

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

東台灣生質能資源循環型利用之發展潛能評估與
案例分析

Potential evaluation and case analysis of the utilization of
biomass energy resources in the East Taiwan

計畫編號：NL1050337

受委託機關(構)：國立東華大學

計畫主持人：蘇美惠 博士

聯絡電話：03-8633688 / 0937-975438

E-mail address：maysu1009@gmail.com

研究期程：中華民國 105 年 04 月至 105 年 12 月

核研所聯絡人員：詹明峰博士

報告日期：105 年 11 月 30 日

中文摘要

由於東台灣地區以花蓮之農作物種植面積與畜產品養殖規模較大，因此，本計畫以花蓮地區為例，探討我國東台灣生質物料源多元化運用的潛力。花蓮縣農作物生產以稻米為主，占全縣收穫面積 78.8%，以 2014 年稻稈產量約 7.69 萬公噸，南區產量為北區近 2.4 倍，因此，南區纖維料源規模與集中度皆較北區為佳。花蓮縣竹子種植株數排名全台第三，推估每年疏伐後廢棄物約有 10.5 萬公噸(乾重)。在纖維料源增值應用評估部分，將稻稈作為纖維乳酸料源其經濟效益最高，生質混燒應用則為發電類中經濟與減碳效益較為顯著者。畜禽養殖生質廢棄物則以豬糞為大宗，在壽豐鄉設立一座豬糞沼氣集中處理場，單就壽豐鄉料源每年潛能超過 131 萬度電，年產值達 673 萬元，減碳量達 71 萬公噸。

利用中華紙漿花蓮廠內廢木屑以及花蓮縣北區稻稈產製纖維乳酸，年產量可達 5,316 公噸，推估每年約可減碳 11,711 公噸，並可年產木寡糖飼料 1,555 公噸，每公噸纖維乳酸生產成本 60.57 元；以目前乳酸市場價格約為每公噸 80 元來看，本投資案 NPV 約為 6.66 億元，IRR 為 18.18%，回收年限約 8.6 年，已達投資經濟可行性。

將國內大宗農業廢棄物進行盤查，我國 2015 年在生質廢棄物纖維料源潛量高達 449 萬公噸，以竹子疏伐後農業廢棄物及稻稈潛量最高。若將料源收集的經濟規模與運輸距離納入考量，竹子、稻稈，台糖自有及約耕甘蔗與蔗渣，再搭配邊際土地推廣狼尾草，則每年最多可供應

75.7 萬公秉生質酒精，每年將可替代原油進口比例 0.35%，二氧化碳減量潛量達 154 萬公噸。

國內生質料源 56% 集中在中南部地區，本研究透過情境分析探討利用中南部地區稻稈、狼尾草、甘蔗與蔗渣等四種料源產製生質酒精成本效益，以保守情境下推廣 30% 料源的生產成本最低，虎尾廠產製每公升酒精生產成本約 34.49 元，善化廠則約 32.37 元。目前中油進口無水酒精價格約 37.8 元，三種情境從財務分析結果皆已具備建廠投資經濟性。為使生質酒精推動能循序漸進，建議整體策略以 95 無鉛汽油強制添加 E3 方式進行，短期以地產地用為著眼，以 10 萬公秉先行於料源區集中縣市進行市場滲透，中期逐漸擴大至全台強制使用 E3，使用量達 30 萬公秉。此時，生質酒精每年可替代 0.14% 原油進口，二氧化碳減量可達 60.8 萬公噸。

關鍵詞：生質料源、纖維乳酸、生質酒精、成本效益

Abstract

This project takes Hualien County as an example to discuss the development potential of all kinds of biomass feedstocks in East Taiwan. The main crop in Hualien County is rice, accounting for 78.8% of the total area of the county. In 2014, the rice straw production was about 76,900 tons, wherein the southern was 1.5 times as much as that in the north. Hence, the scale and concentration ratio of fiber material sources in the southern area were better than those in the north. Another rich fiber material of the county is bamboo. The number of bamboo planted here is ranked the third in Taiwan. After annual thinning, the discarded bamboo materials were about 105,000 tons (dried weight). As of the evaluation of value-add application of fiber materials, rice straw, as the source of lignocellulosic lactic acid, has high economic benefits. The mixing combustion of rice straw and feedstocks is applied in electricity generation with significant carbon reduction effect. Most of the waste of livestock breeding is pig manure. A pig manure methane treatment plant was set up at Shoufeng Township. The maximum potential of electricity production with the materials from Shoufeng Township alone reaches over 1,310,000 degrees with an annual production value of NTD 6.73 million and annual carbon reduction of 710,000 tons.

The annual production of lignocellulosic lactic acid, made by the wood shavings from Chung Hwa Pulp Corporation Hualien Mill and rice straw from the northern area of Hualien County, reaches 5,316 tons annually. It is estimated that 11,711 tons of carbon can be reduced annually. And annual xylo-oligosaccharide feed was 1,555 tons. The product cost of each ton of lignocellulosic lactic acid is NTD 60.57. In the light of the market price of lactic acid of NTD 80/ton, NPV is about NTD 666 million, while IRR is 18.18%. The payback period is about 8.6 years.

56% of the feedstocks in Taiwan are mainly distributed in central-southern area. Through scenario analysis, this study conducted cost

benefit analysis on the production of bio-ethanol with rice straw, pennisetum, sugarcane, and bagasse in the area. In a conservative situation, the production cost was the lowest to promote 30% material sources. Currently, CPC Corporation, Taiwan imported dehydrated ethanol at NTD 37.8. All the financial analysis of the three scenarios met the economy of building a bio-ethanol plant. In order to promote bio-ethanol gradually, this study suggested to mandatory E3 blending to 95 unleaded gasoline for the short-term use of the producing area. 100 million liters can be used at the counties and cities with rich material sources to penetrate the market. For the mid-term, it can be gradually expanded to the whole Taiwan to use E3 compulsively. The usage amount will reach 300 million liters. Then, bio-ethanol can replace 0.14% of the imported crude oil, while the reduction of CO₂ each year can reach 608,000 tons.

