

國立臺灣大學生物資源暨農學院農業經濟學系



碩士論文

Department of Agricultural Economics
College of Bioresources and Agriculture
National Taiwan University
Master Thesis

臺灣養蜂業採蜜決策之經濟分析

An Economic Analysis of Beekeepers' Honey Harvesting
Decisions in Taiwan

孫聖恆

Shen-Herng Suen

指導教授：雷立芬 博士

Advisor: Li-Fen Lei, Ph.D.

中華民國 108 年 6 月

June, 2019

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

臺灣養蜂業採蜜決策之經濟分析
An Economic Analysis of Beekeepers' Honey
Harvesting Decisions in Taiwan

本論文係 孫聖恆 君（學號 R06627005）在國立臺灣大學生
農學院農業經濟學系所完成之碩士學位論文，於民國 108 年 6 月
18 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

指導教授：

潘立芳

（簽名）

口試委員：

潘立芳

（簽名）

楊恩淑

陳裕文

張靜貞

呂俊榮



謝辭

本研究能順利完成，首先感謝國立臺灣大學昆蟲學系楊恩誠教授於研究發想階段給予寶貴建議，以及行政院農業委員會苗栗區農業改良場蠶蜂課徐培修助理研究員多次指教，並提供相關數據及蜂農聯絡資訊。另外，也感謝國立宜蘭大學生物技術與動物科學系陳裕文教授，對於蜂農的生產行為提供專業意見，還有國立臺灣大學農業經濟學系暨中央研究院經濟研究所研究員張靜貞教授，於模型設計及軟體操作方面的協助與指導。特別感謝臺中峰谷蜂業宋威霆先生、位於新北市三芝的興旺養蜂場，提供本研究養蜂實務方面的知識與經驗。

從進入臺大農經所就讀以來，除了專業課程的學習與訓練之外，更讓聖恆珍惜的其實是與同學們相處並互相學習的時光，尤其是 B02 研究室的各位，總是在聖恆需要協助的時候伸出援手，每次同大家出遊、唱歌，不僅排解不少作為研究生的壓力，也與大家培養出深厚情誼，令聖恆的研究生生活多彩多姿。

接著，更要感謝中華經濟研究院臺灣東南亞國家協會研究中心主任—徐遵慈老師，讓聖恆從大學時期便有機會在研究單位實習，並在就讀研究所前累積不少實力，且聖恆自大學至研究所的學習階段中，其實甚少有家人的陪伴，所以在此也感激徐老師平日對聖恆照顧有加。

而能順利完成論文，功不可沒的正是聖恆的指導教授—雷立芬老師，其實自研究發想一直到最終完成論文，雷老師都給聖恆很大的發揮空間，並在遇到困難時，及時提供聖恆建議與協助。而且雷老師總是鼓勵學生以「大膽假設、小心求證」的態度面對論文，甚至經常提出有趣的想法，讓聖恆能夠在這份論文中豐富自己的視野，並延伸出許多精彩的內容。聖恆也想謝謝其他口試委員—楊恩誠老師、陳裕文老師、張靜貞老師及官俊榮老師，提供聖恆諸多寶貴建議，使本份論文得以更加完善。

最後，聖恆當然要感謝從小到大大一路陪伴自己成長的爸爸、媽媽及兩位可愛

的弟弟們，雖然因爸爸公務外派、弟弟們出國念書，而甚少有時間相聚，但家人們不管距離聖恆多遙遠，總是無條件且不斷地給予聖恆支持，才讓聖恆能一次次地順利度過各種學習階段，並從中獲得巨大的成長。

孫聖恆 謹誌於

國立臺灣大學農業經濟研究所

中華民國 108 年 7 月



摘要

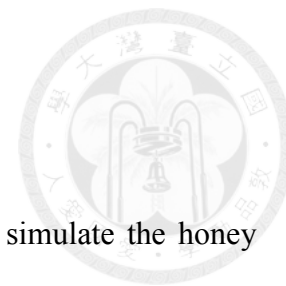
本研究利用數學規劃方法，透過在養蜂箱數目及蜜源供給等限制，針對臺灣蜂農採集龍眼蜜及荔枝蜜之蜂箱運輸行為進行模擬，瞭解蜂農如何分配並運輸蜂箱至各縣市，以達成福利極大化之目標。接著添加「採蜜蜂群數量減少」及「龍眼及荔枝流蜜量減少」等兩種外部影響，分別進行區域性的敏感性分析，藉以評估蜂群消失及蜜源減少對臺灣蜂蜜生產之影響。期能協助臺灣蜂農找出最適的蜂箱運輸決策，並作為農政機關推動養蜂輔導措施時之參考依據。

模擬結果顯示，在全臺最適的蜂箱運輸分配下，蜂蜜總產量共 6,013.46 公噸，價格落在每公斤 214.71 元，年產值則高達 12.91 億元。全臺有超過 80% 之蜂蜜產於中、南部地區，與實際生產情形類似，然而，全臺龍眼及荔枝之種植面積實不足以供應所有縣市蜂箱完成採蜜，導致多數縣市模擬產量少於實際產量。全臺蜂箱之平均運輸距離為 229.71 公里，尤其北部及東部地區因地理位置距龍眼及荔枝主要產區遙遠或交通不便，導致平均運輸距離較長。而平均一個蜂箱可為養蜂業創造 6,939.84 元之產值，並為蜂農帶來 5,462.01 元之利潤。

建議蜂農於採蜜期間盡可能掌握蜜源產區之天候狀況，並避免過度依賴龍眼及荔枝等蜜源。最後，南部地區在兩種外部影響下皆為最敏感之地區，建議農政機關調查並整理南部地區各類蜜源作物之數量及分布情形，同時配合近年養蜂輔導措施加強推廣，鼓勵蜂農善加利用林地蜜源或綠肥作物。

關鍵詞：養蜂業、蜂蜜、運輸決策、數學規劃、福利極大化、敏感性分析

Abstract



In this study, a mathematical programming model is built to simulate the honey harvesting decisions for beekeepers in Taiwan under welfare maximization with constraints on the number of colony raised and nectar sources, namely longan and lychee. Then, by adding two kinds of external shock, including ‘decrease in colony size’ and ‘loss of nectar sources’ to the model, a regional sensitivity analysis is adopted to evaluate the effects of colony and nectar losses on honey production in Taiwan.

The results show that the total production of honey is 6,013.46 tonnes with an equilibrium price of NT \$214.71 per kilogram, and the total value of honey production has reached to NT \$1.29 billion. Over 80% of honey is produced in Central and Southern Taiwan, which is very similar to the actual production. However, the supply for longan and lychee is not enough for all beekeepers to harvest honey, which results in a reduction of honey production in most areas of Taiwan. The average distance for transporting a colony is 229.71 kilometers, and especially for Northern and Eastern Taiwan, the distance is much longer than other areas. And in average, a colony can create NT \$6,939.84 in terms of value of production, with a net profit of NT \$5,462.01.

It is suggested that beekeepers should consider the weather condition during honey harvesting season, and do not depend too much on longan and lychee. Lastly, the sensitivity analysis provides that Southern Taiwan is the most sensitive area in both kinds of external shock, so it is also suggested that government agencies in agriculture can investigate the species and number of honey plants in Southern Taiwan, and promote the use of forest honey plants and green manure crops as alternatives to longan and lychee.

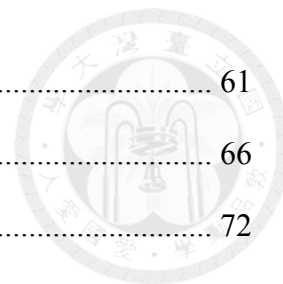
Keywords: beekeeping industry, honey, transporting decisions, mathematical programming, welfare maximization, sensitivity analysis

目錄



謝辭	I
摘要	III
Abstract.....	IV
表目錄	VII
圖目錄	VIII
附表目錄	IX
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的	4
第貳章 養蜂業特性與發展現況	7
第一節 養蜂業特性	7
第二節 臺灣養蜂業現況	12
第參章 文獻回顧	27
第一節 授粉價值評估	27
第二節 蜂箱運輸研究	29
第肆章 實證模型與資料來源	31
第一節 目標函數與限制條件	31
第二節 參數設定與資料敘述	35
第伍章 模擬結果與討論	41
第一節 模擬結果	41
第二節 敏感性分析	48
第三節 綜合討論	56

第陸章 結論	61
參考文獻	66
附錄	72





表目錄

表 2-1	臺灣常見蜜粉源作物花期.....	10
表 2-2	各縣市養蜂產銷班概況，2019 年.....	14
表 2-3	全臺蜂產品產量、單價與產值，2017 年.....	18
表 2-4	臺灣蜂產品進出口概況，2014-2018 年.....	20
表 2-5	臺灣蜂產品前 10 大進口來源國，2018 年.....	21
表 2-6	臺灣蜂產品前 10 大出口國，2018 年.....	22
表 2-7	亞洲前 10 大蜂蜜（HS 0409）出口國，2018 年.....	23
表 2-8	臺灣主要蜜蜂病蟲害種類.....	26
表 4-1	各縣市之出發地及目的地代碼.....	36
表 4-2	各參數設計及資料來源.....	40
表 4-3	各參數敘述統計表.....	40
表 5-1	各縣市蜂蜜模擬產量與實際產量比較.....	42
表 5-2	各縣市蜂箱運輸分配情形.....	44
表 5-3	各縣市產蜜蜂箱分布狀況.....	46
表 5-4	各縣市產蜜之單箱利潤比較.....	48
表 5-5	採蜜蜂群數量減少 10%各地區模擬結果比較表.....	51
表 5-6	採蜜蜂群數量減少不同幅度下之各地區模擬結果.....	52
表 5-7	龍眼及荔枝流蜜量減少 10%各地區模擬結果比較表.....	55
表 5-8	龍眼及荔枝流蜜量減少不同幅度下之各地區模擬結果.....	56
表 5-9	採蜜蜂群數量減少 10%各縣市閒置蜂箱分布情形.....	57
表 5-10	龍眼及荔枝流蜜量減少 10%各縣市閒置蜂箱分布情形.....	59

圖目錄



圖 1-1	龍眼、荔枝種植面積及在養蜂箱數，2008-2017 年.....	3
圖 2-1	蜂農與果農之間授粉服務市場概念圖.....	8
圖 2-2	西洋蜜蜂巢框.....	9
圖 2-3	餵飼糖水及花粉餅之西洋蜜蜂蜂箱.....	11
圖 2-4	蜂蜜採收流程.....	12
圖 2-5	蜂產品運銷通路圖.....	16
圖 2-6	臺灣飼養箱數及養蜂戶數，2003-2017 年.....	17
圖 2-7	臺灣蜂蜜產量及平均價格，2010-2017 年.....	19
圖 4-1	模型決策架構.....	32
圖 5-1	縣市間主要蜂箱運輸路徑圖（3,000 箱以上）.....	45

附表目錄

附表 1	各縣市養蜂戶數、在養蜂箱數及每箱平均蜂蜜產量，2016 年	72
附表 2	各縣市龍眼及荔枝種植面積，2016 年	73
附表 3	各縣市採蜜蜂箱放置數目上限，2016 年	74
附表 4	縣市間最短行車距離（公里）	75
附表 5	採蜜蜂群數量減少 20%各縣市閒置蜂箱分布情形	76
附表 6	採蜜蜂群數量減少 30%各縣市閒置蜂箱分布情形	77
附表 7	龍眼及荔枝流蜜量減少 20%各縣市閒置蜂箱分布情形	78
附表 8	龍眼及荔枝流蜜量減少 30%各縣市閒置蜂箱分布情形	79



第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

蜜蜂憑藉其傳播花粉的功能，而成為自然界中最重要授粉生物之一。蜜蜂於分類上屬於節肢動物門(*Arachnida*)、昆蟲綱(*Insecta*)、膜翅目(*Hymenoptera*)、蜜蜂科(*Apidae*)、蜜蜂亞科(*Apinae*)、蜜蜂屬(*Apis*)，為典型的社會性昆蟲，目前全球已知有 9 種蜜蜂，其中西洋蜜蜂(*Apis mellifera*)及東方蜜蜂(*Apis cerana*)為臺灣主要飼育品種。¹而蜜蜂授粉屬於生態系統服務(ecosystem services)的一環，不僅有利於維持生物多樣性，也在農業生產中扮演重要的角色，全球主要農作物中即有 87 種須仰賴蜜蜂授粉，約占全種類的 75% (Klein *et al.*, 2007)。且據估計，全球一年因蜜蜂授粉所創造的經濟價值高達 1,530 億歐元，約等於全球農業產值的 9.5% (Gallai *et al.*, 2009)。

蜜蜂授粉除了能提高著果率並增加農作物產量，也有不少研究發現能減少畸形果的比率，或者改善農作物品質(吳登楨，1996；黃子豪，2018)。而相對地，農作物開花也為蜜蜂提供食物來源，蜜蜂與農作物之間如此的互惠關係，很早便成為經濟學家關注的議題。Meade (1952) 藉由蜂農協助蘋果授粉的例子，講述蜜蜂所能創造的「外部性(externalities)」，並點出蜜蜂授粉對於果農而言是一種「無償要素(unpaid factor)」，顯示早期蜜蜂授粉未被視為一種具有經濟價值的投入要素，而是果農無需負擔任何成本便能享有的一種外部效益。後來 Cheung (1973) 及 Johnson (1973) 則以美國為例，強調美國蜂農不僅能生產蜂產品，也能出租蜂箱給有授粉需求的果農，或主動將蜂箱放置在特定的果園，並向果農收取合理報酬，說明蜂農與果農間確實存在授粉服務市場，雙方可以透過交易的方式將外部性內部化。Siebert (1980) 透過部分均衡模型之建構，估計美國加州蜂群減少對於杏仁種植戶所造成之損失，實證結果指出 1975 年全加州蜂農的收入隨蜂群減少而

¹ 西洋蜜蜂為全球分布最廣的品種之一，也是商業養殖規模最大的蜂種，又稱「義大利蜂」，而東方蜜蜂則為臺灣原生之蜂種，俗稱「臺灣土蜂」。

下降約 100 萬美元，導致同年杏仁種植戶在缺乏授粉服務的情況下損失約 20 萬美元，更加確立授粉服務對於美國特定作物生產之重要性。Rucker *et al.* (2012) 進一步針對 Cheung (1973) 所提出的授粉服務市場進行經濟分析，發現美國的授粉服務市場已有成熟的市場機制，授粉費用會受蜂蜜價格、燃料成本及授粉作物是否為重要蜜源而影響。Bauer & Wing (2016) 則從全球農業產值因缺少授粉服務而下降之角度，評估全球對於農業授粉服務之願付價值(willingness-to-pay)高達 1,270 至 1,520 億美元。Ferrier *et al.* (2018) 更指出 2016 年美國蜂農提供授粉服務之收入，占其全年總收益之 41%，顯示授粉服務已成為美國蜂農重要的收入來源之一。基於上述研究成果可知，養蜂不僅能藉由生產及販售蜂產品創造直接產值，提供授粉服務所生的間接產值更是不容小覷，且當蜂群減少亦會影響農業產值，足可見養蜂業對於整體農業部門之重要性。

然而，自 2006 年美國大規模爆發蜂群衰竭失調症 (colony collapse disorder, CCD)²後，近年來全球也持續發生蜜蜂集體消失或死亡之災情，使得蜜蜂消失的議題受到國際高度關注，不過學者對於 CCD 發生原因仍未有定論，其中蜂蟹蟎 (*Varroa destructor*)³寄生、病毒感染及農藥毒害被認為是主要因素 (王重雄等，2009；陳裕文，2017)。臺灣也不例外，近年蜜蜂大量死亡之情形屢見不鮮，最大原因之一即是農藥施用所造成之毒害，包含芬普尼 (fipronil) 及類尼古丁農藥—益達胺 (imidacloprid) 皆是元兇 (楊恩誠，2011；Peng & Yang, 2016；陳樞廷、張羽萱，2017)。而從蜜源供給的角度來看，龍眼及荔枝為臺灣主要使用之蜜源，每逢龍眼及荔枝開花季節，全臺蜂農幾乎不會錯過採集龍眼蜜或荔枝蜜的機會，圖 1-1 整理 2008-2017 年臺灣龍眼及荔枝種植面積以及在養蜂箱數變化情況，可以發現蜂箱數雖然逐漸增加，龍眼及荔枝的種植面積卻有減少之趨勢，顯示重要蜜源供給漸趨不足。且近年天候異常經常導致龍眼及荔枝花期延後，甚或花況不佳，容易

