28:77-86.