Keywords: Biomass, Lignocellulosic lactic acid, Bio-ethanol, Cost Benefit Analysis

壹、計畫緣起與目的

我國 2014 年生物性農業廢棄物共計 479 萬公噸(表 1)，其中農產廢棄物包含稻殼、稻稈、廢棄菇包一年約 230 萬公噸，畜產廢棄物包含禽畜糞、畜禽屠宰後廢棄物及死廢畜禽約 227 萬公噸，批發市場廢棄物以果菜殘渣為主約 3 萬公噸，食品加工廢棄物包括農村小型農產品加工及蔬果截切等約 3 萬公噸；而這些廢棄物皆為加值再利用的良好生質物資源。

表 1、我國 2014 年生物性農業廢棄物統計(萬公噸)

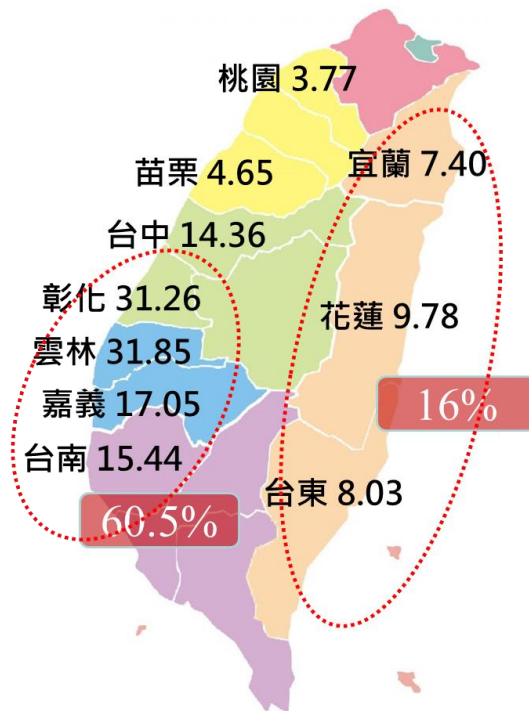
項 目	數量
農產廢棄物	230
稻殼	35
稻草	173
廢棄菇包	22
漁業廢棄物	15
牡蠣殼	15
畜產廢棄物	227
禽畜糞	219
畜禽屠宰後廢棄物	3
死廢畜禽	5
批發市場廢棄物	3
果菜殘渣	3
花卉殘渣	0
漁產殘渣	0
食品加工廢棄物	3
合 計	479

註：花卉殘渣年產約 868 公噸，漁產殘渣年產約 2,215 公噸。

資料來源：農委會 103 年度「農業廢棄物排放量」統計。

以台灣稻米種植為例，一年兩期作共收穫 27 萬公頃，2015 年稻稈產量 158 萬公噸，集中於中南部地區，占全台 60.5%(圖 1)。東台灣亦為台灣稻米重要產區，稻稈產量占全台 16%，以花蓮縣最多，

收穫面積最大近 1.8 萬公頃，稻穀收穫量近 9.6 公噸，推估稻稈亦有相同產量。整體而言，東台灣農作物生產以稻米為主，稻米占全縣收穫面積：花蓮 78.8%、台東 43%、宜蘭 69.9%；因此，稻稈為東台灣最具規模之農業廢棄物。



資料來源：104 年農業統計年報；本研究整理

圖 1、全台稻米產量分布圖

根據農委會統計年報顯示，2014 年我國共有 8,137 場養豬場 555 萬頭豬隻(詳如表 2)，1,000 頭以上養豬場，掌握近 7 成豬源；主要養殖以雲嘉南地區為主，東部地區以花蓮縣養殖頭數最多，共 99 個豬場頭數達 72,185 頭。至於牛隻全台亦有 14.6 萬頭，花蓮縣亦為東台灣養殖數量最多者，達 3,939 頭；羊隻全台養殖 15.8 萬頭，花蓮縣養殖 1,692 頭，次於台東縣 6,027 頭。因此，對於利用豬糞廢棄物發展沼氣發電而言，應具備集中化料源之優勢。

表 2、台灣 2014 年豬隻養殖各縣市分布統計

縣市別	豬		牛 (頭數)	羊 (頭數)
	養豬場數	頭數		

縣市別	豬		牛 (頭數)	羊 (頭數)
	養豬場數	頭數		
雲林縣	1,232	1,412,500	15,719	17,869
屏東縣	1,859	1,278,361	26,815	14,430
彰化縣	778	775,727	27,705	24,252
臺南市	721	572,347	26,590	27,209
嘉義縣	300	388,566	7,499	11,457
高雄市	603	321,895	7,204	19,197
桃園縣	469	156,135	6,988	2,152
臺中市	308	133,796	3,739	7,270
新北市	221	86,513	2,318	552
花蓮縣	99	72,185	3,939	1,692
南投縣	112	71,753	1,066	5,458
新竹縣	433	70,401	2,055	1,377
苗栗縣	278	64,552	2,476	6,156
宜蘭縣	143	55,157	308	741
臺東縣	415	53,920	2,777	6,027
新竹市	25	12,019	605	566
金門縣	92	11,855	6,676	7,799
嘉義市	10	2,629	77	405
澎湖縣	14	2,109	1,119	2,917
臺北市	17	1,570	64	193
基隆市	4	647	-	46
連江縣	4	373	-	13
合計	8,137	5,545,010	145,739	157,778

資料來源：行政院農業委員(2015)，103年農業統計年報-畜牧生產。

東台灣農業發達，相對生質物資源也豐富，因此為推動生質能源應用之良好試點。由於東台灣地區以花蓮之農作物種植面積與畜產品養殖規模較大，因此，本計畫以花蓮地區為例，探討我國東台灣可供利用之各式生質物料源種類、潛量、分布，及可供生質物料源多元化整合運用之能源技術發展性評估；同時，將以生質物循環型運用發展案例至少兩件進行情境分析，希望透過實際案例評估，了解我國發展生質物循環型運用技術的可行性概況。

貳、研究方法與過程

一、東台灣區域生質物潛量調查分析

本研究盤點花蓮縣可供利用之生質物種類與潛量，調查內容包含花蓮地區農林廢棄物與畜禽糞便等；並估算花蓮縣可供利用各項生質物料源分布，針對各項料源潛量，以鄉鎮別統計其分布。

花蓮縣地形狹長，南北長約 137.5 公里，東西寬約 43 公里；為計算花蓮區域生質能潛能，本研究將花蓮區分為南北兩區，分析各區潛能。北區部分以壽豐鄉為中心，含括新城鄉、花蓮市、吉安鄉、壽豐鄉、鳳林鎮、與光復鄉；南區則以玉里鎮為中心，腹地包含玉里鎮、瑞穗鄉及富里鄉。此外，包含山地鄉鎮及被海岸山脈阻隔之豐濱鄉，因運距較長暫不納入料源潛能計算。

二、東台灣區域生質物循環型運用之潛能與發展性評估

以花蓮地區最大宗之生質廢棄物稻稈為例，評估技術包含生質酒精、生質發電、沼氣發電、生質瓦斯與纖維乳酸(PLA)等。根據目前之產製技術效率，推估其轉化為再生能源或生質產品之潛能，並以全縣及鄉鎮別進行統計分類。有關每公噸稻稈應用於各項生質產品技術之單位產量及相關係數，整理於表 3。