² 「蜂群衰竭失調症」之特徵為外勤蜂大量消失，蜂巢或養蜂場附近卻未見蜜蜂屍體，最終蜂群因外勤蜂未返巢而逐漸瓦解。

³ 蜂蟹蟎為一種寄生性蟎類，通常寄生於西洋蜜蜂及東方蜜蜂之幼蟲、蛹、成蟲體表，並以吸食宿主體液維生，感染情形嚴重者會導致蜂群衰弱或瓦解。

造成蜂蜜歉收，並對蜂農收入產生嚴重衝擊（盧美君，2016；陳裕文，2017）。綜上所述，蜜蜂消失及蜜源供應不足皆是臺灣養蜂業目前所面臨的困境及挑戰，所以在如此環境背景之下，蜂農如何將蜂箱做最有效的運輸分配，成為值得探究之課題。

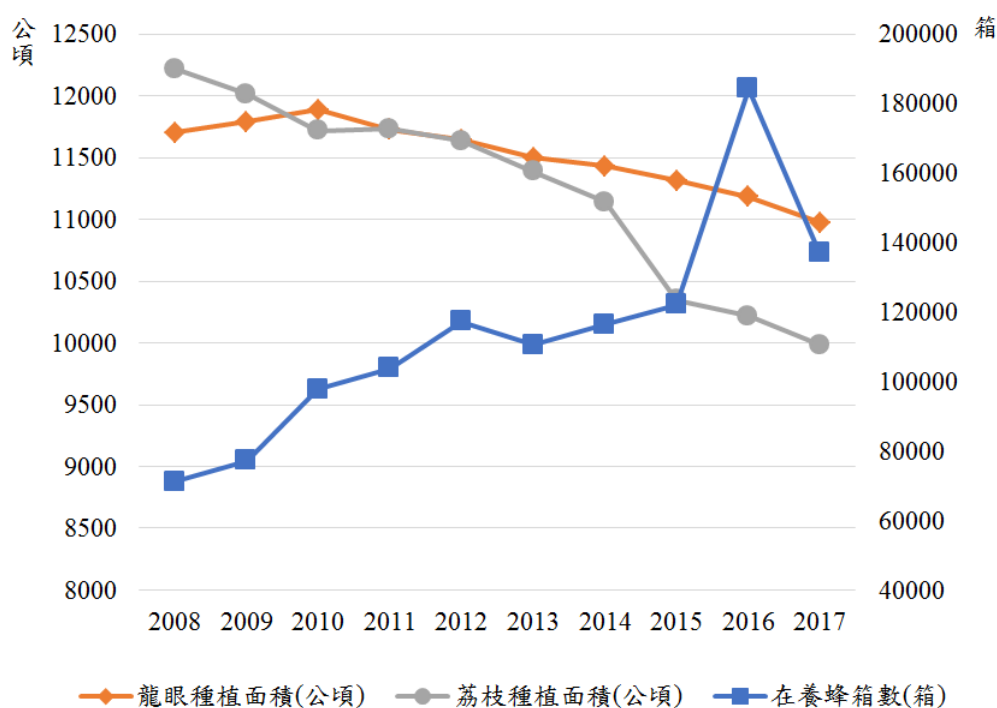


圖 1-1 龍眼、荔枝種植面積及在養蜂箱數，2008-2017 年

資料來源：行政院農業委員會農糧署（2017a）。

國外已有不少研究針對蜂農之蜂箱運輸決策進行分析，其中蜂箱運輸之路徑及蜜源供給數量皆是重要的考慮因素。Williamson（2016）整理美國各州主要授粉作物之分布及花期，同時考慮蜂箱運輸成本及損耗，從福利極大化的角度，探討美國蜂農在採蜜及提供授粉服務之間如何將蜂箱做充分利用。Lee *et al.*（2018）也透過情境分析之方式，探討美國蜂群數量減少、授粉作物需求下降等對於蜂蜜生產有何影響。然而，國內仍未有針對蜂箱運輸決策，或評估蜂群消失及蜜源減少對臺灣蜂蜜生產影響之研究。近幾年臺灣連續發生多起蜜蜂遭農藥毒害之事件，又經常因龍眼及荔枝花況不佳而導致蜜蜂無蜜可採，蜂蜜價格不斷創新高，已對

養蜂業造成嚴重威脅，足見進行相關影響評估之重要性。

第二節 研究目的

國內過去有關養蜂產業的研究，僅有苗栗區農業改良場及少數研究，針對臺灣養蜂業發表產業發展概況（黃玉瓊，2005；吳輝虎，2013；盧美君，2016；陳楷廷、張羽萱，2017；陳裕文，2017；黃子豪，2018）或蜂產品生產成本分析（方清居，2000）。自 Meade（1952）將授粉服務納入經濟問題的考慮之後，授粉服務不再單純只是自然界所提供的一種功能，對農業生產而言，是有經濟貢獻的一種投入要素，因此其本身所能創造的經濟價值也成為值得評估的對象。當蜂農於採蜜季節間將蜂箱運至有授粉需求之果園，便能在確保有蜂蜜可採收的同時，向果農收取提供授粉服務之報酬，另一方面，果農也能透過支付一定的授粉費用，讓作物產量提升。

雖然臺灣未有發展成熟之授粉服務市場，但是仍有必要針對蜂農的蜂箱運輸行為進行決策分析，此舉不但可深入瞭解養蜂業現況，還能建立評估外部因素如蜂群消失及蜜源減少等對養蜂業產生的衝擊，有鑑於此，本研究擬參考 Gavina *et al.*（2014）及 Williamson（2016），欲透過數學規劃（mathematical programming），探討全臺蜂農如何分配並運輸蜂箱至特定縣市完成採蜜，以達成福利極大化（welfare-maximizing）之目標。數學規劃是經濟學及管理學領域中重要的研究方法之一，主要用於極值求解，即在給定之目標函數及限制式下，尋找最適之決策組合，而依目標函數及限制式之形式，數學規劃可進一步區分成線性規劃（linear programming）及非線性規劃（non-linear programming）。數學規劃方法也常用於運輸規劃問題，比如廠商生產產品所需之零組件配送、產品自製造端運送至消費市場，通常以運輸成本極小化作為求解目標，有時亦可配合模型規模及設計而改為產量極大化、利潤極大化或其他目標。而一般蜂農為了採蜜，會將蜂箱運至蜜源豐沛之地點，同樣適合使用數學規劃方法分析蜂農的運輸決策，Gavina *et al.*（2014）及 Williamson（2016）即在考慮在養蜂箱數、運輸路徑及蜜源供給之下，透過數學

規劃方法分析蜂農如何決定採蜜或提供授粉服務之地點。

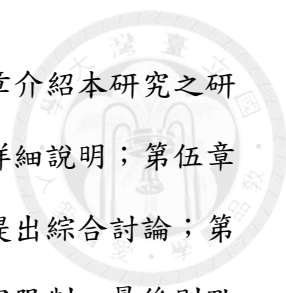
此外，龍眼及荔枝由於流蜜量大且蜜質好，成為臺灣主要使用之蜜源，因此本研究聚焦龍眼蜜及荔枝蜜之生產，再藉敏感性分析 (sensitivity analysis)，瞭解蜂群消失及蜜源減少對於兩種蜂蜜之生產有何影響。本研究將依全臺、北部地區 (新北市、臺北市、桃園市、基隆市、新竹市、宜蘭縣、新竹縣)、中部地區 (臺中市、苗栗縣、彰化縣、南投縣、雲林縣)、南部地區 (臺南市、高雄市、嘉義市、嘉義縣、屏東縣)、東部地區 (臺東縣、花蓮縣) 等區域，進行敏感性分析。一方面希望能讓讀者認識到蜂箱運輸規劃須考慮之問題，以及臺灣養蜂業發展面臨之困境；另一方面則希望協助臺灣蜂農找出最適的蜂箱運輸決策，並作為農政機關推動養蜂輔導措施時之參考依據。

具體而言，本研究之目的分述如下：

- 一、瞭解臺灣養蜂業之產業概況及困境，以便聚焦於龍眼蜜及荔枝蜜進行經濟分析。
- 二、藉由數學規劃模型之建構，視各縣市為單一蜂農⁴，模擬全臺蜂農之蜂箱運輸決策，並觀察各縣市蜂蜜產量及蜂箱運輸分配情形，最後進行單一蜂箱之產蜜利潤比較。
- 三、對模型添加：(1) 採蜜蜂群數量減少；(2) 龍眼及荔枝流蜜量減少等兩種外部影響，進行敏感性分析，探討採蜜蜂箱運輸的最適分配情形、蜂蜜產量及價格、生產成本等如何因應地區性的外部影響而變動。
- 四、針對蜂箱運輸模擬及敏感性分析結果，提出政策建議。

本研究共分為六章，各章節內容如下：第壹章說明本研究之背景及動機，並介紹研究目的及章節架構；第貳章講述養蜂業的產業特性，接著針對臺灣養蜂業現況進行簡介；第參章回顧相關研究成果，分別就「授粉價值評估」及「蜂箱運

⁴ 礙於無法具體掌握各縣市所有養蜂戶或養蜂產銷班之分布狀況，本研究將位於相同縣市之蜂農加總視為單一蜂農。



輸研究」兩方面進行回顧，最後釐清本研究之研究範圍；第肆章介紹本研究之研究方法，並就模型之目標函數、限制條件及資料蒐集方法分別詳細說明；第伍章呈現本研究之研究結果，包含模型模擬結果及敏感性分析，並提出綜合討論；第陸章針對研究成果進行總結，同時提供相關政策建議並釐清研究限制，最後則點出未來值得繼續研究之方向。

第貳章 養蜂業特性與發展現況

本章主要針對養蜂業進行簡介，以供讀者對於養蜂業有初步認識，本章共分為兩節，第一節講述養蜂業之特性，先從蜂農與果農之間的交互關係，介紹國外發展成熟之授粉服務市場架構，再分別說明養蜂用具之功能及蜂產品生產特性，最後則以臺灣為例，整理臺灣重要蜜粉源作物之花期分布，並介紹蜂農一年的生產時程及蜂蜜採收流程；第二節則講述臺灣養蜂業之發展現況，盤點國內重要養蜂輔導措施，並介紹蜂產品之運銷通路，接著就養蜂業之產業規模及生產情形進行分析，最後則討論國內養蜂業目前遭遇之問題。

第一節 養蜂業特性

養蜂業，根據我國行政院主計總處之定義，凡專門從事養蜂取蜜及取蠟之行業均屬之。養蜂不占耕地，且初期投資少，僅需準備蜂箱及各式蜂具，並學習一定程度的蜂群管理技術。因此，養蜂業相較其他農業生產活動而言，是入行門檻較低的產業 (Hilmi *et al.*, 2012)。而由於蜜蜂授粉具有提升農作物產量或改善品質之效益，使得養蜂業成為農業部門中非常關鍵的產業，甚至於國外出現所謂的「授粉服務市場」，圖 2-1 即為授粉服務市場概念圖，蜂農藉由提供蜂群讓蜜蜂為農作物進行授粉，而在蜜蜂採集花蜜或花粉的同時，蜂農也能採收蜂產品販售；另一方面，果農則因為蜜蜂授粉對於農作物生產有利，願意支付一定金額請蜂農將蜂群放置在果園裡，或是直接向蜂農租用蜂群使用。換言之，蜂農身為授粉服務的供給者，同時是蜜源及粉源的需求者，而果農身為蜜源及粉源的供給者，也是授粉服務的需求者，因此在蜂農與果農間有互惠關係之下，原本被視為外部效益的授粉服務，經由市場機制成為對果農而言具有經濟價值的一種投入要素，對蜂農來說則是能賺取報酬的生產活動之一。

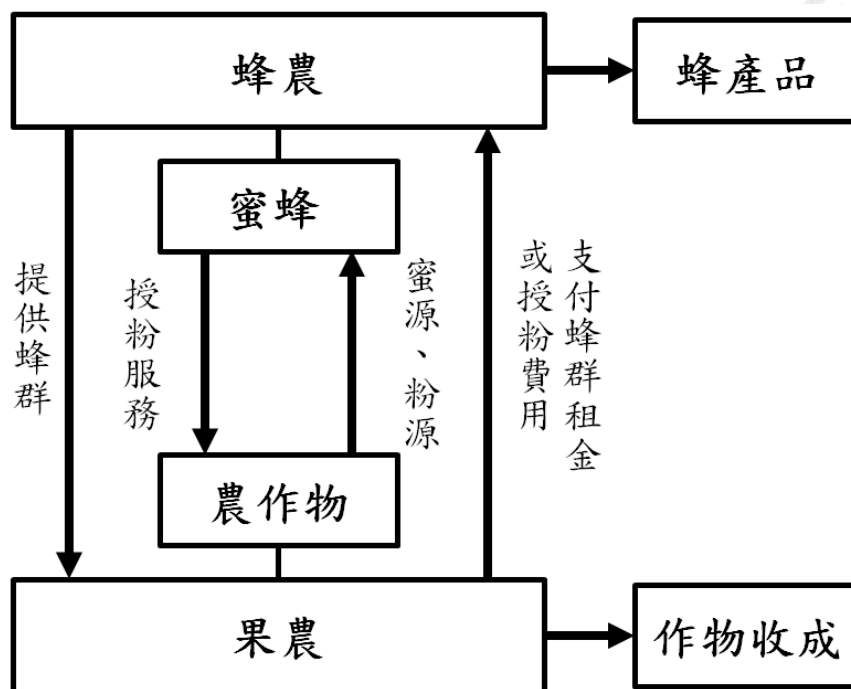


圖 2-1 蜂農與果農之間授粉服務市場概念圖

以人工方式養育蜜蜂，專業的養蜂用具是必須的，其中最為重要的即是蜂箱及巢礎，蜂箱為提供蜜蜂休息及儲存食物的場所，材質一般以木頭為主，然因蜂箱需耐長時間的日曬雨淋，所以市面上亦有保麗龍、塑木等材質之蜂箱，一個標準蜂箱通常可放置 8 至 10 個巢框，巢框中則設有人造巢礎，圖 2-2 即為西洋蜜蜂巢框之照片。而蜂箱依功能還能再區分為繼箱及交尾箱，前者即在標準蜂箱上再疊加之箱體，可用於組建雙王群，或於採蜜期間利用蜜蜂向上貯蜜之特性增加產蜜量（吳登楨、張世揚，1993；吳輝虎，2008）；後者則是蜂王交尾期間飼養之蜂箱，為專業育王所需。而巢礎即蜜蜂構築巢脾之基礎，多以蜂蠟製成，兩面印有無數的六角形巢房，不僅方便蜜蜂築巢，也能增進蜂產品採收之效率，是專業養蜂必備的用具之一（安奎，1989）。



圖 2-2 西洋蜜蜂巢框

資料來源：2018 年 4 月 2 日攝於苗栗區農業改良場

蜂農藉由收集並販售蜂箱內的各式產物而賺取收入，常見的蜂產品有蜂蜜、蜂王漿、蜂膠、蜂蠟、花粉等，甚至雄蜂蛹、蜂毒、授粉用蜂群也是具有商業價值的蜂產品。而蜂產品與一般農產品無異，同樣具有生產季節性，其生產一方面會因為蜂群大小隨季節變化而受到影響，另一方面則與蜜源及粉源作物的花期及分布情形有關，專業蜂農每年會依蜜源及粉源作物之花期，以貨車載運蜂箱至各地逐花採集蜂蜜或花粉。

表 2-1 整理臺灣常見蜜粉源作物之花期分布情形，一般而言，任何流蜜或產粉量多的植物都可以視作蜜粉源作物，但有時也礙於外在環境、花器構造、氣味等因素，使得某些植物不適合成為蜂農採蜜的對象。臺灣常見蜜粉源作物包含柑橘類、荔枝、龍眼、苦楝、烏桕、瓜類、羅氏鹽膚木、鴨腳木、油桐、蒲姜、水稻、茶、油菜、咸豐草等等（吳輝虎，1995；劉增城，1997）。其中龍眼及荔枝因流蜜量大且蜜質好，而成為臺灣主要使用之蜜源，每年尤以龍眼及荔枝開花季節 3 至 5 月間為蜂蜜產量高峰，全臺蜂農普遍會於農曆春節前後開始擴大飼養規模或進行分蜂⁵，為採蜜季節的到來做足準備（方清居等，2000）。

⁵ 分蜂為專業養蜂擴大生產規模的常見手段，透過將一部分巢脾及新蜂王移入空蜂箱，可組建成新蜂群。

表 2-1 臺灣常見蜜粉源作物花期

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蜜源	荔枝		龍眼		柑橘		苦楝		油桐		烏柏	
	蒲姜		羅氏鹽膚木		鴨腳木		鴨腳木		油菜		油菜	
	咸豐草		羅氏鹽膚木		茶		茶		水稻		水稻	
	油菜		水稻		水稻		水稻		油菜		油菜	
	茶		水稻		水稻		水稻		油菜		油菜	
	茶		水稻		水稻		水稻		油菜		油菜	
	茶		水稻		水稻		水稻		油菜		油菜	
	茶		水稻		水稻		水稻		油菜		油菜	
	茶		水稻		水稻		水稻		油菜		油菜	
	茶		水稻		水稻		水稻		油菜		油菜	