表 3、稻稈應用於各項生質能技術之參數表

料源	生質混燒	沼氣發電	生質瓦斯	纖維酒精	纖維乳酸
產量	1,023 度/公噸	746 度/公噸	300 m ³ /公噸	220 公升/公噸	280 公斤/公噸
替代品	化石電力	化石電力	天然氣	汽油	化石塑膠
市場價格	廢棄物 FIT	沼氣(厭氧) FIT	天然氣售價 (工業用戶)	95 汽油	PLA
	3.9839	5.0087	9.6903	30	80

	NTD/度	NTD/度	NTD/m ³	NTD/L	NTD/kg
碳排放 係數	台電電力排 放係數	台電電力排 放係數	天然氣 排碳量	酒精替代 汽油減碳量	PLA 減碳量
	0.528 kg CO ₂ /kWh	0.528 kg CO ₂ /kWh	1.881 kg/m ³	2.1 kg CO ₂ /L	2.203 kg CO ₂ /kg

資料來源：本研究計算整理。

三、生質物循環型運用發展案例評估

本研究透過兩個案例探討，分析國內生質物循環型運用潛力，及影響產業供應鏈建置的關鍵議題。第一個案例為利用花蓮地區工業製程生質廢棄物，搭配花蓮地區大宗農業廢棄物稻稈產製纖維乳酸，第二個案例則為探討我國發展生質酒精產業的可行方案，從潛能評估至下游應用端的推動策略分析。

(一)、中華紙漿花蓮廠設置纖維乳酸廠情境分析

中華紙漿花蓮廠年產紙漿 25 萬公噸、紙張 12 萬公噸，製程所產生之廢棄物，包含木屑、廢水生物污及廢漿。木屑每日約產生 21.4 公噸，含水率 50%，目前主要作為堆肥使用；廢水生物污泥日產生量約 30.1 公噸，運送至台東廠焚燒，供台東廠電力自用；廢漿部分一天月 2.5 公噸，交由廢水處理廠處理為沉漿，成為一級汙泥後，再行利用。

考量料源可供應規模不大，終端產品從高經濟價值產品規劃，投資效益才會顯著。因此，本研究假設於中華紙漿花蓮廠內設立一座纖維乳酸精煉廠，以廢木屑搭配花蓮地區稻稈廢棄物作為料源進行評估。在同時使用稻稈與木屑料源下，該纖維乳酸廠年產能約為 5,316 公噸。除了產出纖維乳酸外，副產品包含發酵後木質素殘渣做為汽電共生原料，所產生的能源供纖維乳酸廠使用；此外，半纖維素中的五碳糖(C5)可作為飼料用木寡

糖，木寡糖年產能約為 1,555 公噸；相關情境設定參數如表 4。

表 4、中華紙漿花蓮廠纖維乳酸工廠情境設定

料源	稻稈	廢木屑
日進料量(公噸)	60	10.7
乳酸轉換率(公斤/公噸乾料源)	245.3	280.5
乳酸年產量(公噸)	4,415	900
料源佔比	0.83	0.17
木寡糖轉換率(公斤/公噸料源)	73.00	75.00
副產品利用	<ul style="list-style-type: none"> • 發酵後木質素殘渣做為汽電共生原料 • C5 作為飼料用木寡糖，售價 5 元/公斤 	
設備使用年限	20 年	
工作天	300 天/年	
年產能	<ul style="list-style-type: none"> • 乳酸：5,316 公噸 • 飼料用木寡糖：1,555 公噸 	

註：廢木屑日進料量為 21.4 公噸濕重，含水率 50%；換算乾重為 10.17 公噸。

資料來源：本研究整理。

(二)、我國發展生質酒精產業情境設定

為研擬我國發展生質酒精精煉產業之情境，本研究將分別從國內生質酒精供量潛量評估、料源組合、廠址評估、使用生產技術、產品與副產品等著手，再搭配生產成本與財務投資分析，及能源與環境效益面評估。

將國內種植面積較大之作物，包含稻稈、竹子、玉米、香蕉、甘蔗等，依據其收穫面積，及單位面積收穫後可能產生之農業廢棄物，推估各項作物可做為纖維料源之潛量。其中稻稈與玉米單位面積收穫後可能產生之農業廢棄物參考錯誤! 找不到參照來源。參數，玉米桿平均產量 5,785 公斤/公頃，稻米產量則以 2015 年全國平均單位產量 6.28 公噸/公頃計算。竹子依據公

式(5)-(7)計算；蔗渣為甘蔗壓榨後之剩餘物，本研究以蔗渣用於汽電共生後之剩餘量，每公噸甘蔗可產生 65 公斤蔗渣，每公頃甘蔗產量約 80 公噸，推估每公頃約產生 5.2 公噸蔗渣。香蕉收穫後的農業廢棄物為香蕉假莖，每公頃產量約為 6 公噸¹。

表 5、國內纖維料源盤查計算參數

料源	數量	計算基準	資料來源
稻稈	251,861	收穫面積(公頃)	104 年農業統計年報
竹子	183,330	收穫面積(公頃)	
玉米稈	15,134	收穫面積(公頃)	
香蕉假莖	14,093	收穫面積(公頃)	
蔗渣(甘蔗)	8,764	收穫面積(公頃)	
廚餘	609,706	產出量(公噸)	104 年機關垃圾清理狀況
廢木材	80,581	產出量(公噸)	104 年各事業廢棄物代碼申報流向統計年報 為計算廢木材(R-0701)+廢木材殘板(D-0701)+廢木材混合物(D-0799)合計產出量
蔬果批發市場	26,382	產出量(公噸)	104 年綠色國民所得帳農業固體廢棄物歷年表
花卉批發市場	819	產出量(公噸)	

資料來源：本研究整理。

為評估竹子、稻稈、狼尾草，甘蔗料源供應潛量，本研究透過設定可收集或推廣種植料源的比例，進行樂觀、一般與保守三種情境模擬分析。其中，甘蔗料源為利用目前已在推廣種植面積進行分析，因此在各種情境下皆設定為完全推廣。稻稈與狼尾草在樂觀情境下設定可收集或推廣 80%面積，一般與保守情境則設定 50%及 30%，如表 6。

表 6、兩座工廠各情境下生質酒精潛量分布

情	工廠	料源區	稻稈	甘蔗	蔗渣	狼尾草	第一代	第二代
---	----	-----	----	----	----	-----	-----	-----

¹ 97 年度「農業廢棄物及纖維作物產製生質能源技術與效益及政策配套研析」研究報告，農委會農糧署委託，國立中興大學生物產業機電工程學系，2009 年 6 月。

境				自營	約耕				
樂觀	虎尾廠	彰化縣	50,870	3,982	397	2,115	973	4,380	53,958
		雲林縣	51,825	12,138	2,030	6,841	38,123	14,168	96,789
	善化廠	嘉義縣市	26,324	12,299	1,683	6,751	1,376	13,982	34,451
		臺南市	25,131	5,455	2,457	3,820	22	7,912	28,973
	合計		154,149	33,874	6,568	19,528	40,494	40,442	214,171
一般	虎尾廠	彰化縣	31,794	3,982	397	2,115	608	4,380	34,517
		雲林縣	32,391	12,138	2,030	6,841	23,827	14,168	63,059
	善化廠	嘉義縣市	16,452	12,299	1,683	6,751	860	13,982	24,064
		臺南市	15,707	5,455	2,457	3,820	14	7,912	19,541
	合計		96,343	33,874	6,568	19,528	25,309	40,442	141,180
保守	虎尾廠	彰化縣	19,076	3,982	397	2,115	365	4,380	21,556
		雲林縣	19,434	12,138	2,030	6,841	14,296	14,168	40,572
	善化廠	嘉義縣市	9,871	12,299	1,683	6,751	516	13,982	17,139
		臺南市	9,424	5,455	2,457	3,820	8	7,912	13,253
	合計		57,806	33,874	6,568	19,528	15,185	40,442	92,519

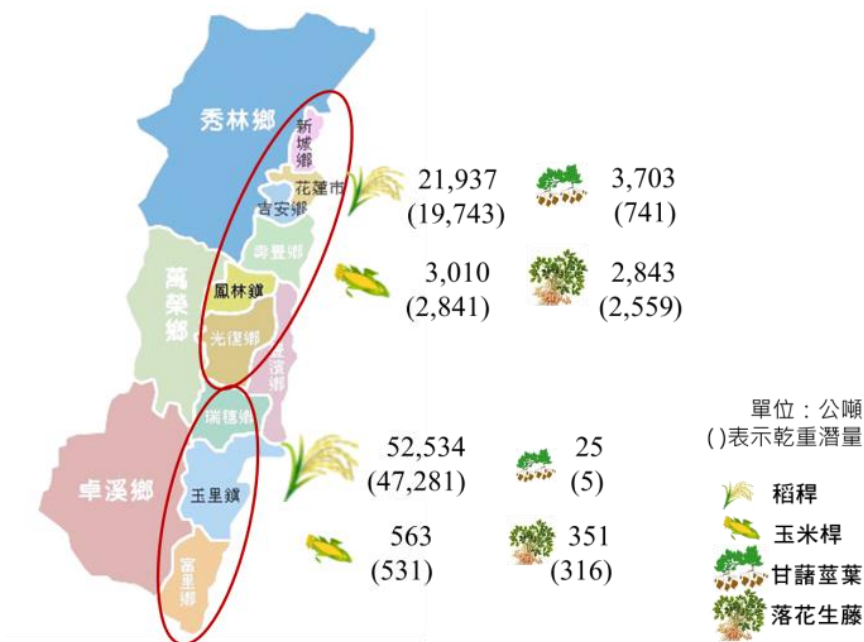
資料來源：本研究計算整理。

料源區設定，以台糖虎尾廠及善化廠作為假設工廠所在地，利用該糖廠現有料源腹地內相關料源，台糖虎尾廠平均運距為 29.9 公里，善化廠為 34.5 公里。因此，彰化與雲林地區列為虎尾廠料源區，嘉義與台南則列入善化廠料源區；台中與南投地區因距輸距離過遠，排除於料源區中。竹子部分，由於核研所尚未建立操作成本參數，因此，本研究以利用稻稈、狼尾草、甘蔗與廠內蔗渣等四項進料為例，在各情境下，推估兩座工廠所涵括各縣市料源潛量如表 6，並以此情境設定進行成本效益分析。

參、主要發現與結論

一、東台灣區域生質物潛量調查分析

花蓮縣作物廢棄物可供利用各項生質物料源分布，以較大宗之稻稈、玉米桿、甘藷藤與落花生藤進行評估(如圖 2)，北區以壽豐鄉為中心之腹地，以雜糧作物生產為主，在運距最長 28.1 公里下，稻稈一年乾重潛量約 1.97 萬公噸，玉米桿約 2,841 公噸，甘藷莖葉 741 公噸，落花生藤則約有 2,559 公噸。至於南區則指以玉里鎮為中心之腹地，以稻作生產為主，在運距最長 24.2 公里下，稻稈一年乾重潛量約 4.7 萬公噸，玉米桿約 531 公噸，甘藷莖葉僅 5 公噸，落花生藤則約有 316 公噸。



資料來源：本研究計算整理。

圖 2、2015 年花蓮縣作物農業廢棄物區域潛量

花蓮縣稻米 2014 年收穫面積以玉里鎮 6,443 公頃最廣，富里鄉 4,721 公頃次之，兩個鄉鎮的稻米收穫面積合計占花蓮縣總收穫面積的 63.16%；收穫量玉里鎮及富里鄉的稻米生產量合計占花蓮縣總產量的 65.17%。玉里鎮稻米生產量 28,900 公噸居全縣之冠，推估稻稈

田間產量可達 28,900 公噸，稻殼量則有 5,780 公噸。富里鄉收穫量則排名第二達 21,210 公噸，推估稻稈田間產量可達 21,210 公噸，稻殼量則有 4,242 公噸(表 7)。

表 7、2014 年花蓮縣稻作農業廢棄物各鄉鎮分布

區域	鄉鎮	作物產量 ^a		廢棄物田間產量 ^b		廢棄物乾重 ^b	
		收穫面積 (公頃)	稻米產量 (公噸)	稻稈 (公噸)	稻殼 (公噸)	稻稈 (公噸)	稻殼 (公噸)
北區	新城鄉	214	952	952	190	857	181
	花蓮市	60	257	257	51	231	48
	吉安鄉	588	2,614	2,614	523	2,353	497
	壽豐鄉	1,208	5,200	5,200	1,040	4,680	988
	鳳林鎮	1,837	7,448	7,448	1,490	6,703	1,416
	光復鄉	1,207	5,466	5,466	1,093	4,919	1,038
南區	瑞穗鄉	600	2,424	2,424	485	2,182	461
	玉里鎮	6,443	28,900	28,900	5,780	26,010	5,491
	富里鄉	4,720	21,210	21,210	4,242	19,089	4,030
海岸	豐濱鄉	165	813	813	163	732	155
山區	秀林鄉	2	4	4	1	4	1
	萬榮鄉	42	157	157	31	141	29
	卓溪鄉	587	1,446	1,446	289	1,301	275
合計		17,673	76,892	76,891	15,378	69,202	14,610

資料來源：a.花蓮縣政府主計處(2015)，花蓮縣 103 年統計年報-農林漁牧；b.本研究計算整理。

在林業資源部分，花蓮縣竹子種植株數，排名全台第三，一年約有 1.4 億株；估計可疏伐量約為 3,508 萬株，疏伐後竹桿產量約 17.5 萬公噸，換算竹桿生質物乾重約 10.5 萬公噸。但目前並無鄉鎮別林業統計資料，因此，無法推估各鄉鎮竹子疏伐後生質物潛量。