資料來源：吳輝虎（1995）；劉增城（1997）。

通常於 5 月龍眼及荔枝花期結束後，蜂農便會開始專事蜂王漿或其他蜂產品的生產，並自 8、9 月至年底移蜂尋找粉源作物收集花粉（方清居等，2000）。而秋、冬季由於蜜源較為缺乏，蜂農有時會以隨處可見且全年開花的咸豐草或其他綠肥作物充當蜜源，或是透過餵飼糖水及花粉餅維持蜂勢，以利蜂王漿或其他蜂產品之生產與採收（章加寶、謝豐國，1991）。圖 2-3 為西洋蜜蜂蜂箱餵飼糖水及花粉餅之照片，一般蜂農習慣於蜂箱上置一方盤，並於盤中注入糖水或放入花粉餅，方便蜜蜂隨時取食。



圖 2-3 餵飼糖水及花粉餅之西洋蜜蜂蜂箱

資料來源：2018 年 4 月 2 日攝於苗栗區農業改良場

蜂蜜是養蜂業最主要的產物，也是營養豐富的保健食品、調味品，臺灣養蜂協會將其定義為：「由蜜蜂採集花朵之花蜜（nectar）、植物外泌液（excretions）或昆蟲蜜露（honeydew）轉化製造，儲存於蜂巢熟成之天然甜味產品」。蜂蜜乃經過蜜蜂反覆釀造而成，由外勤蜂訪花採集花蜜回巢分配給內勤蜂⁶，再經內勤蜂以口器不斷吸入及吐出，利用唾液中的轉化酵素將蔗糖轉化，最終將花蜜吐入巢房當中，經過 3 至 4 日便完成釀造。而當蜂蜜達完熟之狀態時，內勤蜂會再以蜂蠟將巢房口封住，不過蜂農一般會提早採收並進行濃縮，少數蜂農才生產已封蓋之完熟蜂蜜。

至於蜂蜜的採收，當巢內蜂蜜貯滿後，蜂農便可進行採收工作，以晴天時採收較佳，而每次採收應至少間隔 3 日以上。圖 2-4 即為採收蜂蜜之基本流程，首先自蜂箱取出巢框並抖落蜜蜂，或以小掃帚、毛刷等將蜜蜂自巢框上輕輕刷落，再將巢框放入搖蜜機，透過轉動造成之離心力將蜂蜜提取而出，若遇有封蓋之情形則須於搖蜜前先以刮刀將封蓋去除。搖蜜完成後則應將空巢框上多餘的王臺及雄

⁶ 蜂巢內的工蜂可依職能再區分為內勤蜂及外勤蜂，前者負責巢內清潔、育幼、釀蜜等工作；後者則負責出巢採集花蜜及花粉，並蒐集周圍環境資訊。通常工蜂羽化後會先擔任內勤蜂，約自 3 周齡後始轉任外勤蜂，然變換職能的確切時間點仍須視蜂群整體狀態而定。

蜂蜂房割除，再放回蜂箱當中（吳登楨、吳輝虎，2000）。最後，搖蜜機中所收集的蜂蜜應視水分多寡及外界環境濕度，於1至4周內完成濃縮處理，以降低含水量，利於長時間貯放保存，並經充分過濾去除雜質（吳姿嫻，2018）。蜂蜜的成分主要有水分及醣類，並含有適量的維生素、礦物質、有機酸及酵素等，醣類約占蜂蜜成分之70至80%，其中又以果糖及葡萄糖為主，而值得注意的是，蜂蜜所含的酵素種類非常豐富，多於蜜蜂以口器釀蜜時混入，包括澱粉酶、轉化酶、過氧化氫酶、磷酸酯酶、葡萄糖氧化酶、酯酶等，對於人體消化、代謝有良好功效（廖久薰，2017）。蜂蜜在外觀上通常呈現半透明之流體狀，有時則因過飽和而出現結晶現象。而蜂蜜的種類又可依蜜源區分，由不同蜜源所採集的蜂蜜各具不同風味，甚至外觀上也有差異，除常見的龍眼蜜及荔枝蜜以外，也有蜂農選擇生產其他特色蜂蜜，如柑橘蜜、紅柴蜜、水筆仔蜜、鴨腳木蜜、文旦蜜、咸豐草蜜等等，這些則歸類為百花蜜。

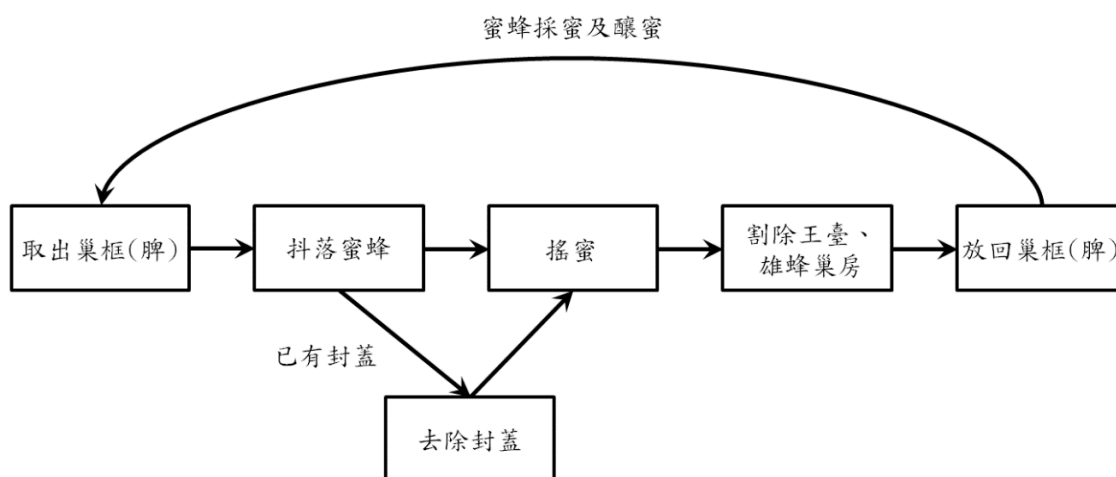


圖 2-4 蜂蜜採收流程

第二節 臺灣養蜂業現況

臺灣位處亞熱帶地區，植物種類繁多，為養蜂業創造絕佳的發展環境。臺灣養蜂起源於17世紀末至18世紀初，起初以原生之東方蜜蜂進行小規模飼養，然因東方蜜蜂不易馴化，後於1910年由日本人引進商業品種西洋蜜蜂，臺灣的養蜂

業始邁向大規模飼養、專業化之經營模式（宋一鑫等，2006）。而為提升國內蜂群產蜜效率，苗栗區農業改良場也曾引進不同西洋蜜蜂亞種，並透過長期性狀篩選及改良，培育出高產蜜西洋蜜蜂種群（吳輝虎等，2011；黃子豪，2018）。經過長年的人工選育，臺灣的西洋蜜蜂種群如今已是各亞種間互相雜交後的混種（吳明城，2016）。

臺灣自 1992 年頒訂「農業產銷經營組織整合實施要點」以來，農政機關即開始針對各項農業生產活動進行整合輔導，但養蜂產銷班遲至 1995 年才被納入輔導對象當中（方清居，2000）。表 2-2 即整理 2019 年全臺養蜂產銷班概況，可以發現養蜂產銷班總班數已達 83 班，總班員數亦超過千人，經營規模共 157,152 箱，其中以臺南市最多，共有 18 班 214 人，經營規模也達 38,207 箱。然蜂農會依照生產時節進行調整，通常於採蜜季節到來前即會增加飼養箱數，因此具體經營規模會有季節變動的情況。

為提升臺灣蜂產品品質並拓展通路，同時鼓勵蜂農多元化經營，農糧署於 2005 年即針對養蜂業提出以下輔導措施（吳兆揚，2005；黃玉瓊，2005）：（1）建立全國養蜂資訊；（2）辦理蜂產品品質監測；（3）輔導辦理龍眼蜜評鑑工作；（4）加強蜂農教育；（5）輔導建立蜂產品品牌；（6）輔導建立養蜂生產履歷；（7）強化產銷班蜜蜂生態園區經營；（8）舉辦養蜂產銷班考評與獎勵；（9）養蜂天然災害救助。多數措施皆持續辦理至今，其中，龍眼蜜評鑑工作更是每年舉辦，不僅有由農糧署輔導、苗栗區農業改良場主辦、臺灣養蜂協會協辦之全國性評鑑，臺中市、新竹縣、苗栗縣、臺南市、高雄市等縣市亦有辦理當地龍眼蜜評鑑，對於國產蜂蜜的推廣及行銷頗有助益（吳輝虎、侯鳳舞，2010）。



表 2-2 各縣市養蜂產銷班概況，2019 年

縣市	班數	班員數 (人)	經營規模 (箱)
新北市	1	11	1,233
臺北市	0	0	0
桃園市	5	60	6,810
基隆市	0	0	0
新竹市	1	12	1,690
宜蘭縣	1	11	1,600
新竹縣	4	59	7,570
臺中市	8	97	14,360
苗栗縣	5	87	11,640
彰化縣	5	55	9,340
南投縣	10	135	19,127
雲林縣	6	78	12,310
臺南市	18	214	38,027
高雄市	8	94	13,775
嘉義市	0	0	0
嘉義縣	5	58	9,770
屏東縣	2	20	3,055
臺東縣	2	17	3,020
花蓮縣	1	11	2,450
澎湖縣	0	0	0
金門縣	1	30	1,375
連江縣	0	0	0
合計	83	1,049	157,152

資料來源：行政院農業委員會農糧署 (2019a)。

近年則因為經常有蜜源不足之情況發生，政府也鼓勵農民於休耕期間栽種開花性綠肥作物，一方面，農民可藉由將作物翻入土中維持地力，達成耕地之永續經營；另一方面，在龍眼及荔枝等重要蜜源數量稀少時，綠肥作物即可作為替代性蜜源使用，對於國產蜂蜜種類多元化亦有所助益。目前已推廣種植之作物種類有油菜、埃及三葉草、苕子、紫雲英及向日葵等，而這些種類皆是良好的蜜源作物 (彭權翊、李素瑩，2018)。

此外，推廣林下養蜂也是應對蜜源不足的辦法之一。臺灣農地由於普遍使用慣行農法，造成蜂農採蜜必須尋找農藥用量較低之地區，以減少蜜蜂之折損，反觀林地蜜源沒有農藥汙染問題，臺灣林地的植物多樣性又高，蜂農赴林地採蜜，

不僅可避免蜜蜂遭農藥毒害，亦有助於開發高品質的有機森林蜜(陳裕文, 2019)。行政院農業委員會(下簡稱農委會)為輔導國內蜂農於國有林地放置蜂箱，於 2016 年 4 月 14 日頒布「國內養蜂產銷班或團體申請臨時使用國有林地放置蜂箱注意事項」，規定養蜂產銷班、農民團體及產業團體可於平地蜜源不足時，申請於當年 6 月 1 日至 12 月 31 日之間租用國有林地，並從事養蜂工作。農委會於 2019 年 2 月 12 日則將該注意事項修正並更名為「國內養蜂產銷班或團體申請使用國有林地放置蜂箱注意事項」，主要將放置蜂箱之時間改為至少 2 個月、最長 1 年，方便蜂農依生產時程進行彈性調整。另一方面，農委會林務局近年積極推動林下經濟並委託研究單位進行可行性評估，其中林下養蜂已納入盤點之技術規範當中，未來可望成為林下經濟的申請項目(黃裕星, 2018)。

臺灣傳統的養蜂業主要為家庭式經營，多由夫妻共同經營管理，甚至世代承襲養蜂技術，且通常產銷一體，蜂農自行生產及販售各式蜂產品，少數蜂產品則以原料或經初級加工後外銷(吳輝虎, 2013)。圖 2-5 為臺灣蜂產品之運銷通路，臺灣蜂產品的運銷職能多由批發商完成，尤其是蜂蜜，有不少經營規模較大的蜂農會身兼批發商，自其他蜂農收購蜂蜜後，再轉賣予中藥商、餐飲業者、食品加工業者，而零售端則包含超市、賣場、百貨公司等，許多大型且知名的蜂產品專賣業者也會於購物中心或百貨公司內設有專櫃(徐享田, 1983)。近來也有不少蜂農結合觀光經營休閒生態蜂場，讓消費者近距離認識蜜蜂及學習採蜜流程，甚至體驗蜂農生活，成功在提供遊憩服務與推廣養蜂知識的同時行銷自家蜂產品。

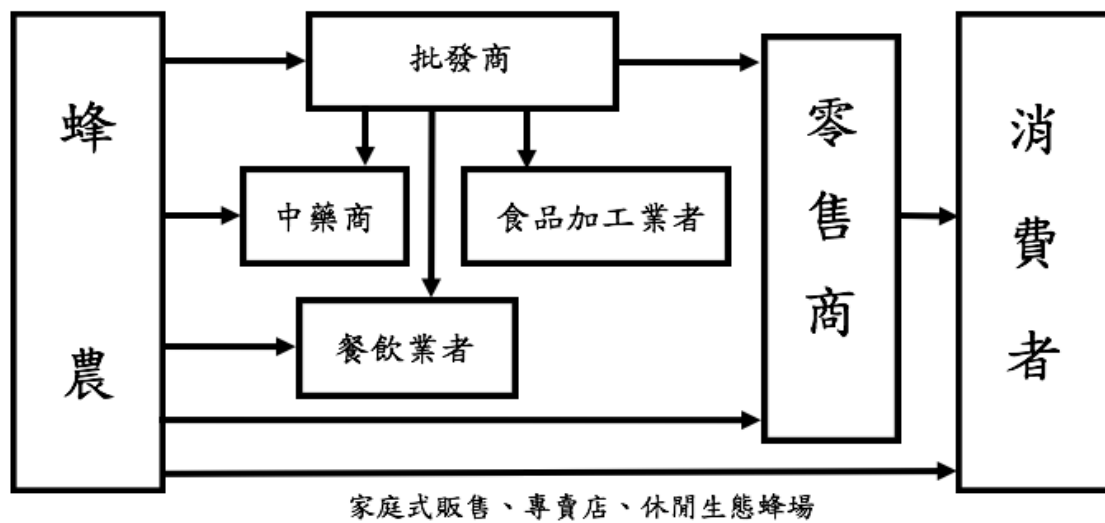


圖 2-5 蜂產品運銷通路圖

資料來源：徐享田（1983）及本研究整理。

此外，近年臺灣養蜂戶數及飼養箱數皆有增加之趨勢，圖 2-6 整理 2003-2017 年臺灣飼養箱數及養蜂戶數變化，可以觀察到臺灣的養蜂戶數自 2003 年以來皆超過 600 戶，於 2017 年全臺養蜂戶數更是達到 957 戶，創下歷史新高。同期間內全臺飼養箱數則變化較劇烈，從 2003、2004 年約有 10 萬箱，到 2008 年減少至 71,200 箱，後又逐漸增加，甚至於 2016 年急遽增長至 184,254 箱。而每戶平均飼養規模每年皆維持在 100 箱以上，但未有明顯成長趨勢，僅於 2016 年一度達到每戶飼養 195.39 箱。

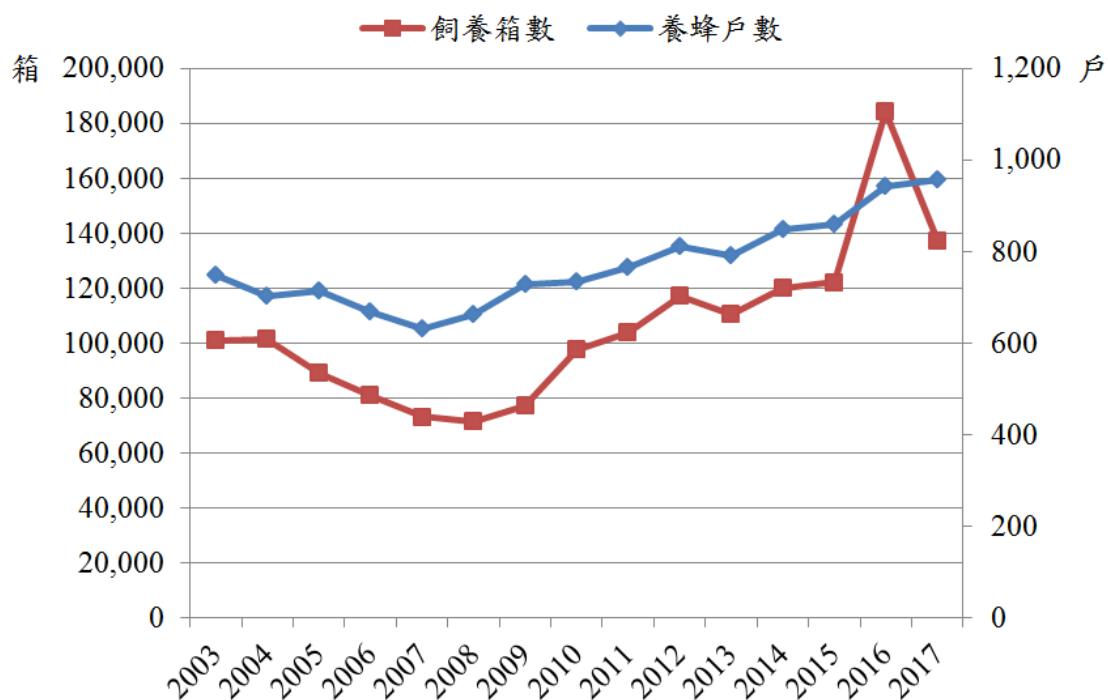


圖 2-6 臺灣飼養箱數及養蜂戶數，2003-2017 年

資料來源：行政院農業委員會農糧署（2017a）。

而臺灣蜂產品之生產情形，表 2-3 整理 2017 年全臺蜂蜜、蜂王漿及蜂蠟之全年產量、單價及產值，可以看出臺灣蜂農以生產各種類蜂蜜為主要收入來源，2017 年全臺養蜂業產值達到 34.47 億元，而蜂蜜產量共 6,313.22 公噸，產值則高達 18.94 億元，占蜂產品總產值之 54.94%，其中又以生產百花蜜為大宗，總共生產 4,381.28 公噸，且平均每公斤 300 元，與龍眼蜜及荔枝蜜相同。同年蜂王漿產量為 554.51 公噸，產值則有 15.25 億元，占蜂產品總產值之 44.24%，每公斤價格高達 2,750 元，是單價最高的蜂產品。

表 2-3 全臺蜂產品產量、單價與產值，2017 年

品項		產量 (公斤)	平均單價 (元/公斤)	產值 (元)	產值占比 (%)
蜂蜜	龍眼蜜及荔枝蜜	1,931,940	300	579,582,000	16.81
	百花蜜	4,381,280	300	1,314,384,000	38.13
	小計	6,313,220	300	1,893,966,000	54.94
蜂王漿		554,506	2,750	1,524,890,813	44.24
蜂蠟		234,086	120	28,090,368	0.81
總計				3,446,947,181	100.00

資料來源：行政院農業委員會農糧署（2017a）。

不過，2017 年由於天候異常、蜜蜂遭農藥毒害等因素，導致龍眼蜜及荔枝蜜產量大幅減少，許多蜂農轉而生產其他種類的蜂蜜，觀察圖 2-7 所整理之 2010-2017 年臺灣蜂蜜產量及平均價格變化情形，則可發現龍眼蜜及荔枝蜜才是臺灣往年主要生產的蜂蜜種類，每年產量都超過蜂蜜總產量的 80%，平均價格也較百花蜜高出許多；而 2017 年百花蜜的價格接近龍眼蜜及荔枝蜜，更是非常特殊的情況。自 2011 年起，全臺蜂蜜總產量呈現持續減少之趨勢，平均價格亦連年飆升，再加上進口蜂蜜的廉價競爭，蜂農僅能販賣其他蜂產品勉強維持收入，也凸顯出臺灣養蜂業正處於相當脆弱之狀態。

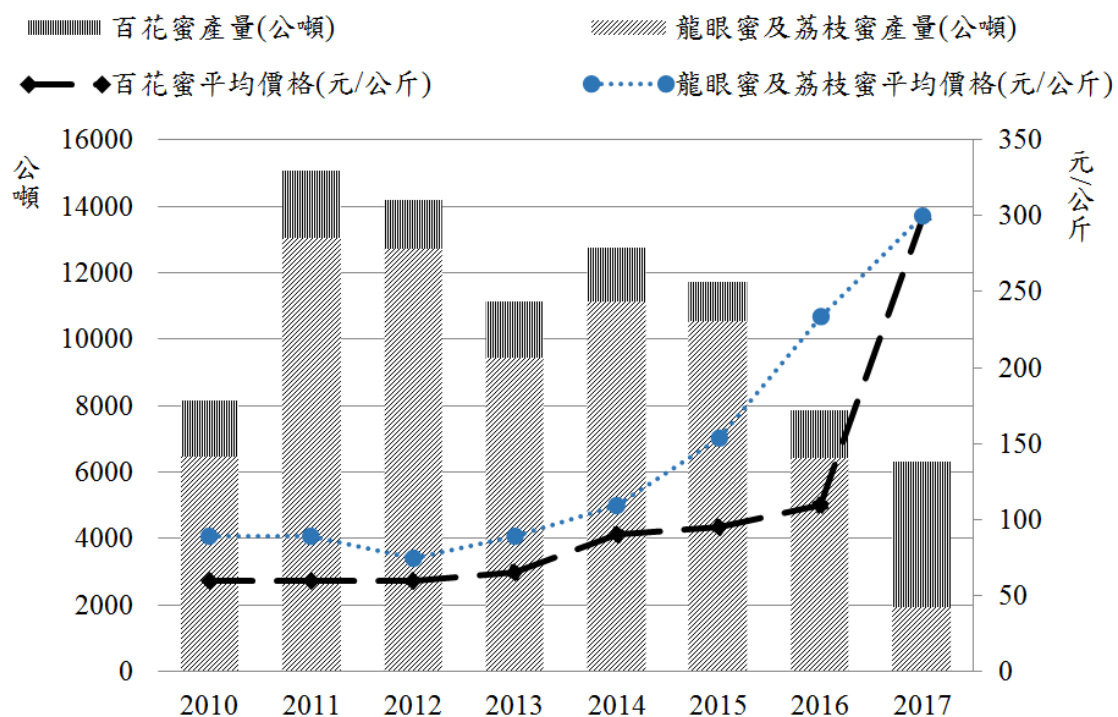


圖 2-7 臺灣蜂蜜產量及平均價格，2010-2017 年

資料來源：行政院農業委員會農糧署（2017a）。

觀察臺灣蜂產品的進出口，表 2-4 即根據經濟部國際貿易局統計，整理 2014-2018 年臺灣蜂產品之進出口概況，2018 年天然蜜（HS 04090000）共出口 2,527.94 公噸，出口金額達 3.54 百萬美元，出口單價則為每公斤 1.40 美元；進口有 3,274.45 公噸，進口金額達 8.84 百萬美元，進口單價則為每公斤 2.70 美元，且自 2014 年起已連續 5 年呈現入超，甚至出口數量有逐漸減少之趨勢。另一方面，同年蜂王漿及其他蜂產品（HS 04100091）出口 47.29 公噸，出口金額達 1.41 百萬美元，出口單價則為每公斤 29.82 美元；進口僅 23.68 公噸，進口金額達 0.82 百萬美元，進口單價則為每公斤 34.63 美元。值得注意的是，雖然蜂王漿及其他蜂產品之貿易額每年皆呈現出超，但從數量來看，2014 至 2017 年間卻是進口量大於出口量，說明該項目之出口單價明顯高於進口單價；反觀天然蜜卻是進口單價高於出口單價，就國際貿易理論，顯然不盡合理，雖然低價策略具有一定出口優勢，但是品質未必等值，也可能有混雜假蜜出口問題，實際原因值得進一步研究。

表 2-4 臺灣蜂產品進出口概況，2014-2018 年

品項\年份		2014	2015	2016	2017	2018	
天然蜜	出口	金額	6.21	8.69	4.82	5.11	3.54
		數量	3,460.96	5,086.46	2,609.56	2,943.13	2,527.94
		單價	1.79	1.71	1.85	1.74	1.40
	進口	金額	6.86	9.58	11.87	13.29	8.84
		數量	4,837.15	4,710.75	5,530.71	5,656.63	3,274.45
		單價	1.42	2.03	2.15	2.35	2.70
蜂王漿及其他蜂產品	出口	金額	1.79	1.79	1.76	1.35	1.41
		數量	37.44	28.57	22.9	19.9	47.29
		單價	47.81	62.65	76.86	67.84	29.82
	進口	金額	1.02	1.23	0.8	0.64	0.82
		數量	41.65	43.09	23.25	22.13	23.68
		單價	24.49	28.54	34.41	28.92	34.63

說明：數量單位為公噸、金額單位為百萬美元、單價單位為美元/公斤。

資料來源：經濟部國際貿易局（2018）。

而從臺灣蜂產品主要進口來源國及出口對象國分析，表 2-5 列出 2018 年臺灣蜂產品前 10 大進口來源國，依進口數量排名，天然蜜前 10 大進口來源國分別有泰國、越南、阿根廷、緬甸、俄羅斯、紐西蘭、法國、澳洲、南非、薩爾瓦多，其中僅泰國的進口金額便有 4.75 百萬美元，進口數量達 2,356.10 公噸，占天然蜜總進口數量之 71.95%；蜂王漿及其他蜂產品前 10 大進口來源國則依序是越南、泰國、加拿大、法國、澳洲、巴西、美國、紐西蘭、日本、俄羅斯，然我國蜂王漿及其他蜂產品以出口為主，進口不多，2018 年總進口金額僅有 0.82 百萬美元，進口數量也僅 23.68 公噸。另一方面，泰國蜂蜜來源有部分為國人前往投資，可視為國產蜂蜜的替代品，其進口價格經常與國內價格走勢相同，並略低於國內價格，有套利空間存在，成為臺灣蜂蜜市場的隱憂。

表 2-5 臺灣蜂產品前 10 大進口來源國，2018 年

名次	天然蜜				蜂王漿及其他蜂產品			
	國家	金額 (美元)	數量 (公斤)	數量占比 (%)	國家	金額 (美元)	數量 (公斤)	數量占比 (%)
--	全球	8,841,885	3,274,452	100.00	全球	820,079	23,684	100.00
1	泰國	4,745,416	2,356,102	71.95	越南	184,377	10,803	45.61
2	越南	815,854	464,810	14.20	泰國	148,832	7,492	31.63
3	阿根廷	1,180,765	264,439	8.08	加拿大	107,942	1,050	4.43
4	緬甸	66,950	38,040	1.16	法國	161,884	891	3.76
5	俄羅斯	78,532	30,709	0.94	澳洲	32,995	761	3.21
6	紐西蘭	1,040,376	18,251	0.56	巴西	6,637	522	2.20
7	法國	126,075	14,460	0.44	美國	44,982	500	2.11
8	澳洲	212,478	14,181	0.43	紐西蘭	32,810	348	1.47
9	南非	64,386	10,926	0.33	日本	27,789	284	1.20
10	薩爾瓦多	27,614	6,900	0.21	俄羅斯	3,610	201	0.85

資料來源：經濟部國際貿易局（2018）。

表 2-6 整理 2018 年臺灣蜂產品前 10 大出口對象國，依出口數量排名，可以發現天然蜜前 10 大出口對象國分別是美國、香港、新加坡、中國大陸、馬來西亞、加拿大、菲律賓、日本、印尼、澳門，其中美國出口金額高達 2.31 百萬美元，出口數量達 2,173.67 公噸，占天然蜜總出口數量之 85.99%；而蜂王漿及其他蜂產品方面，主要出口對象國僅有馬來西亞、日本、香港、越南、韓國、印尼、澳門，而馬來西亞的出口金額約為 0.16 百萬美元，出口數量達 27.67 公噸，占蜂王漿及其他蜂產品總出口數量達 58.50%。值得注意者，若依出口金額來看，日本是我國蜂王漿及其他蜂產品最重要的出口對象，其出口金額高達 1.14 百萬美元，遠超其他國家。

表 2-6 臺灣蜂產品前 10 大出口國，2018 年

名次	天然蜜				蜂王漿及其他蜂產品			
	國家	金額 (美元)	數量 (公斤)	數量占比 (%)	國家	金額 (美元)	數量 (公斤)	數量占比 (%)
--	全球	3,541,315	2,527,944	100.00	全球	1,411,592	47,293	100.00
1	美國	2,305,759	2,173,665	85.99	馬來西亞	160,653	27,667	58.50
2	香港	359,169	146,970	5.81	日本	1,145,982	12,478	26.38
3	新加坡	149,866	93,122	3.68	香港	21,122	6,341	13.41
4	中國大陸	505,454	40,931	1.62	越南	42,245	330	0.70
5	馬來西亞	104,136	25,221	1.00	韓國	18,149	220	0.47
6	加拿大	41,101	10,937	0.43	印尼	2,044	136	0.29
7	菲律賓	19,877	10,653	0.42	澳門	78	3	0.01
8	日本	19,197	8,898	0.35	--	--	--	--
9	印尼	7,075	5,196	0.21	--	--	--	--
10	澳門	9,738	3,345	0.13	--	--	--	--

資料來源：經濟部國際貿易局（2018）。

表 2-7 則整理 2018 年亞洲前 10 大蜂蜜出口國之出口金額、數量及其於亞洲、全球出口之占比，可以觀察到臺灣雖為亞洲第 6 大蜂蜜出口國，然臺灣蜂蜜出口於全球及亞洲之市占率皆非常低，僅分別占 0.37%及 1.01%。而亞洲國家當中，以中國大陸之蜂蜜出口為最大宗，遠超其他國家，出口金額達到 249.25 百萬美元，出口數量則有 123,477 公噸，約占全亞洲出口之一半；其次則是印度，出口金額約 102.41 百萬美元，出口數量 58,231 公噸，占全亞洲之 23.17%；而泰國為我國蜂蜜主要進口來源國，其蜂蜜總出口金額亦達到 24.13 百萬美元，出口數量則有 10,265 公噸，於亞洲國家中排名第 4 名。

表 2-7 亞洲前 10 大蜂蜜 (HS 0409) 出口國，2018 年

名次	國家或地區	出口金額 (百萬美元)	出口數量 (公噸)	全球數量 占比 (%)	亞洲數量 占比 (%)
--	全球	2,232.76	689,260	100.00	--
--	亞洲	512.69	251,311	36.46	100.00
1	中國大陸	249.25	123,477	17.91	49.13
2	印度	102.41	58,231	8.45	23.17
3	越南	67.66	42,834	6.21	17.04
4	泰國	24.13	10,265	1.49	4.08
5	土耳其	25.67	6,413	0.93	2.55
6	臺灣	3.54	2,528	0.37	1.01
7	緬甸	2.92	1,621	0.24	0.65
8	新加坡	7.71	1,231	0.18	0.49
9	沙烏地阿拉伯	7.29	1,063	0.15	0.42
10	巴基斯坦	7.00	967	0.14	0.38

資料來源：International Trade Center (ITC) Trade Map。

隨著精緻農業成為發展趨勢，應用蜜蜂授粉在臺灣也逐漸受到重視。近年來，臺灣的設施栽培面積持續增加，尤其番茄、草莓、瓜類等作物非常適合栽培於溫網室內，不僅能確保作物產量及品質，還具有產期調節之功能。然而設施栽培雖能有效隔絕病蟲害，卻也造成作物無法藉由外力完成授粉，因此傳統的設施栽培於作物開花期間需搭配大量人力進行人工授粉。不過，國內已有許多研究指出，設施內應用蜜蜂授粉不僅可取代傳統人工授粉，甚至可以提升部分作物的產量及品質，並大幅降低授粉成本（吳登楨，2000；吳登楨、吳輝虎，2002；林孟均等，2013；徐培修，2016；林孟均、盧美君，2017；徐培修、盧美君，2018）。所以在農政機關長期的輔導及推廣之下，許多設施栽培業者及果農已陸續採用蜜蜂授粉，甚至也有蜂農特別針對授粉需求開發蜂群商品，以輕便紙質蜂箱取代木質蜂箱，並提供不同大小之蜂群。然而，一般果農不擅照料蜂群，經常在購買蜂箱後放任蜂群於網室內自生自滅，若處理不慎，蜂群會因衝網而折損，並導致授粉效果不佳；此外，近年也因為蜂王成本過高，多數蜂農不願意在紙質蜂箱中放入年輕蜂