花蓮縣畜禽業所排放之生質廢棄物，以豬、牛、鴨之畜禽糞固形物潛量較高；以 2014 年花蓮縣養殖數量推估，每年豬糞固形物潛量達 7,904 公噸，北區雖然整體料源較為豐沛，但南區單場較具規

模；牛糞固形物潛量則達 4,871 公噸，鴨糞約 3,574 公噸，雞糞排放量約 2,658 公噸。北區以豬隻及鴨隻養殖為主，豬、牛、雞、鴨一年固形廢棄物乾重潛量約 9,695 公噸；豬隻一年固形廢棄物乾重潛量約 4,867 公噸，牛糞約 1,105 公噸，鴨糞 2,747 公噸，雞糞約有 976 公噸。至於南區則以豬隻及牛隻養殖為主，豬、牛、雞、鴨一年固形廢棄物乾重潛量約 8,987 公噸；豬隻一年固形廢棄物潛量約 3,007 公噸，牛糞約 3,767 公噸，雞糞約有 1,386 公噸，鴨糞 827 公噸。

二、東台灣區域生質物循環型運用之潛能與發展性評估

以花蓮縣生質料源最為豐富的稻稈為例，若將稻稈直接燃燒其發電潛能最高，以壽豐鄉為中心之北區，每年約可供應 2,020 萬度電，玉里鎮為中心之南區，則可供應 4,837 萬度電。若將稻稈進行沼氣處理生產生質瓦斯，北區每年約可供應 592 萬立方公尺生質瓦斯，南區則可供應 1,418 萬立方公尺。若將稻稈用於產製車用替代燃料，北區稻稈酒精潛量一年約 4,344 公秉，南區則可達 10,402 公秉。除了作為能源使用外，將稻稈作為纖維乳酸料源，北區纖維乳酸潛能約 5,528 公噸，南區則高達 18,767 公噸。

以花蓮縣至 2016 年 5 月養殖數量單場超過 100 頭之養殖場做為樣本進行推估，北區若設立一座豬糞沼氣集中處理場，料源收集運距半徑 28.1 公里下，每年最多約可供應 214 萬度電；南區以運距 24.2 公里設立一座豬糞沼氣集中處理場，則每年可供應 134 萬度電。另一方面，若在豬隻養殖最為集中之壽豐鄉設立一座豬糞沼氣集中處理場，單就壽豐鄉料源，每年最大潛能超過 131 萬度電，年產值達 673 萬元年產值，年減碳量達 71 萬公噸。

從區域發展來看，花蓮北區將稻稈作為纖維乳酸料源，其經濟效益最高，年產值可達新台幣 4.4 億元，二氧化碳減量超過 1.2

萬公噸，亦為所有增值應用技術中技術困難度最高者。稻稈生質混燒應用則為發電類中經濟與減碳效益較為顯著者，每年約可供應 2,020 萬度電，潛在經濟效益每年可達 8,000 萬元，二氧化碳減量超過 1,000 萬公噸。生質酒精應用其產值僅次於做為產製纖維乳酸應用，生質瓦斯的年產值為各項技術中最低，但其減碳效果僅次於纖維乳酸應用。花蓮南區稻稈產量為北區近 2.4 倍，因此在各項增值技術應用下，其產值與減碳效果將比北區更為顯著。

由於花蓮地區在考量最適運輸距離下，生質料源產量規模並不大，在生產成本無法與化石產品競爭下，建議從產值貢獻最顯著技術著手，方可達建廠投資經濟可行性。

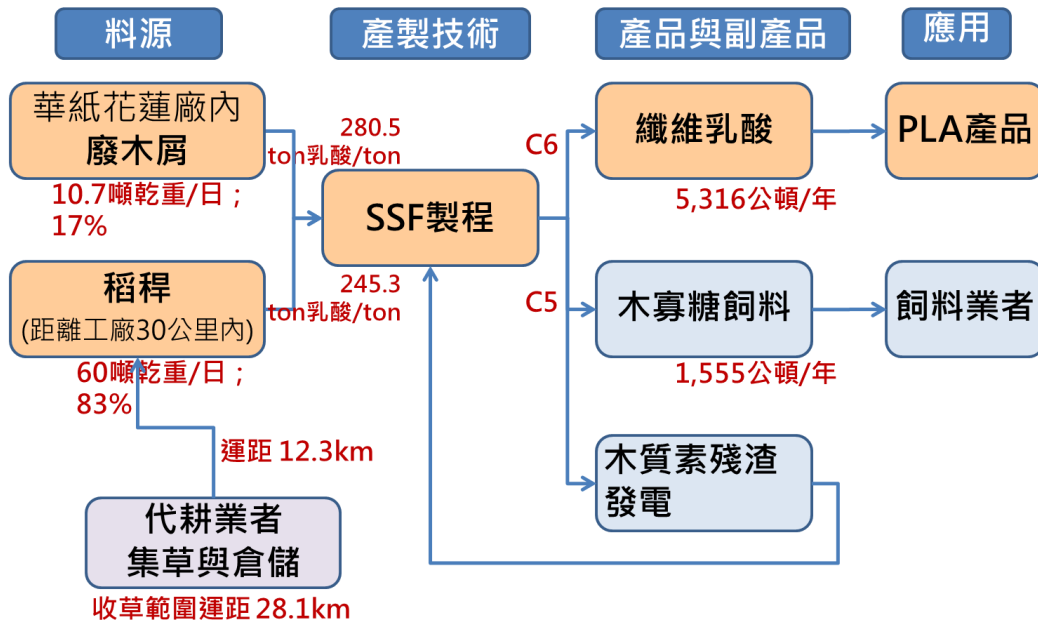
三、東台灣區域生質物循環型運用之潛能與發展性評估

本研究透過兩個案例探討，分析國內生質物循環型運用潛力，及影響產業供應鏈建置的關鍵議題。第一個案例為利用花蓮地區工業製程生質廢棄物，搭配花蓮地區大宗農業廢棄物稻稈產製纖維乳酸，第二個案例則為探討我國發展生質酒精產業的可行方案，從潛能評估至下游應用端的推動策略分析。

1. 中華紙漿花蓮廠設置纖維乳酸廠案例分析

本研究設定情境如圖 3 所示，原料採用中華紙漿花蓮廠內廢木屑(17%)，以及花蓮縣北區稻稈(83%)。製程部分則採用同步糖化及發酵製程(簡稱 SSF)，其中六碳糖(C6)用於生產纖維乳酸，年產量約 5,316 公噸，可進一步加工產製聚乳酸(Polylactic Acid; PLA)及其相關產品，做為化石塑膠的替代品；五碳糖(C5)則用於產製木寡糖飼料，年產量約 1,555 公噸，可作為飼料添加劑、動物保健品和抗生素替代品。另一項副產品則為發酵後的木質素殘渣，則作為汽電共生料源，所產生電力在回歸廠內製程電力與能源所

使用。



資料來源：本研究繪製。

圖 3、中華紙漿花蓮廠廢木屑產製纖維乳酸情境設定圖

利用中華紙漿花蓮廠內廢木屑(17%)，以及花蓮縣北區稻稈(83%)產製纖維乳酸，年產量可達約 5,316 公噸，並可年產木寡糖飼料約 1,555 公噸，可作為飼料添加劑、動物保健品和抗生素替代品。每公噸纖維乳酸生產成本約 60.57 元，以目前乳酸市場價格約為每公噸 80 元來看，本投資案 NPV 約為 6.66 億元，IRR 為 18.18%，回收年限約 8.6 年；因此，從成本面與投資經濟性來看，皆已具備經濟價值。在效益面部分，推估每年可為花蓮地區新增農業產值 4,400 萬元，年減二氧化碳 11,711 公噸，相當 45 座大安森林公園。

由於化石原料所產製的乳酸，在碳足跡議題逐漸受到重視下，纖維乳酸產品需求量將快速增加。同時，從廢棄物再利用的角度來看，本案值得中華紙漿深入評估。但本案例關鍵因素之一為稻稈集運系統的建立，目前花蓮地區並無集草業者，值得花蓮縣府

相關單位積極輔導。此外，花蓮南區稻稈產量亦相當豐富，再結合台東縣北區稻稈，亦可支持一座纖維乳酸廠的設立，建議後續可以持續探討。

2.我國發展生質酒精產業案例分析

將國內大宗農業廢棄物進行盤查後，可以發現以竹子疏伐後之農業廢棄物潛量最高，2015年約有198萬公噸，其次為稻稈158萬公噸，廚餘一年亦有將近61萬公噸潛量；合計我國2015年在生質廢棄物纖維料源潛量高達449萬公噸，詳如表8。

表 8、國內 2015 年纖維料源潛能盤查結果

料 源	2015 年 收穫面積(公頃)	單位潛量 (公噸/公頃)	纖維料源潛量 (公噸)
竹子	183,330	10.78	1,976,665
稻稈	251,861	6.28	1,581,687
廚餘	-	-	609,706
玉米稈	15,134	5.785	87,550
香蕉假莖	14,093	6	84,558
廢木材	-	-	80,581
蔗渣	8,764	5.2	45,573
蔬果批發市場	-	-	26,382
花卉批發市場	-	-	819
總 量			4,493,522

資料來源：本研究計算整理。

考量集運成本及料源規模經濟性，本研究將國內農業廢棄物潛量較高的竹子、稻稈優先納入評估對象，並台糖自有與約耕契作土地推廣甘蔗，邊際土地(包含不適耕作土地及高鐵沿線地層下陷區)用於推廣狼尾草作物以產製纖維酒精，則每年約可供應75.7萬公秉生質酒精，其中甘蔗酒精約7.4萬公秉，纖維酒精約68.3

萬公秉。在此情境下，透過生質酒精取代車用汽油，每年將可替代原油進口比例 0.35%，二氧化碳減量潛量達 154 萬公噸，每年減碳量相當於 5,891 座大安森林公園。

表 9、國內生質酒精供量潛量分析(最大供應量情境)

料源	稻稈 (公秉)	竹子 (公秉)	甘蔗 (公秉)	蔗渣 (公秉)	狼尾草 (公秉)	酒精潛量 (公秉/年)	替代原油 進口比例	CO ₂ 減量 (公噸)
第一代酒精	-	-	74,010	-	-	74,010	0.034%	107,314
第二代酒精	321,715	272,780		35,736	52,490	682,721	0.315%	1,433,714
合計						756,730	0.349%	1,541,028

資料來源：本研究計算整理。

若將運輸距離納入考量，從料源區腹地可供應量進行分析，南投地區將排除於料源區內，由表 10 可以發現中南部地區竹子、稻稈、甘蔗(含蔗渣)、狼尾草等料源產製生質酒精的潛能，以台糖虎尾廠可供應潛量較高，樂觀情境下酒精年產量可達 17.6 萬公秉，一般情境則約 12 萬公秉，保守情境則約 8.3 萬公秉。至於善化廠，樂觀情境酒精年產量約 14.4 萬公秉，一般與保守情境則分別約 10.2 萬與 7.4 萬公秉。然而，若將大部分料源集中於山區、集運成本偏高的竹子排除考量，在一般情境下，虎尾廠酒精年產量約 11.6 萬公秉，善化廠則約 6.5 萬公秉，一年兩座廠可供應合計 18.2 萬公秉。

表 10、各料源區生質酒精年供量潛量分析(公秉)

情境	工廠	料源區	最大潛能 (100)	樂觀 (80%)	一般 (50%)	保守 (30%)
包含 竹子	虎尾廠	彰化、雲林	213,483	176,287	120,494	83,298
	善化廠	嘉義、台南	171,901	144,014	102,183	74,296
	合計		385,384	320,301	222,677	157,594

不含竹子	虎尾廠	彰化、雲林	204,743	169,295	116,124	80,676
	善化廠	嘉義、台南	98,531	85,318	65,498	52,285
	合計		303,274	254,613	181,622	132,961

資料來源：本研究計算整理。

對於我國生質酒精發展策略案例分析情境設定(圖 4)，本研究分別從樂觀、一般與保守等三種情境進行成本分析，並提出建廠投資財務評估。料源規劃優先從料源集中區之彰化、雲林、嘉義與台南開始推動，收集料源區內 30~80%面積的稻稈農業廢棄物，於黃金廊道地層下陷區及不易耕作區推廣 30~80%面積種植狼尾草；並將該料源區內台糖自有農場產蔗和契作甘蔗全數利用。酒精工廠設定為台糖虎尾廠及善化廠所在位置，酒精製程採 SSCF 技術。在樂觀情境(推廣 80%)下，一年兩座廠可供應 25.5 公秉酒精，一般情境則可供應 18.2 萬公秉，最保守情境則約 10.8 萬公秉。