王，造成推廣上的困難。

而在臺灣養蜂業目前面臨的許多危機中，首當其衝的即是農藥問題，近年全臺陸續有蜜蜂大量死亡之情形發生，使得蜂農損失慘重，經調查及研究發現多為農藥毒害所致。禍首之一便是芬普尼，芬普尼屬於神經毒農藥，對許多生物具有急毒性，為高風險的農藥之一，2017年8月南投埔里即傳出大規模的蜜蜂芬普尼中毒事件，因此為保障農畜產品食用安全，同時避免蜜蜂遭受毒害，農委會於2016年1月1日刪除4.95%芬普尼水懸劑之使用方法及範圍，並進一步於2017年9月6日正式公告將其列為禁用農藥。除芬普尼以外，類尼古丁農藥如益達胺、可尼丁（Clothianidin）、賽速安（Thiamethoxam）等也是國際間普遍認為對蜜蜂有害的農藥，雖然不如芬普尼具有急毒性，但許多研究皆指出此類農藥即便是不足以讓蜜蜂死亡的劑量，都能影響蜜蜂神經系統的發育，或是導致學習能力下降、視覺及嗅覺等功能失調，甚至是影響個體免疫力（楊恩誠，2011；Yang *et al.*, 2012；Brandt *et al.*, 2016；Peng & Yang, 2016；Abbo *et al.*, 2017）。隸屬於歐盟的歐洲食品安全局（European Food Safety Authority）也於2018年針對類尼古丁農藥發布最新的風險評估結果，並指出類尼古丁農藥對蜜蜂有高度風險。然而諷刺的是，臺灣近年在龍眼、荔枝等果樹上受到荔枝椿象（*Tessaratoma papillosa*）危害情形嚴重，而類尼古丁農藥又是龍眼及荔枝果農普遍用於防治荔枝椿象的藥劑，若於龍眼及荔枝開花期間噴灑或仍有殘留，便會導致蜜蜂採蜜時接觸類尼古丁農藥，所以為消除蜂農疑慮，農委會也公告自2017年8月25日起兩年內限制類尼古丁農藥不得用於防治荔枝椿象⁷，並由動植物防疫檢疫局積極尋找其他防治技術。今（2019）年6月6日農委會更預告訂定「限制益達胺、賽速安、可尼丁等七種農藥之使用方法及範圍」，將自今年8月26日起刪除類尼古丁農藥防治荔枝椿象之使用方法及範圍，相當於全面禁止使用類尼古丁農藥。

⁷ 具體限制之濃度及劑型包含：18.2%益達胺 SC、9.6%益達胺 SC、28.8%益達胺 SL、9.6%益達胺 SL、10%賽速安 SG、25%賽速安 SG、16%可尼丁 SG 等，其中 SC、SL、SG 根據我國農藥標準之定義分別為水懸劑、水溶性粒劑、溶液。

蜜蜂病蟲害則是養蜂業面臨的另一大考驗，臺灣由於面積小，重要蜜源之分布又過度集中，導致全臺蜂群於採蜜季節間也集中密度過高，容易造成蜜蜂病蟲害之罹患及傳染。表 2-8 整理臺灣主要蜜蜂病蟲害種類，其中主要病害包含：細菌性之美洲幼蟲病 (American foulbrood)、歐洲幼蟲病 (European foulbrood)；真菌性之白堊病 (chalk brood)、微粒子病 (nosema disease)；病毒性之黑王臺病毒 (black queen-cell virus)、畸翅病毒 (deformed wing virus)、囊狀幼蟲病毒 (sacbrood virus) 等。蟲害方面則有蜂蟹蟎及大蠟蛾 (*Galleria mellonella*)。在所有病害當中，近年囊狀幼蟲病毒對於臺灣的東方蜜蜂危害嚴重，不僅使人工飼育之蜂群大量減少，野生蜂群也有感染之情形，導致國內東方蜜蜂之生存受到威脅 (陳裕文，2017)。而蟲害部分則以蜂蟹蟎危害最為嚴重，臺灣自 1970 年即有蜂蟹蟎的危害紀錄，至今蜂蟹蟎之感染已遍布全臺，國內長期使用福化利 (fluvalinate)⁸ 作為防治藥劑，然近年研究發現蜂蟹蟎已對福化利產生抗藥性，因此許多學者著手進行替代資材之研發 (黃健覃，2012)。目前已陸續透過試驗得知甲酸 (陳裕文等，1995)、草酸糖液 (陳裕文、陳保良，2008)、百里酚 (thymol) (陳春廷等，2009)、三亞蟎 (amitraz) (陳裕文等，2002；陳昶璋等，2017) 皆有良好防治效果，可作為替代性藥劑與福化利交互使用。

⁸ 依據行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所之「植物保護資訊系統」，福化利仍是目前唯一推薦用於防治蜂蟹蟎之藥劑，其劑型分別有 25% 乳劑、10% 控制釋放劑、24%(w/v) 水基乳劑等 3 種。

表 2-8 臺灣主要蜜蜂病蟲害種類

	傳染途徑/ 危害方式	中文名稱	英文名稱/學名
病害	細菌	美洲幼蟲病	American foulbrood
		歐洲幼蟲病	European foulbrood
	真菌	白堊病	chalk brood
		微粒子病	nosema disease
	病毒	黑王臺病毒	black queen-cell virus
		畸翅病毒	deformed wing virus
囊狀幼蟲病毒		sacbrood virus	
蟲害	寄生	蜂蟹蟎	<i>Varroa destructor</i>
	破壞巢房、 削弱蜂勢	大蠟蛾	<i>Galleria mellonella</i>

資料來源：何鎧光(1999)；吳輝虎(2009)；陳裕文(2017)；陳本翰、徐培修(2018)。

此外，由於天候因素經常導致臺灣蜂蜜減產，再加上泰國龍眼蜜生產成本低廉，且消費者不易辨別，使得泰國龍眼蜜混充國產蜂蜜的情況層出不窮，有損國產蜂蜜的形象（陳裕文，2017）。同時，市面上亦有調和蜜或假蜂蜜，部分不肖業者為降低生產成本並提升產量，以人工方式混合不同原料生產假蜂蜜，再與真蜂蜜互摻，甚至直接販賣假蜂蜜（蔡向榮等，2013）。自 2015 年 7 月 1 日起，為強化蜂農自主管理與產品安全責任，同時促進在地生產及消費，農委會針對蜂產品建立追溯機制，並輔導蜂農申請生產追溯條碼（QR Code），至今已有 903 家業者取得蜂蜜追溯編號，而取得蜂王漿追溯編號業者則有 702 家（行政院農業委員會農糧署，2019b）。業者可透過將條碼以黏貼或套印之方式標示於包裝資材上，供消費者掃描並充分掌握生產者資訊，安心選購國產蜂產品。

第參章 文獻回顧

本研究雖未直接針對蜜蜂授粉之經濟價值進行評估，但由於提供授粉服務屬於蜂農的生產活動之一，且蜜蜂授粉的同時蜂農也能採收蜂蜜，因此本研究首先回顧授粉價值之評估方法，以瞭解蜜蜂與農作物之間的關係如何量化，還有相關資料蒐集上是否有困難。接著回顧蜂箱運輸之相關研究，參考各研究之模型設計方法，並瞭解有哪些參數適合放入本研究模型中。最後則討論本研究與過去研究不同之處，同時在考量臺灣養蜂業及授粉服務市場的發展情形下，釐清本研究之研究範圍。

第一節 授粉價值評估

雖然許多學者嘗試利用不同方法評估授粉所能創造的經濟價值，但最傳統也最經常被使用的評估工具是「昆蟲授粉經濟價值 (Insect Pollination Economic Value, IPEV)」，透過授粉相關實驗數據依作物別建立依賴性係數 (dependence ratio)，以表示各種作物對於授粉的依賴程度，並藉由估算各種作物產值中由授粉貢獻之部分，加總後即得出授粉所創造的總經濟價值。IPEV 雖然非常直觀且容易計算，但其所使用的依賴性係數卻需仰賴大量的實驗數據累積，Klein *et al.* (2007) 即透過文獻回顧的方式，蒐集全球針對不同作物所完成之授粉效益調查結果，並將全球主要作物對於授粉的依賴程度進行分類，而 Gallai *et al.* (2009) 則進一步利用 Klein *et al.* (2007) 的研究成果，評估全球授粉的總經濟價值，其將 IPEV 定義為：

$$IPEV = \sum_{i=1}^N P_i \times Q_i \times D_i$$

其中下標 i 表示作物種類， P_i 與 Q_i 即分別為第 i 種作物的單位價格及產量，至於 D_i 則代表第 i 種作物對授粉的依賴性係數。Gallai *et al.* (2009) 也利用最終得出的授粉價值，在不同作物的需求價格彈性下，評估全球社會福利在授粉服務完全消失後的損失幅度。不過 Gallai *et al.* (2009) 進行評估時，係假設全球作物的長

期供給曲線為完全彈性（perfectly elastic）之形式，因此未考慮生產者剩餘受影響之程度，僅討論消費者剩餘如何變動。

而考慮到授粉可能改善某些作物的品質，劉朋飛等（2011）評估中國大陸的授粉價值時，則在 IPEV 中加入品質改善的效果：

$$\text{IPEV} = \sum_{i=1}^N P_i \times Q_i \times (d_i + q_i)$$

其中 d_i 同樣代表第 i 種作物對授粉的依賴性係數，而 q_i 則為第 i 種作物因授粉所得到的品質改善效果，但礙於難以區別各種作物間品質改善的程度，劉朋飛等（2011）僅將 q_i 設定為雙類別變數（binary variable），當授粉有助於改善作物品質時， $q_i = 0.10$ ，反之則 $q_i = 0.00$ 。

不過，也有學者對 IPEV 提出質疑，Winfrey *et al.*（2011）認為 IPEV 並未考慮其他投入要素變動對作物產量的影響，僅將產量的增加或減少歸因於授粉服務的提供與否，同時，IPEV 也假設作物價格是固定的，並不會隨產量而變動，明顯與農產品市場供需脫節。另一方面，Melathopoulos *et al.*（2015）則指出 IPEV 所使用的依賴性係數，並未反映授粉昆蟲密度、作物品種、栽培環境等會影響授粉效果的外在條件，且消費者及生產者面對授粉服務減少時的反應，也被排除在評估之外。

另一種較常使用的評估方法則是「置換成本法（cost of replacement）」，透過將蜜蜂授粉視為農業生產的投入要素之一，在假設野生蜂群完全消失，無法提供授粉服務的情況下，估算果農須額外負擔多少成本租用蜂箱，或採用人工授粉，以達到與有野生蜂群提供授粉服務時相同的產量水準（Allsopp *et al.*, 2008; Hein, 2009; Winfrey *et al.*, 2011）。Allsopp *et al.*（2008）同時使用 IPEV 及置換成本法，評估南非西開普省（Western Cape）蜜蜂授粉對特定果品所創造的經濟價值，並比較兩者評估價值之間的差異，後者更分別以租用蜂箱、人工授粉、運用器械投灑花粉（pollen dusting）等三種方式取代野生蜂群的授粉效果。結果指出不同的授粉方式

間所評估出的價值差異甚大，但無論是何種授粉方式，都能看出野生蜂群的授粉價值在過去研究中都是被低估的。然而，置換成本法不僅需要各種能替代野生蜂群的授粉成本，如蜂箱租金、單位面積勞力成本等，也必須掌握特定地區野生蜂群相對在養蜂群的比例，在資料蒐集上有相當難度。

第二節 蜂箱運輸研究

國外近來有學者研究蜂農的蜂箱運輸行為，並探討蜂農在採蜜及提供授粉服務之間如何進行決策。Rucker *et al.* (2012) 針對授粉服務市場建構計量模型，從利潤極大化及競爭市場均衡的角度，使用普通最小平方法 (ordinary least squares) 探討美國蜂農於不同作物間提供授粉服務時，如何決定蜂箱的擺放密度，然而實證結果僅指出不同作物間的蜂箱擺放密度有顯著差異，卻無法解釋擺放密度與作物價格、蜂蜜價格、杏仁種植面積、蜂蟹蟎、CCD 間有何種關係，因為所有估計係數都未呈現統計上顯著。另一方面，Rucker *et al.* (2012) 也透過實證指出授粉費用會受到蜂蟹蟎、蜂蜜價格、燃料成本、杏仁種植面積等因素影響，尤其燃料成本及杏仁種植面積都有非常顯著的正向邊際效果，當兩者越高時，授粉費用也會隨之提高，前者由於直接影響蜂農運輸蜂箱的成本，所以蜂農在成本增加的情況下選擇提高授粉費用非常合理；而後者則反映重要蜜源作物的授粉需求增加，會透過市場機制提高授粉費用。Gavina *et al.* (2014) 使用混合整數規劃 (mixed-integer programming)，將蜂群大小、蜜源供應上限設為限制條件，同時考量蜂農所可能具備的模糊偏好 (fuzzy preference)，分別從兩方面設計模型：(1) 在有限的蜜源供應下，極小化蜂群間的採蜜競爭關係；(2) 在有限的蜂群數量下，極大化採蜜所創造的授粉效益，以探討蜂農於採蜜季節間應如何選擇採蜜地點。

Champetier *et al.* (2015) 則認為蜂群採蜜也應視作蜂農的投入要素之一，並控制蜂群數量及蜂蜜存量等兩項狀態變數 (state variable)，同時考慮蜂群成長速度、蜂群運輸成本等要素，以蜂農採蜜及提供授粉服務的共同利潤極大化為目標，建構一個跨期的動態模型。而 Williamson (2016) 參考 Champetier *et al.* (2015) 之

模型設計，進一步將蜂群運輸距離、授粉作物花期及蜂群數量的季節性變化納入考慮，並以消費者剩餘減去各項蜂蜜生產成本（蜂蜜採收成本、運輸成本、分蜂成本、其他變動成本），探討美國蜂農於福利極大化下之最適生產決策，最終進行敏感性分析及情境分析，實證顯示當杏仁授粉所需蜂群數增加時，將導致早開花作物的授粉費用提高，晚開花作物的授粉費用及蜂蜜價格則會減少，另一方面，若杏仁授粉每英畝所需蜂群數相較 2012 年增加 35%，將產生將近 1 億美元的社會成本，並且幾乎全由作物種植戶負擔。

Lee *et al.* (2018) 則使用均衡位移模型 (equilibrium displacement model) 針對美國杏仁之授粉服務市場進行模擬，建構杏仁種植戶及蜂農的生產函數，並同時考量雙方的利潤極大化問題，最終以「自花授粉之杏仁種植面積增加」、「蜂群數量減少」、「杏仁灌溉成本提高」、「杏仁需求降低」等四種情況進行情境分析，值得注意的是，在「自花授粉之杏仁種植面積增加」及「杏仁需求降低」兩種情境下，蜂蜜的產量及價格皆受到大幅度影響，凸顯杏仁在美國作為蜜源之重要性。此外，模擬結果也指出當蜂蜜價格上升時，將連帶提高各種作物的授粉費用，顯示蜂農在蜂蜜價格高的情形下，較不願意出借蜂箱提供授粉服務。

在蜂箱運輸決策相關之研究中，皆可以發現授粉服務市場是多數研究的分析重點。由於臺灣未有發展成熟之授粉服務市場，因此沒有授粉費用或蜂箱租金之相關資料，且多數仰賴授粉的作物屬於設施栽培之範疇，不易掌握栽培面積及授粉需求，所以本研究不考慮授粉服務所創造之經濟價值或收入。而模型設計上，本研究參考 Gavina *et al.* (2014)、Champetier *et al.* (2015) 及 Williamson (2016)，考慮運輸距離及蜜源供給數量對蜂箱運輸決策之影響，但由於僅針對龍眼蜜及荔枝蜜之採集情形進行分析，而兩者之採集時間又集中於特定月份，因此本研究排除蜂群數量之季節性變化，亦不納入蜂群成長速度。



第肆章 實證模型與資料來源

本研究主要參考 Williamson (2016)，從福利極大化的角度分析臺灣蜂農的採蜜決策。一般而言，蜂農為求降低採蜜成本，並讓採蜜收成極大化，會將蜂箱運輸距離、蜜源種植面積等納入考慮，換言之，蜂農會傾向減少蜂箱的運輸距離，同時優先選擇蜜源充足的地點採蜜 (Gavina *et al.*, 2014; Williamson, 2016)。本研究使用數學規劃方法，設計一個以福利極大化為目標之函數，並透過各項限制條件，使模擬更接近實際生產情況，而模擬過程則使用代數建模系統 General Algebraic Modeling System (GAMS) 進行運算，探討全臺蜂農在福利極大化之目標下，如何分配並運輸蜂箱至特定縣市完成採蜜。本章共分為兩節，第一節先介紹模型目標函數及各項限制條件，第二節則說明各參數之詳細定義及資料蒐集方法。

第一節 目標函數與限制條件

經濟學中社會福利係由消費者剩餘 (consumer surplus)、生產者剩餘 (producer surplus) 及無謂損失 (deadweight loss) 等三部分構成，可作為衡量貿易措施或經濟政策如何影響特定市場乃至於國家的工具。在完全競爭的市場下，福利等於消費者剩餘及生產者剩餘之和，即需求曲線與供給曲線間包夾之面積，若進一步考慮產品的運輸成本，則市場均衡可透過極大化消費者剩餘及生產者剩餘，再減去總運輸成本而得 (McCarl & Spreen, 1980)。