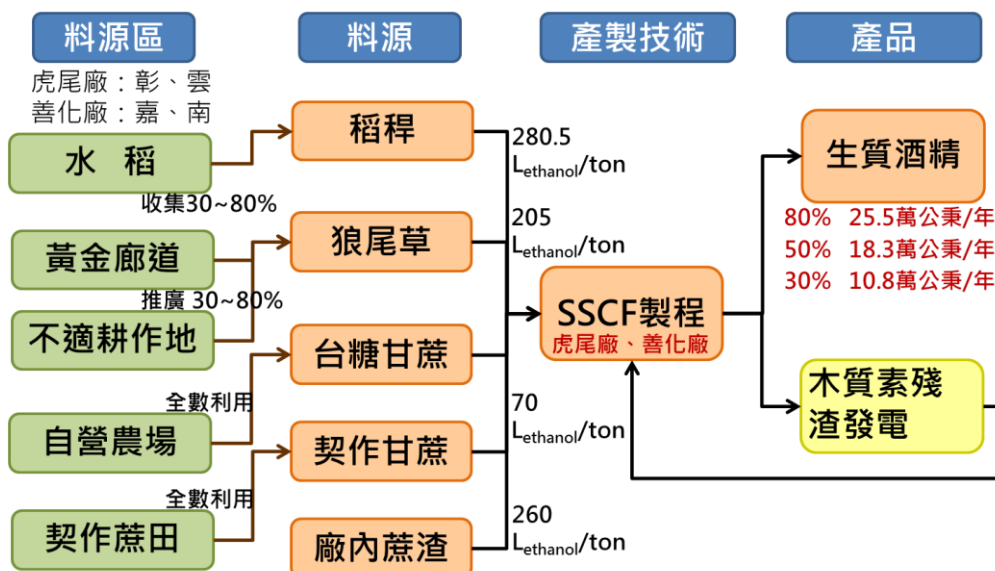


圖 4、生質酒精成本分析情境設定圖

以一般情境來說在使用四種料源組合下，虎尾廠甘蔗酒精年產量約 1.85 萬公秉，纖維酒精 9.76 公秉；善化廠甘蔗酒精年

產量約 2.19 萬公秉，纖維酒精 4.36 公秉；詳如表 11。

表 11、一般情境下各種料源產製酒精潛量分析(公秉)

料源 工廠	稻稈	甘蔗			狼尾草	第一代 技術	第二代 技術	合計
		台糖自營	契作	蔗渣				
虎尾廠	64,184	16,120	2,428	8,956	24,435	18,548	97,575	116,124
善化廠	32,159	17,754	4,140	10,572	874	21,894	43,604	65,498
合計	96,343	33,874	6,568	19,528	25,309	40,442	141,180	181,622

資料來源：本研究計算整理。

在同時使用稻稈、狼尾草、甘蔗與蔗渣等四種料源產製生質酒精成本分析，以產製每公升酒精來計算，以狼尾草料源成本最低，每公升約 11.02 元，稻稈次之每公升約 15.93 元；台糖甘蔗約 22.06 元，契作甘蔗要達到農民收益具備誘因下料源成本將高達 30.76 元；蔗渣視為場內廢棄物不計算成本。但從操作成本來看，甘蔗酒精操作成本相對偏低，每公升僅 5.24 元，但纖維酒精製成操作成本皆高達 17.29 元以上。因此，在不考慮固定成本下，包含料源成本與操作成本之生產成本，以蔗渣最低每公升約 17.29 元，台糖甘蔗次之約 27.30 元，狼尾草與稻稈分別約 31.87 元與 34.84 元，契作甘蔗成本最高約 36.00 元。

依照各種不同情境的料源配比，生質酒精生產成本會隨之變化，依照目前成本結構，隨著纖維料源使用料增加，生產成本也將隨之提高。研究結果發現，以推廣 30%料源情境下的生產成本最低，虎尾廠所產製每公升生質酒精生產成本約 34.49 元，善化廠則約 32.37 元；在一般情境下，虎尾廠所使用的料源組合生產成本每公升約 34.92 元，善化廠約 33.28 元；樂觀情境下，虎尾廠成本約 35.18 元，善化廠約 34.09 元。

表 12 則是從各情境下可以支持建廠投資財務可行的角度進行分析。以虎尾廠而言，在各情境下都必須在酒精市價超過每公升 37.7 元時，方可達建廠投資案經濟可行性；而善化廠部分，在保守情境下只須酒精市場價格超過每公升 36.1 元即可達投資可行性，一般情境需 36.8 元，至於樂觀情境則須達 37.3 元。以中油最新一期標購無水酒精決標價格 37.8 元為標竿下，各情境下虎尾廠與善化廠建廠投資案皆已具備投資經濟性；其中又善化廠的投資效益較虎尾廠更為顯著。若要維持使用稻稈、狼尾草、甘蔗與蔗渣這四種料源組合，有效降低在料源組合中佔比較高的料源成本，方可明顯提升投資效益。

表 12、各種情境下達建廠經濟可行條件分析

工廠別	虎尾廠			善化廠		
	樂觀	一般	保守	樂觀	一般	保守
酒精市價	37.8	37.8	37.7	37.3	36.8	36.1
NPV	10.4 億元	7.4 億元	5.7 億元	6.3 億元	5.5 億元	4.5 億元
IRR	7.91%	7.77%	7.77%	7.87%	7.96%	7.91%
DPP	19.9	20.2	20.2	19.9	19.7	19.8

資料來源：本研究計算整理。

當使用稻稈、狼尾草、甘蔗(包含台糖自有農場甘蔗與契作甘蔗)與蔗渣這四種料源組合，樂觀情境下，兩座酒精工廠每年可供應 25.5 萬公秉生質酒精，能源替代效果為可替代 0.117% 原油進口；二氧化碳減量每年可達 50.8 萬公噸，相當於 1,943 座大安公園儲碳量。至於一般情境，每年可供應 18.2 萬公秉生質酒精，能源替代效果 0.084%，年二氧化碳減量達 35.5 萬公噸，相當於 1,358 座大安公園儲碳量。保守情境下生質酒精年供應量約 13.3 萬公秉，

能源替代效果 0.061%，年二氧化碳減量達 25.3 萬公噸，相當於 967 座大安公園儲碳量；詳如表 13。

表 13、各情境下能源與環境效益分析

情境	酒精潛量 (公秉)	替代原油進口 比例	CO ₂ 減量 (公噸)	等同大安公園 儲碳量(座)
樂觀	254,613	0.117%	508,400	1,943
一般	181,622	0.084%	355,119	1,358
保守	132,961	0.061%	252,931	967

資料來源：本研究計算整理。

國內生質料源 56%集中在中南部地區，為使生質酒精推動能循序漸進，逐漸滲透市場，本研究建議以車輛適用性最高的添加 3%酒精汽油(E3)優先推動；整體策略以 95 無鉛汽油強制添加 E3 方式進行，短期以地產地用為著眼，以 10 萬公秉先行於料源區集中縣市進行市場滲透，中期逐漸擴大至全台強制使用 E3，使用量達 30 萬公秉。中長期更可將疏伐後的竹子農業廢棄物納入可行料源，進一步提高酒精添加於汽油的比例。

推動目標以 2020 年中南部優先使用，包含彰化縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、南投縣、台南市、高雄市等 7 個縣市，對於強制添加 E3 共需 11.5 萬公秉生質酒精。至於 2023 年，推動 E3 區域可往北擴大至桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、台中市等共 12 個縣市，生質酒精需求量 18.1 萬公秉。第三階段則可進入全台強制添加 E3，此時生質酒精需求量 30.4 萬公秉；詳如表 14。

表 14、各縣市汽油銷售量及各期程推動 E3 需求量

縣市別	汽 油	2020 年 E3	2023 年 E3	2025 年 E3
-----	-----	-----------	-----------	-----------

縣市別	汽 油	2020 年 E3	2023 年 E3	2025 年 E3
臺北市	854,677			25,640
新北市	1,415,532			42,466
臺中市	1,150,483		34,515	34,515
臺南市	1,293,470	38,804	38,804	38,804
高雄市	944,074	28,322	28,322	28,322
基隆市	933,390			28,002
新竹市	155,158		4,655	4,655
嘉義市	204,230	6,127	6,127	6,127
桃園市	284,116		8,523	8,523
新竹縣	336,559		10,097	10,097
苗栗縣	300,649		9,019	9,019
彰化縣	525,338	15,760	15,760	15,760
南投縣	276,010	8,280	8,280	8,280
雲林縣	330,081	9,902	9,902	9,902
嘉義縣	247,025	7,411	7,411	7,411
屏東縣	385,768			11,573
臺東縣	100,311			3,009
花蓮縣	149,263			4,478
宜蘭縣	211,390			6,342
澎湖縣	24,836			745
金門縣	19,217			576
連江縣	2,204			66
合 計	10,143,781	114,607	181,416	304,313

資料來源：能源局「104年各縣市汽車加油站汽油銷售統計月資料」；本研究計算整理。

肆、參考文獻

1. IEA (International Energy Agency). 2011. Technology Roadmap - biofuels for Transport. OECD/IEA. Paris. France.
2. Larson, E.D. 2008. Biofuel production technologies: status, prospect and implications for trade and development. UNCTAD. UN.
3. USDOE (U.S. Department of Energy). 2011. Biomass Multi-year program plan.
4. Erwin T.H. Vink, David A. Glassner, Jeffrey J. Kolstad, Robert J. Wooley, Ryan P. O'Connor. 2007. The eco-profiles for current and near-future NatureWorks® polylactide (PLA) production. Industrial Biotechnology. Vol. 3, No.1.
5. Humbird, D., R. Davis, L. Tao, C. Kinchin, D. Hsu, A. Aden, P. Schoen, J. Lukas, B. Olthof, M. Worley, D. Sexton, and D. Dudgeon. 2011. Process Design and Economics for Biochemical Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol Dilute-Acid Pretreatment and Enzymatic Hydrolysis of Corn Stover. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Technical Report TP-5100-47764.
6. Mei-hui Su, Chia-Hui Huang, Wen-Yi Lin, Chun-to Tso, Hsu-Sheng Lur, “Multi-years analysis on the energy balance, green gas emissions, and production costs of the first and second generation bioethanol I”, International Journal of Green Energy, 2014. (DOI: 10.1080/15435075.2014.888998).
7. 中華民國乳牛協會。2008。畜禽糞堆肥製作及施用手冊。
8. 行政院農業委員會。2014。農業統計年報。
9. 行政院農業委員會。2015。農業廢棄物排放量統計。
<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/common/CommonStatistics.aspx>。

10. 行政院農業委員會。2016。養豬頭數調查報告。
11. 行政院環境保護署。2014。2014 年中華民國國家溫室氣體清冊報告-第六章土地利用變化及林業部門。p215。
12. 台灣大學生物能源研究中心。2009。農業廢棄物（稻桿）集運方式及成本調查專案研究計畫期末報告。行政院環境保護署委託專案計畫。
13. 台灣經濟研究院。2012。新穎性纖維酒精技術及其量產廠成本效益評估。行政院原子能委員會委託研究計畫研究報告。
14. 李姿蓉與林正斌。2015。臺灣狼尾草栽培品種簡介。農政與農情。第 277 期。
15. 周楚洋。1998。農業廢棄物處理之回顧與前瞻。Professor Takasaka 紀念研討會文輯。
16. 花蓮縣政府主計處。2015。103 年花蓮縣農作物生產概況簡要分析。
17. 花蓮縣政府主計處。2015。花蓮縣 103 年統計年報。
18. 胡良龍，王公僕，凌小燕，王冰，王伯凱，游兆延。2015。甘藷收穫期藤蔓莖稈的機械特性。農業工程學報。31(9)。
19. 孫勝龍，高龍君，隋延婷，李雪飛。2004。吉林省畜禽養殖業的環境問題及防治技術。生態環境。13(3): 452-454。
20. 張無敵，劉士清，周斌，何彩雲。1997。我國農村有機廢棄物資源及沼氣潛力。自然資源。1997 年第 1 期。
21. 郭家倫、王嘉寶、黃文松、門立中。2012。生質酒精之發展現況與未來趨勢。工程。85(4)：99-113。
22. 郭德傑，吳華山，馬豔，常志州。2011。集約化養殖場羊與兔糞尿產生量的監測。生態與農村環境學報。

23. 陳財輝、劉瓊霖、王仁。2015。臺北五股與台南龍崎綠竹林之林分結構與生物量。林業研究季刊 37(3)：209-298。
24. 陳寶昆、楊宇明、張國學、孫茂盛、石明。2007。大型叢生竹的培育技術及其綜合利用研究。西部林業科學。136(2)。
25. 曾慶平。2016。纖維原料解聚產品應用於生質沼氣技術開發計畫。行政院原子能委員會委託研究計畫。
26. 黃文哲、蘇銘千、高年信。2009。花蓮縣畜牧廢棄物能源化分佈之研究。台灣環境資源永續發展研討會。
27. 楊紹榮。農業廢棄物處理與再利用。台南區農業改良場。
<http://www.tndais.gov.tw/Soil/b1.htm>。
28. 蔡先鋒，于曉鵬，曾瑩瑩，李洪吉，袁佳麗，張汝民，溫國勝。 2014。毛竹含水率的時空動態。世界生態學。3(4): 47-55。
29. 蔣永清。2014。羊青粗飼料自給技術。浙江農業科學院。
<http://www.zjahv.gov.cn/uploadFiles/2014-09/1409647157360.pdf>。
30. 顏宏達。2001。畜牧要覽養豬篇。華香園出版社。臺北。pp157-194。
31. 蘇美惠、李文揚、黃佳慧。2013。第一與第二代纖維酒精之推動策略與總體效益影響評估。行政院原子能委員會委託研究計畫研究報告。
32. 蘇美惠。2007。從歐美發展經驗探討國內生質能產業政策-以車用替代燃料之生質柴油與生質酒精為例。台灣經濟研究月刊。30(11)：98-110。
33. 蘇忠楨。2012。畜牧業沼氣利用推廣，臺大農業推廣通訊雙月刊 96 期，pp1-6。