本研究參考 Williamson (2016) 及 Lee *et al.* (2018) 之設計，假設蜂蜜需求函數為固定彈性之形式：

$$S = \mu \times P^E \quad (1)$$

其中 S 及 P 代表蜂蜜之總產量及單位價格， μ 為一外生常數， E 則為蜂蜜的需求價格彈性。本研究將蜂蜜價格設為內生變數，由產量多寡所決定，若將 (1) 式改寫成反需求函數，再進行積分，其反導函數 (anti-derivative) 即代表需求曲線下之面積：

$$\frac{E \times \mu^{\frac{-1}{E}} S^{\frac{E+1}{E}}}{E+1} \quad (2)$$

然而，由於本研究欲針對蜂箱之運輸決策進行模擬分析，因此全臺蜂蜜之總產量將由蜂箱的使用方式決定，換言之，蜂箱的使用方式才是本研究設定之決策變數。同時，本研究不僅考慮蜂箱之運輸成本，生產成本亦納入增購蜂箱支出、閒置蜂箱餵飼成本、其他投入成本，福利函數以(2)式減去前述各項成本而得。圖4-1呈現模型之決策架構，本研究假設全國蜂農於龍眼及荔枝開花期間僅從事龍眼蜜或荔枝蜜之採集，並考慮蜂農得因成本考量而選擇不參與採蜜，或者自行增購蜂箱以提升產量。在養蜂箱中，用於生產龍眼蜜者為X1，生產荔枝蜜者為X2；而增購蜂箱中，用於生產龍眼蜜者為Y1，生產荔枝蜜者為Y2；至於閒置之蜂箱則以Z表示。

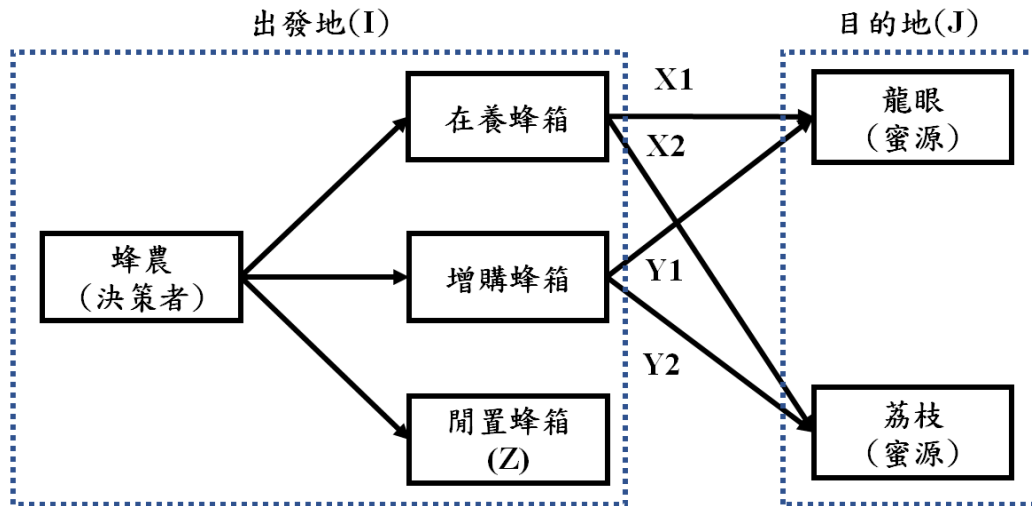


圖 4-1 模型決策架構

全臺蜂蜜之總產量為每箱平均蜂蜜產量乘以生產總箱數，並考慮運輸損耗率：

$$S = \left[\begin{aligned} & \sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} Q_i \times (X1_{ij} + Y1_{ij}) (1 - 2 \times LOSS \times D_{ij}) \\ & + \sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} Q_i \times (X2_{ij} + Y2_{ij}) (1 - 2 \times LOSS \times D_{ij}) \end{aligned} \right] \quad (3)$$

其中 Q_i 為 i 縣市蜂箱之平均產蜜量； $X1_{ij}$ 表示自 i 縣市運往 j 縣市，用於生產龍眼

蜜之在養蜂箱數； $Y1_{ij}$ 表示自*i*縣市運往*j*縣市，為生產龍眼蜜所增購之蜂箱數； $X2_{ij}$ 表示自*i*縣市運往*j*縣市，用於生產荔枝蜜之在養蜂箱數； $Y2_{ij}$ 表示自*i*縣市運往*j*縣市，為生產荔枝蜜所增購之蜂箱數； $LOSS$ 為運輸損耗率； D_{ij} 則為*i*縣市與*j*縣市之間的距離。

本研究於敏感性分析所添加之「採蜜蜂群數量減少」外部影響，係由各地區蜂箱之平均產蜜量（ Q_i ）減少所控制。

接著，運輸成本（transportation cost, TC）透過採蜜使用之蜂箱數、蜂箱運輸距離及每箱運輸成本之乘積表示：

$$TC = 2 \times T \times \left[\sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} (X1_{ij} + Y1_{ij}) \times D_{ij} + \sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} (X2_{ij} + Y2_{ij}) \times D_{ij} \right] \quad (4)$$

其中 T 即每箱平均運輸成本。待完成採蜜後，無論何時何地採收，蜂農最終皆須將蜂箱全數運回所屬縣市，因此（3）、（4）式在考量兩倍的運輸距離之下，運輸成本及損耗皆為兩倍。

至於增購蜂箱支出（purchasing cost, PC），以每箱增購成本乘以增購蜂箱總數而得：

$$PC = a \times \sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} (Y1_{ij} + Y2_{ij}) \quad (5)$$

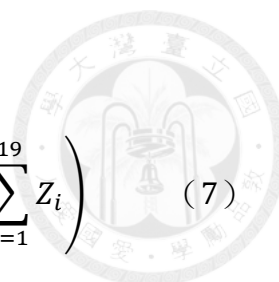
其中 a 為蜂箱增購成本。

閒置蜂箱餵飼成本（feeding cost, FC）則以每箱平均飼料成本乘以閒置蜂箱數表示：

$$FC = F \times \sum_{i=1}^{19} Z_i \quad (6)$$

其中 F 為每箱平均飼料成本； Z_i 為*i*縣市所閒置之蜂箱數。

其他投入成本（other cost, OC）以每箱平均成本乘以總蜂箱數（採蜜蜂箱、增



購蜂箱及閒置蜂箱) 得出：

$$OC = C \times \left(\sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} (X1_{ij} + Y1_{ij} + X2_{ij} + Y2_{ij}) + \sum_{i=1}^{19} Z_i \right) \quad (7)$$

其中C為每箱其他投入成本。

最後，由於模型目標函數係希望使福利極大化，因此結合(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)式，總福利(W)以(2)式依序減去運輸成本(TC)、增購蜂箱支出(PC)、閒置蜂箱餵飼成本(FC)、其他投入成本(OC)表示：

$$\begin{aligned} \max_{\substack{X1, Y1, \\ X2, Y2, Z}} W = & \frac{E \times \mu^{\frac{-1}{E}}}{E + 1} \left[\sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} Q_i \times (X1_{ij} + Y1_{ij})(1 - 2 \times LOSS \times D_{ij}) \right. \\ & \left. + \sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} Q_i \times (X2_{ij} + Y2_{ij})(1 - 2 \times LOSS \times D_{ij}) \right]^{\frac{E+1}{E}} \\ & - 2 \times T \times \left[\sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} (X1_{ij} + Y1_{ij}) \times D_{ij} + \sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} (X2_{ij} + Y2_{ij}) \times D_{ij} \right] \\ & - a \times \sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} (Y1_{ij} + Y2_{ij}) - F \times \sum_{i=1}^{19} Z_i \\ & - C \times \left(\sum_{j=1}^{19} \sum_{i=1}^{19} (X1_{ij} + Y1_{ij} + X2_{ij} + Y2_{ij}) + \sum_{i=1}^{19} Z_i \right) \quad (8) \end{aligned}$$

而模型之限制條件，分別從在養蜂箱數、增購蜂箱數及蜜源供給等三方面著手。首先，各縣市所有經過運輸或閒置之在養蜂箱總數，等於實際在養蜂箱之數目 (for each i):

$$\sum_{j=1}^{19} (X1_{ij} + X2_{ij}) + Z_i - N_i = 0 \quad (9)$$

其中 N_i 為 i 縣市在養蜂箱數。

此外，本研究雖考慮蜂農得自行增購蜂箱提升產量，但蜂農於勞力及管理上之投入皆有其限制，因此，此處限制各縣市增購蜂箱數及在養蜂箱數之總和，不



得超過每戶最大飼養規模 (for each i):

$$\sum_{j=1}^{19} (Y1_{ij} + Y2_{ij}) + N_i - R \times K_i \leq 0 \quad (10)$$

其中 R 為每戶最大飼養規模； K_i 則為 i 縣市養蜂戶數。

蜜源供給方面，所有運至特定縣市採蜜之蜂箱總數，不得超過該縣市所能滿足之採蜜需求箱數上限 (for each j):

$$\sum_{i=1}^{19} (X1_{ij} + Y1_{ij}) - B \times A1_j \leq 0 \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{19} (X2_{ij} + Y2_{ij}) - B \times A2_j \leq 0 \quad (12)$$

其中 B 為單位面積採蜜蜂箱放置數目； $A1_j$ 為 j 縣市龍眼種植面積； $A2_j$ 為 j 縣市荔枝種植面積。

至於本研究於敏感性分析所添加之「龍眼及荔枝流蜜量減少」外部影響，則藉由將特定地區龍眼及荔枝的種植面積 ($A1_j$ 、 $A2_j$) 同時減少予以控制，此處假設全臺蜂農可完全掌握各地區天候狀況，並隨之改變蜂箱運輸決策。

決策變數之非負 (non-negativity) 條件：

$$\begin{cases} X1_{ij} \geq 0 \\ Y1_{ij} \geq 0 \\ X2_{ij} \geq 0 \\ Y2_{ij} \geq 0 \\ Z_i \geq 0 \end{cases} \quad (13)$$

第二節 參數設定與資料敘述

一、縣市代碼

為瞭解全臺蜂箱之運輸分配情形，本研究針對各縣市⁹分別給予出發地及目的地之代碼，以在模型中辨識蜂箱之所屬縣市及採蜜地點，表 4-1 列出各縣

⁹ 由於本研究僅考慮陸路運輸蜂箱之情形，因此將離島縣市排除於模型之外。

市出發地及目的地之代碼。

表 4-1 各縣市之出發地及目的地代碼

區域	縣市別	出發地 (Origin, i)	目的地 (Destination, j)
北部地區	新北市	I1	J1
	臺北市	I2	J2
	桃園市	I3	J3
	基隆市	I4	J4
	新竹市	I5	J5
	宜蘭縣	I6	J6
	新竹縣	I7	J7
中部地區	臺中市	I8	J8
	苗栗縣	I9	J9
	彰化縣	I10	J10
	南投縣	I11	J11
	雲林縣	I12	J12
南部地區	臺南市	I13	J13
	高雄市	I14	J14
	嘉義市	I15	J15
	嘉義縣	I16	J16
	屏東縣	I17	J17
東部地區	臺東縣	I18	J18
	花蓮縣	I19	J19

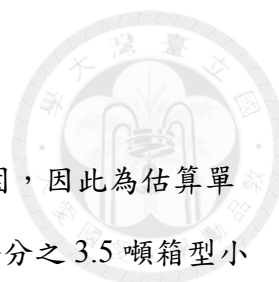
資料來源：本研究。

二、蜂蜜需求函數

過去國內尚未有學者針對蜂蜜之需求價格彈性進行估計，因此，此處採用 Ward (2014)對美國蜂蜜需求估計之結果，同時按照 Champetier *et al.*(2015) 及 Williamson (2016) 假設不同縣市所生產之蜂蜜，彼此間為可完全替代的同質財貨。至於外生係數 μ 之估算，以 2010 至 2017 年間全臺龍眼蜜及荔枝蜜之平均產量與價格¹⁰代回需求函數求算，其中各年蜂蜜價格已依我國消費者物價指數以 2017 年為基期進行平減。¹¹

¹⁰ 農糧署所發布之「臺灣地區養蜂業概況」，自 2010 年起將「龍眼蜜及荔枝蜜」單獨列出統計。

¹¹ 我國消費者物價指數之統計雖有「蜂蜜、果醬」項目群，然因年資料不完整，故以該項目群之上層分類「調味品」為平減依據。



三、平均運輸成本及損耗率

於龍眼及荔枝開花期間，蜂農多以貨車載運蜂箱至果園，因此為估算單一蜂箱之平均運輸成本，本研究以車斗尺寸 300*150*150 公分之 3.5 噸箱型小貨車為基準，先估算每輛貨車平均可載運之朗氏標準蜂箱¹²數目，再根據廖慶復（2015）之調查資料顯示，我國 3.5 至 6.5 噸重型車輛之平均油耗約為每公升 5.49 公里，汽油成本則參考經濟部能源局（2017）之統計，以我國 2017 年高級柴油年均價格每公升 21.97 元代入，進而估得平均運輸成本為每箱每公里 0.027 元。

此外，國外已有研究指出長距離運輸蜂箱會影響蜜蜂下咽喉腺（hypopharyngeal gland）發育，或導致蜂群壽命減少（Ahn *et al.*, 2012; Simone-Finstorm *et al.*, 2016）。亦有實驗顯示，經過長途運輸之蜂箱，相較未經運輸之蜂箱，蜜蜂數量明顯較少，也更容易感染黑王臺病毒及畸翅病毒（Alger *et al.*, 2018）。因此本研究考慮蜂箱於運輸途中可能造成蜂群緊迫，並產生一定程度之損耗，然由於損耗之比率不易估計，且經訪談幾位蜂農，仍無法瞭解損耗之具體程度，本研究參考 Williamson（2016）詢問美國蜂農而得知的運輸損耗率，經換算後約為每箱每公里 0.003%。

四、蜂蜜生產成本及每戶飼養規模

本研究考量蜂農可自行購置新蜂箱及蜂群，以提升蜂蜜產量。而全新蜂箱之價格不僅與木材供應有關，也受養蜂需求影響，尤以採蜜季節間價格最高。不過，蜂箱的規格非常多，其材質及功能性也會直接影響價格，導致蜂箱需求難以估計。因此，本研究參考行政院農業委員會農糧署（2017b）之資料，針對蜂農受災情形之申報，損失價值以每箱成本 3,600 元計算，可視為購置新蜂箱及蜂群所須支出之金額。

¹² 朗氏標準蜂箱（Langstroth Beehive）為國際間最通用之蜂箱規格，由美國人 Lorenzo Lorraine Langstroth 所發明，並於 1852 年取得專利。然各國朗氏標準蜂箱尺寸依使用習慣可能有差異，本研究用於估算之尺寸為：48.4*23.2*41.2 公分。

此外，實務上蜂群管理還涉及許多投入要素，如勞力、疾病與害蟲防治、能源、相關資材、土地等，同時，蜂農亦可能因成本考量而未使用全數蜂箱，並以糖水或花粉餅取代蜜源，因此蜂農仍須負擔閒置蜂箱之飼料成本。根據方清居（2000）之分析，單一蜂箱產蜜之全年總生產成本達 6,571 元，其中飼料成本為 1,722 元，本研究考量龍眼蜜及荔枝蜜之採蜜期間僅有 3 至 5 月間，以 3 個月計，因而推算採蜜期間閒置蜂箱之飼料成本為每箱 430.50 元，其他投入成本則為每箱 1,212.25 元，兩者經消費者物價指數平減後分別為 506.81 及 1,427.13 元。

而參考方清居等（2000）之調查，臺灣養蜂戶飼養規模以 150 至 250 箱最多，但也有更具規模者，最大可達每戶 350 箱，因此本研究以每戶 350 箱作為蜂箱之飼養上限。

五、採蜜蜂箱放置數目

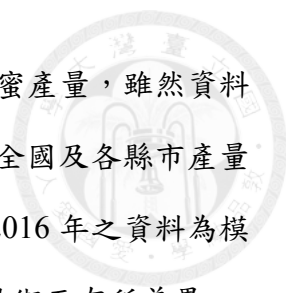
由於蜜源供應有限，且蜂群間也會發生競爭效果，因此單位面積所放置之蜂箱數目必有上限。然而，過去未有學者估計過龍眼及荔枝之採蜜蜂箱最適放置數目，僅吳登楨（1996）針對龍眼及荔枝提出授粉建議每公頃投入 4 至 8 群，而授粉所需蜂群數之調查，通常以作物果實、種子發育之程度或著果率為評估依據，因此只須以最少的蜂群數滿足作物授粉需求即可，反觀採蜜需求則以採蜜效率最大化為目標，即以有限的蜂群數換取最大的產蜜量，因此本研究取其最大值作為每公頃採蜜之蜂箱放置數目。

六、縣市間最短行車距離

模型所使用之運輸距離，係透過 Google Map API 計算縣市間行車距離，並取其最短者而得。

七、各縣市養蜂戶數、在養蜂箱數及每箱平均蜂蜜產量

本研究參考行政院農業委員會農糧署（2017a）發布之「臺灣地區養蜂業



概況」，整理各縣市之養蜂戶數、在養蜂箱數及每箱平均蜂蜜產量，雖然資料時間最新為 2017 年，但由於當年國產蜂蜜發生嚴重歉收，全國及各縣市產量皆創下歷史新低，與往年生產情形有重大落差，因而改以 2016 年之資料為模型起始值；另由於各縣市蜂蜜產量可能因氣候、蜂農管理技術而有所差異，因此此處保留各縣市於生產技術上之異質性，每箱平均蜂蜜產量以各縣市龍眼蜜及荔枝蜜總產量除以其在養蜂箱數而得。

八、各縣市龍眼及荔枝種植面積

蜜源種植面積方面，由於無法掌握各縣市龍眼及荔枝種植之集散程度，因此模型單純以各縣市總種植面積作為蜜源供給數量之依據。本研究同樣參考行政院農業委員會農糧署（2017a）之資料，並根據 2016 年「臺灣地區果品生產概況」整理各縣市龍眼及荔枝之種植面積。

表 4-2 整理模型各項參數之詳細定義、單位、數值及資料來源；表 4-3 則進一步提供部分參數之敘述統計。

表 4-2 各參數設計及資料來源

參數	說明	數值	資料來源
P	蜂蜜之平均單位價格 (元/公斤)	--	由模型運算求出
E	蜂蜜之需求價格彈性	-0.765	Ward (2014)
T	平均運輸成本 (元/公里/箱)	0.027	本研究估算
$LOSS$	運輸損耗率 (%/公里/箱)	0.003	Williamson (2016)
a	蜂箱增購成本 (元/箱)	3,600	農糧署 (2017b)
F	平均飼料成本 (元/箱)	506.81	方清居 (2000)
C	其他投入成本 (元/箱)	1,427.13	方清居 (2000)
R	每戶最大飼養規模 (箱)	350	方清居等 (2000)
B	採蜜蜂箱放置數目 (箱/公頃)	8	吳登楨 (1996)
D_{ij}	縣市間最短行車距離 (公里)	--	Google Map API
Q_i	各縣市每箱平均蜂蜜產量 (公斤/箱)	--	農糧署 (2017a)
N_i	各縣市在養蜂箱數 (箱)	--	農糧署 (2017a)
K_i	各縣市養蜂戶數 (戶)	--	農糧署 (2017a)
$A1_j$	各縣市龍眼種植面積 (公頃)	--	農糧署 (2017a)
$A2_j$	各縣市荔枝種植面積 (公頃)	--	農糧署 (2017a)

說明：非定值之參數請見附表 1-4。

資料來源：本研究。

表 4-3 各參數敘述統計表

參數	資料筆數	平均值	標準差	最小值	最大值
D_{ij}	190	169.35	114.97	0.00	438.00
Q_i	19	32.55	4.61	28.41	43.40
N_i	19	9,697.58	8,048.29	980.00	25,960.00
K_i	19	49.63	38.39	5.00	127.00
$A1_j$	19	588.47	1,017.42	0.00	3,824.00
$A2_j$	19	537.53	864.70	0.00	3,365.00

說明：縣市間最短行車距離 (D_{ij}) 實際共有 361 筆資料，但刪去重複路徑。

資料來源：本研究。



第五章 模擬結果與討論

本研究使用數學規劃方法，設計一個以福利極大化為目標之函數，同時以採蜜蜂箱、增購蜂箱、閒置蜂箱作為決策變數，並在有限的蜜源供給下，建構臺灣蜂農蜂箱運輸決策的模型，探討全臺蜂農如何分配並運輸蜂箱至特定縣市完成採蜜，最後則透過敏感性分析，觀察「採蜜蜂群數量減少」及「龍眼及荔枝流蜜量減少」兩種區域性的外部影響，對於蜂蜜的產量及價格、蜂農收入、生產成本有何影響。本章共分為三節，第一節針對全臺蜂農在福利極大化下的蜂箱運輸分配情形進行說明，同時比較蜂蜜價格、產量在模擬結果與實際情形之間的差異；第二節呈現所有敏感性分析之內容；第三節則進行綜合討論，比較兩種外部影響如何改變模擬結果，最後總結主要研究發現。

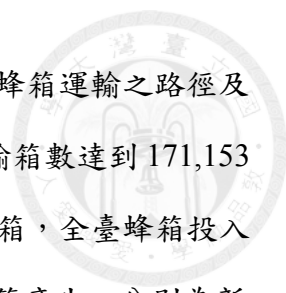
第一節 模擬結果

根據模擬結果顯示，全臺蜂蜜總產量共 6,013.46 公噸，價格落在每公斤 214.71 元，年產值則高達 12.91 億元。表 5-1 整理各縣市模擬之蜂蜜產量及占比，並與實際生產情形相比較，依地區別觀察，各地區產量及占比分別為：北部地區 666.97 公噸(11.09%)、中部地區 2,924.41 公噸(48.63%)、南部地區 2,063.51 公噸(34.31%)、東部地區 194.36 公噸(3.23%)。模擬產量主要集中於中、南部地區，兩地區合計占全臺總產量之 82.94%，其中高雄市及臺南市分別生產 883.78 及 860.35 公噸，各占總產量的 14.70%及 14.31%，為全臺產量最多的縣市。若與 2016 年蜂蜜實際生產情形比較，可以發現模擬總產量較實際總產量少 426.34 公噸，價格則減少 8.24%，同時多數縣市的模擬產量少於實際產量，其中以北部地區的減產幅度最為明顯。而從占比來看，中部及南部地區主要生產縣市之產量比重增加，包含臺中市、彰化縣、南投縣、臺南市及高雄市，其他地區產量比重則減少，可知在考慮全臺各縣市福利極大化的前提之下，原本蜂蜜產量豐富的縣市會傾向增加產量，以確保共同福利不致減損太多或有提升的空間。

表 5-1 各縣市蜂蜜模擬產量與實際產量比較

區域	縣市別	模擬產量 (公斤)	模擬占比 (%)	實際產量 (公斤)	實際占比 (%)
北部地區	新北市	92,177	1.53	109,700	1.70
	臺北市	61,724	1.03	73,700	1.14
	桃園市	135,735	2.26	166,600	2.59
	基隆市	23,708	0.39	28,300	0.44
	新竹市	64,962	1.08	77,400	1.20
	宜蘭縣	59,920	(1.00)	60,600	0.94
	新竹縣	228,740	3.80	273,200	4.24
	小計	666,966	11.09	789,500	12.26
中部地區	臺中市	(839,530)	(13.96)	839,500	13.04
	苗栗縣	351,703	5.85	430,900	6.69
	彰化縣	739,659	(12.30)	741,000	11.51
	南投縣	(740,258)	(12.31)	740,200	11.49
	雲林縣	253,257	4.21	299,800	4.66
	小計	2,924,407	(48.63)	3,051,400	47.38
南部地區	臺南市	860,346	(14.31)	919,000	14.27
	高雄市	883,781	(14.70)	883,800	13.72
	嘉義市	39,734	0.66	46,800	0.73
	嘉義縣	279,648	4.65	327,800	5.09
	屏東縣	164,225	2.73	192,800	2.99
	小計	2,063,509	34.31	2,370,200	36.81
東部地區	臺東縣	78,226	1.30	91,900	1.43
	花蓮縣	116,133	1.93	136,800	2.12
	小計	194,359	3.23	228,700	3.55
總計		6,013,465	100.00	6,439,800	100.00

說明：模擬值高於實際值者以雙括弧標示，實際值為 2016 年各縣市龍眼蜜及荔枝蜜產量。



再觀察各縣市蜂箱運輸分配之情形，表 5-2 列出縣市間所有蜂箱運輸之路徑及箱數，可以發現各縣市在養蜂箱幾乎全數投入運輸及生產，總運輸箱數達到 171,153 箱，其中用於生產龍眼蜜共 89,449 箱，生產荔枝蜜則有 81,704 箱，全臺蜂箱投入生產之比率高達 92.89%。受限於蜜源供給，部分縣市有閒置蜂箱產生，分別為新北市 547 箱、臺北市 366 箱、桃園市 852 箱、基隆市 140 箱、新竹市 388 箱、新竹縣 1,374 箱、苗栗縣 2,216 箱、雲林縣 1,516 箱、臺南市 1,656 箱、嘉義市 238 箱、嘉義縣 1,672 箱、屏東縣 984 箱、臺東縣 464 箱、花蓮縣 688 箱，同時各縣市增購蜂箱數皆為 0。而為瞭解蜂箱運輸之主要路徑及方向，圖 5-1 畫出運輸箱數超過 3,000 箱之所有路徑，實線者為採集龍眼蜜，虛線者為採集荔枝蜜，而未將蜂箱運出之縣市則以星號標示。龍眼蜜之運輸路徑以「出發地—目的地」表示分別有「新竹縣—臺南市」、「苗栗縣—臺中市」、「彰化縣—嘉義縣」、「雲林縣—高雄市」、「花蓮縣—南投縣」；荔枝蜜則有「新北市—南投縣」、「新竹縣—臺南市」、「彰化縣—臺中市」。此外，臺中市、南投縣、臺南市、高雄市、嘉義縣等則未將蜂箱運至其他縣市，僅就近使用原縣市蜜源。值得注意的是，在所有運輸路徑中，多數縣市有選擇將部分蜂箱置於原縣市採蜜，反映出蜂農採蜜有降低運輸成本及損耗之傾向，最明顯的即是臺中市、南投縣、臺南市、高雄市、嘉義縣等，這些縣市皆是臺灣龍眼及荔枝的重要產區，其蜜源不僅足以供應所有在地蜂農，尚可供外縣市蜂農使用。而須將蜂箱運至其他縣市採蜜者，則以運往臺南市、臺中市、南投縣、高雄市等縣市為主。

表 5-2 各縣市蜂箱運輸分配情形

出發地	目的地	運輸箱數		出發地	目的地	運輸箱數		
新北市	臺南市	龍眼	8	彰化縣	臺南市	龍眼	1,944	
		荔枝	0			荔枝	0	
	南投縣	龍眼	0		彰化縣	龍眼	6,104	
		荔枝	3,228			荔枝	0	
臺北市	高雄市	龍眼	2,175		雲林縣	龍眼	120	
		荔枝	0			荔枝	0	
桃園市	臺中市	龍眼	2,947		嘉義縣	龍眼	3,706	
		荔枝	0			荔枝	0	
	新竹縣	龍眼	80		臺中市	龍眼	0	
		荔枝	192			荔枝	7,856	
	南投縣	龍眼	151		高雄市	龍眼	0	
		荔枝	146			荔枝	472	
	新竹市	龍眼	8		南投縣	龍眼	6,482	
		荔枝	384			荔枝	11,270	
基隆市	高雄市	龍眼	840		雲林縣	高雄市	龍眼	8,718
		荔枝	0				荔枝	0
新竹市	臺南市	龍眼	981	臺南市	臺南市	龍眼	24,232	
		荔枝	0			荔枝	72	
	高雄市	龍眼	1,263	高雄市	龍眼	856		
		荔枝	0		荔枝	24,540		
宜蘭縣	臺北市	龍眼	16	嘉義市	高雄市	龍眼	780	
		荔枝	0			荔枝	0	
	臺中市	龍眼	1,270		嘉義市	龍眼	376	
		荔枝	0			荔枝	216	
	宜蘭縣	龍眼	112	嘉義縣	嘉義縣	龍眼	4,342	
		荔枝	8			荔枝	5,368	
	花蓮縣	龍眼	224	屏東縣	屏東縣	龍眼	144	
		荔枝	8			荔枝	4,808	
新竹縣	臺南市	龍眼	3,435		高雄市	龍眼	0	
		荔枝	4,316			荔枝	714	
臺中市	臺中市	龍眼	4,096	臺東縣	臺東縣	龍眼	176	
		荔枝	15,248			荔枝	928	
苗栗縣	臺中市	龍眼	9,335		高雄市	龍眼	0	
		荔枝	0			荔枝	1,666	
	苗栗縣	龍眼	400	花蓮縣	南投縣	龍眼	4,128	
		荔枝	264			荔枝	0	
總運輸路徑數		龍眼	31	總運輸箱數		龍眼	89,449	
		荔枝	20			荔枝	81,704	

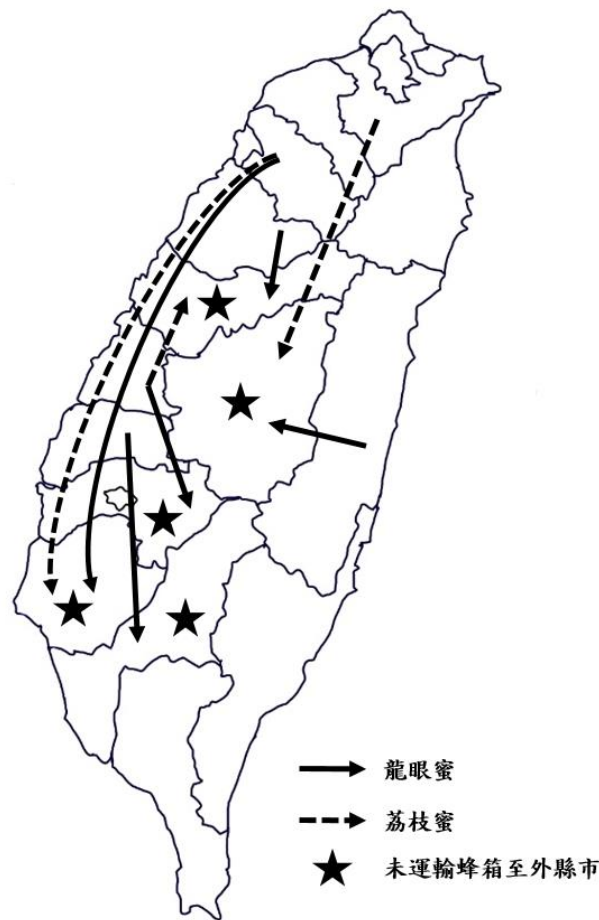
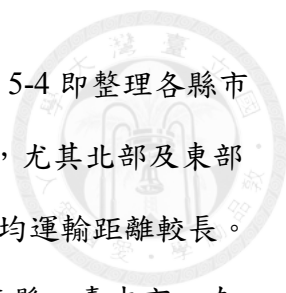


圖 5-1 縣市間主要蜂箱運輸路徑圖 (3,000 箱以上)

若依目的地來看，表 5-3 整理各縣市產蜜蜂箱數及占比，可以發現全臺產蜜蜂箱有將近 80%運往高雄市、臺南市、臺中市、南投縣等，四縣市分別集中 41,552、38,208、32,896 及 22,184 箱蜂箱，依序占總運輸箱數之 24.28%、22.32%、19.22% 及 12.96%，其中高雄市以生產荔枝蜜為主，臺南市則主要生產龍眼蜜。再與各縣市蜜源供給相比較，可以發現全臺蜜源全數用盡，各縣市的產蜜蜂箱數皆等於其採蜜蜂箱放置上限，顯示在每公頃至多放置 8 個蜂箱的情況下，全臺蜂蜜產量受到嚴重限制，也說明各縣市的蜜源使用已達飽和狀態，繼續增購蜂箱不但無法增產，還會徒增成本。

表 5-3 各縣市產蜜蜂箱分布狀況

目的地	產蜜蜂箱數		占比 (%)	目的地	產蜜蜂箱數		占比 (%)
高雄市	龍眼	14,632	8.55	苗栗縣	龍眼	400	0.23
	荔枝	26,920	15.73		荔枝	264	0.15
	小計	41,552	24.28		小計	664	0.39
臺南市	龍眼	30,592	17.87	雲林縣	龍眼	120	0.07
	荔枝	7,616	4.45		荔枝	472	0.28
	小計	38,208	22.32		小計	592	0.35
臺中市	龍眼	17,648	10.31	新竹市	龍眼	8	0.00
	荔枝	15,248	8.91		荔枝	384	0.22
	小計	32,896	19.22		小計	392	0.23
南投縣	龍眼	10,768	6.29	新竹縣	龍眼	80	0.05
	荔枝	11,416	6.67		荔枝	192	0.11
	小計	22,184	12.96		小計	272	0.16
彰化縣	龍眼	6,104	3.57	花蓮縣	龍眼	224	0.13
	荔枝	7,856	4.59		荔枝	8	0.00
	小計	13,960	8.16		小計	232	0.14
嘉義縣	龍眼	8,048	4.70	宜蘭縣	龍眼	112	0.07
	荔枝	5,368	3.14		荔枝	8	0.00
	小計	13,416	7.84		小計	120	0.07
屏東縣	龍眼	144	0.08	臺北市	龍眼	16	0.01
	荔枝	4,808	2.81		荔枝	0	0.00
	小計	4,952	2.89		小計	16	0.01
臺東縣	龍眼	176	0.10	總計		171,153	100.00
	荔枝	928	0.54				
	小計	1,104	0.65				



依據模擬結果，再針對各縣市進行單箱產蜜利潤之比較，表 5-4 即整理各縣市之分析結果，可以觀察到全臺每箱平均運輸距離為 229.71 公里，尤其北部及東部地區因地理位置距龍眼及荔枝主要產區遙遠或交通不便，導致平均運輸距離較長。而少於 100 公里者由長至短距離則依序有苗栗縣、彰化縣、屏東縣、臺中市、南投縣、臺南市、高雄市、嘉義縣，運輸距離越短者，其每箱之運輸損耗及運輸成本亦越低，而其中臺中市、南投縣、臺南市、高雄市、嘉義縣由於僅就近使用原縣市蜜源，未有將蜂箱運至其他縣市之行為，因此在產蜜利潤結構中不包含運輸損耗及運輸成本。再觀察平均產值，全臺平均一個蜂箱生產蜂蜜可創造 6,939.84 元之產值，其中臺中市及南投縣為全臺單箱產值最高之縣市，兩縣市分別達到 9,318.42 及 8,953.40 元，也反映出兩縣市的蜂箱生產力最高。而利用每箱平均產值減去運輸損耗、運輸成本、其他投入成本，則可以分析各縣市單一蜂箱生產蜂蜜所能創造之利潤，結果顯示全臺每箱平均產蜜利潤達 5,462.01 元，其中同樣以臺中市及南投縣為全臺產蜜利潤最高之縣市，平均每個蜂箱可為兩縣市蜂農依序帶來 7,891.29 及 7,526.27 元之收入。

表 5-4 各縣市產蜜之單箱利潤比較

縣市別	每箱平均 運輸距離 (公里)	每箱平均 產值(元) (A)	運輸損耗 (元) (B)	運輸成本 (元) (C)	其他投入 成本(元) (D)	每箱平均產蜜 利潤(元) (A) - (B) - (C) - (D)
新北市	414.44	6115.98	77.42	11.19	1,427.13	4600.25
臺北市	716.00	6093.22	133.75	19.33	1,427.13	4513.01
桃園市	253.18	7457.44	57.08	6.84	1,427.13	5966.39
基隆市	746.00	6059.93	138.77	20.14	1,427.13	4473.89
新竹市	524.66	6215.68	99.39	14.17	1,427.13	4675.00
宜蘭縣	181.78	7854.35	43.32	4.91	1,427.13	6378.99
新竹縣	478.00	6336.31	92.18	12.91	1,427.13	4804.09
臺中市	0.00	9318.42	0.00	0.00	1,427.13	7891.29
苗栗縣	99.70	7552.17	22.66	2.69	1,427.13	6099.69
彰化縣	88.12	7861.21	20.82	2.38	1,427.13	6410.88
南投縣	0.00	8953.40	0.00	0.00	1,427.13	7526.27
雲林縣	274.00	6237.30	51.69	7.40	1,427.13	4751.08
臺南市	0.00	7600.60	0.00	0.00	1,427.13	6173.47
高雄市	0.00	7471.91	0.00	0.00	1,427.13	6044.78
嘉義市	130.76	6218.14	24.48	3.53	1,427.13	4762.99
嘉義縣	0.00	6183.65	0.00	0.00	1,427.13	4756.52
屏東縣	8.22	6223.22	1.53	0.22	1,427.13	4794.33
臺東縣	205.70	6063.50	37.66	5.55	1,427.13	4593.16
花蓮縣	244.00	6040.44	44.65	6.59	1,427.13	4562.07
平均	229.71	6939.84	44.50	6.20	1427.13	5462.01

說明：每箱平均產值及運輸損耗係由原始模擬之均衡價格代入求出。

第二節 敏感性分析

本節將區分全臺、北部地區（新北市、臺北市、桃園市、基隆市、新竹市、宜蘭縣、新竹縣）、中部地區（臺中市、苗栗縣、彰化縣、南投縣、雲林縣）、南部地區（臺南市、高雄市、嘉義市、嘉義縣、屏東縣）、東部地區（臺東縣、花蓮縣）等區域，分別模擬採蜜蜂群數量以及龍眼及荔枝流蜜量依序減少 10%、20%、30%，對蜂蜜價格、總產量、生產成本以及蜂箱使用率所造成的影響。而兩種外部

影響之影響幅度，礙於沒有歷史統計資料可參考，僅粗略以 10%、20%、30% 代入模型中。



一、採蜜蜂群數量減少

(一) 北部地區

在北部地區縣市的採蜜蜂群數量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 6,011.00 公噸，價格為每公斤 214.79 元，年產值約 12.91 億元，而總生產成本則為 6.07 億元。蜂箱使用率達到 92.89%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 548 箱、臺北市 366 箱、桃園市 850 箱、基隆市 128 箱、新竹市 388 箱、新竹縣 1,374 箱、苗栗縣 2,217 箱、雲林縣 1,516 箱、臺南市 1,667 箱、嘉義市 238 箱、嘉義縣 1,673 箱、屏東縣 984 箱、臺東縣 465 箱、花蓮縣 688 箱。

(二) 中部地區

在中部地區縣市的採蜜蜂群數量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 5,774.63 公噸，價格為每公斤 222.68 元，年產值約 12.86 億元，而總生產成本則為 6.07 億元。蜂箱使用率達到 92.89%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 512 箱、臺北市 343 箱、桃園市 484 箱、基隆市 132 箱、新竹市 364 箱、新竹縣 1,287 箱、雲林縣 1,410 箱、高雄市 4,730 箱、嘉義市 219 箱、嘉義縣 1,528 箱、屏東縣 1,024 箱、花蓮縣 434 箱、臺東縣 636 箱。

(三) 南部地區

在南部地區縣市的採蜜蜂群數量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 5,695.03 公噸，價格為每公斤 225.48 元，年產值約 12.84 億元，而總生產成本則為 6.07 億元。蜂箱使用率達到 92.89%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 513 箱、臺北市 343 箱、桃園市 834 箱、基隆市 132 箱、

新竹市 364 箱、新竹縣 1,290 箱、苗栗縣 114 箱、雲林縣 1,424 箱、高雄市 4,303 箱、嘉義市 223 箱、嘉義縣 1,569 箱、屏東縣 923 箱、臺東縣 433 箱、花蓮縣 636 箱。

(四) 東部地區

在東部地區縣市的採蜜蜂群數量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 6,010.36 公噸，價格為每公斤 214.81 元，年產值約 12.91 億元，而總生產成本則為 6.07 億元。蜂箱使用率達到 92.38%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 488 箱、臺北市 366 箱、桃園市 852 箱、基隆市 140 箱、新竹市 387 箱、新竹縣 1,374 箱、苗栗縣 2,217 箱、雲林縣 1,517 箱、高雄市 1,677 箱、嘉義市 238 箱、嘉義縣 1,673 箱、屏東縣 984 箱、臺東縣 444 箱、花蓮縣 685 箱。

(五) 全臺

在全臺採蜜蜂群數量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 5,416.27 公噸，價格為每公斤 235.90 元，年產值約 12.78 億元，而總生產成本則為 6.07 億元。蜂箱使用率達到 92.89%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 541 箱、臺北市 361 箱、桃園市 843 箱、基隆市 139 箱、新竹市 383 箱、新竹縣 1,358 箱、苗栗縣 2,191 箱、雲林縣 1,497 箱、高雄市 1,796 箱、嘉義市 235 箱、嘉義縣 1,651 箱、屏東縣 972 箱、臺東縣 456 箱、花蓮縣 679 箱。

表 5-5 整理「採蜜蜂群數量減少 10%」下各地區的模擬結果，並比較蜂蜜價格及產量、總成本、蜂箱使用率在不同假設之差異，可以發現當南部地區採蜜蜂群數量減少 10% 時，蜂蜜價格提升幅度最大，而產量減少幅度也最大，顯示南部地區的蜂群數量變化對於全臺蜂蜜生產最為敏感，至於總成本及蜂箱使用率在不同地區的假設中則未有明顯變化。而若全臺的採蜜蜂群數量皆減少 10%，則蜂蜜價

格為 235.90 元，較原本增加 9.73%，產量則降至 5,416.27 公噸，較原本減少 9.93%。

表 5-5 採蜜蜂群數量減少 10% 各地區模擬結果比較表

生產情形 影響範圍		蜂蜜價格 (元)	蜂蜜產量 (公噸)	總成本 (百萬元)	蜂箱使用率 (%)
北 部	數值	214.79	6,011.00	606.63	92.89
	變化 (%)	0.04	-0.04	0.00	0.00
中 部	數值	222.68	5,774.63	606.98	92.89
	變化 (%)	3.71	-3.97	0.06	0.00
南 部	數值	225.48	5,695.03	606.69	92.89
	變化 (%)	5.01	-5.30	0.01	0.00
東 部	數值	214.81	6,010.36	606.64	92.38
	變化 (%)	0.05	-0.05	0.00	-0.51
全 臺	數值	235.90	5,416.27	606.64	92.89
	變化 (%)	9.73	-9.93	0.00	0.00

說明：變化率為不同假設模擬值與原始模擬值之間的成長率，僅蜂箱使用率為差值。

表 5-6 則接著比較採蜜蜂群數量減少 10%、20%、30% 之各地區模擬結果，可以觀察到在三種影響幅度下，南部地區受影響時皆導致蜂蜜價格提升、產量減少幅度最大，於影響幅度 20% 及 30% 時分別造成蜂蜜價格提升 10.63% 及 16.98%，產量則分別減少 10.62% 及 15.99%。而北部及東部地區則在不同影響幅度間未對蜂蜜價格及產量有明顯影響，僅導致蜂蜜價格小幅上升、產量則小幅降低。當全臺採蜜蜂群數量減少達 30% 時，蜂蜜價格將上漲 37.48%，產量則減少 29.79%，遠遠超過影響幅度 10% 及 20% 對蜂蜜生產所造成之效果。

表 5-6 採蜜蜂群數量減少不同幅度下之各地區模擬結果

影響 幅度	影響 範圍	蜂蜜價格		蜂蜜產量	
		數值 (元)	變化率 (%)	數值 (公噸)	變化率 (%)
10%	北部	214.79	0.04	6,011.00	-0.04
	中部	222.68	3.71	5,774.63	-3.97
	南部	225.48	5.02	5,695.03	-5.30
	東部	214.81	0.05	6,010.36	-0.05
	全臺	235.90	9.87	5,416.27	-9.93
20%	北部	214.86	0.07	6,008.61	-0.08
	中部	230.63	7.41	5,554.09	-7.64
	南部	237.54	10.63	5,374.80	-10.62
	東部	215.87	0.54	5,977.45	-0.60
	全臺	262.06	22.05	4,818.98	-19.86
30%	北部	214.91	0.09	6,007.05	-0.11
	中部	239.15	11.38	5,334.47	-11.29
	南部	251.16	16.98	5,051.99	-15.99
	東部	216.49	0.83	5,958.50	-0.91
	全臺	295.19	37.48	4,221.90	-29.79

說明：變化率為該數值與原始模擬值之間的成長率。

二、龍眼及荔枝流蜜量減少

(一) 北部地區

在北部地區縣市的蜜源流蜜量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 6,011.50 公噸，價格為每公斤 214.77 元，年產值約 12.91 億元，而總生產成本則為 6.09 億元。蜂箱使用率達到 91.71%，其中間置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 548 箱、臺北市 366 箱、桃園市 852 箱、基隆市 140 箱、新竹市 387 箱、新竹縣 1,374 箱、苗栗縣 2,217 箱、雲林縣 1,516 箱、高雄市 1,734 箱、嘉義市 238 箱、嘉義縣 1,673 箱、屏東縣 984 箱、臺東縣 465 箱、花蓮縣 688 箱。



(二) 中部地區

在中部地區縣市的蜜源流蜜量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 5,766.39 公噸，價格為每公斤 222.97 元，年產值約 12.86 億元，而總生產成本則為 7.91 億元。蜂箱使用率達到 88.24%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 571 箱、臺北市 382 箱、桃園市 878 箱、基隆市 146 箱、新竹市 404 箱、宜蘭縣 321 箱、新竹縣 1,431 箱、苗栗縣 2,302 箱、雲林縣 1,580 箱、臺南市 4,924 箱、高雄市 2,979 箱、嘉義市 248 箱、嘉義縣 1,743 箱、屏東縣 1,025 箱、臺東縣 484 箱、花蓮縣 713 箱。

(三) 南部地區

在南部地區縣市的蜜源流蜜量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 5,667.01 公噸，價格為每公斤 226.49 元，年產值約 12.83 億元，而總生產成本則為 8.65 億元。蜂箱使用率達到 86.58%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 581 箱、臺北市 388 箱、桃園市 899 箱、基隆市 149 箱、新竹市 412 箱、宜蘭縣 326 箱、新竹縣 1,456 箱、苗栗縣 2,337 箱、彰化縣 2,133 箱、雲林縣 1,607 箱、臺南市 5,001 箱、高雄市 3,394 箱、嘉義市 252 箱、嘉義縣 1,773 箱、屏東縣 1,043 箱、臺東縣 493 箱、花蓮縣 730 箱。

(四) 東部地區

在東部地區縣市的蜜源流蜜量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 6,009.62 公噸，價格為每公斤 214.83 元，年產值約 12.91 億元，而總生產成本則為 6.10 億元。蜂箱使用率達到 92.27%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 548 箱、臺北市 366 箱、桃園市 849 箱、基隆市 140 箱、新竹市 388 箱、新竹縣 1,373 箱、苗栗縣 442 箱、雲林縣 1,517 箱、高雄市 3,565 箱、嘉義市 238 箱、嘉義縣 1,673 箱、屏東縣 984 箱、臺東縣 464 箱、花蓮縣 689 箱。



(五) 全臺

在全臺蜜源流蜜量減少 10% 之下，全臺蜂蜜總產量共 5,393.62 公噸，價格為每公斤 236.79 元，年產值約 12.77 億元，而總生產成本則為 10.55 億元。蜂箱使用率達到 82.35%，其中閒置蜂箱的分布縣市及數量包含：新北市 609 箱、臺北市 407 箱、桃園市 934 箱、基隆市 156 箱、新竹市 431 箱、宜蘭縣 340 箱、新竹縣 1,526 箱、苗栗縣 2,441 箱、彰化縣 4,199 箱、南投縣 2,743 箱、雲林縣 1,685 箱、臺南市 5,222 箱、高雄市 5,025 箱、嘉義市 264 箱、嘉義縣 1,859 箱、屏東縣 1,093 箱、臺東縣 517 箱、花蓮縣 766 箱。

表 5-7 整理「龍眼及荔枝流蜜量減少 10%」下各地區的模擬結果，並比較蜂蜜價格及產量、總成本、蜂箱使用率在不同地區受影響下之差異，可以發現當南部地區蜜源流蜜量減少 10% 時，蜂蜜價格提升幅度最大，而產量減少幅度也最大，顯示南部地區的蜜源多寡對於全臺蜂蜜生產最為敏感，同時生產成本則大幅增加，嚴重影響全臺蜂農的收入，甚至閒置蜂箱數也明顯增加。而若全臺的蜜源流蜜量皆減少 10%，則蜂蜜價格為 236.79 元，較原本增加 10.28%，產量則降至 5,393.62 公噸，較原本減少 10.31%，生產成本增加 73.97%，而蜂箱使用率則僅餘 82.35%，顯示蜜源供給嚴重不足，有 17.65% 的蜂箱將無蜜可採。

表 5-7 龍眼及荔枝流蜜量減少 10% 各地區模擬結果比較表

生產情形 影響範圍		蜂蜜價格 (元)	蜂蜜產量 (公噸)	總成本 (百萬元)	蜂箱使用率 (%)
北 部	數值	214.77	6,011.50	608.73	91.71
	變化 (%)	0.03	-0.03	0.35	-1.18
中 部	數值	222.97	5,766.39	790.82	88.24
	變化 (%)	3.85	-4.11	30.36	-4.65
南 部	數值	226.49	5,667.01	865.20	86.58
	變化 (%)	5.49	-5.76	42.62	-6.31
東 部	數值	214.83	6,009.62	610.16	92.27
	變化率%)	0.06	-0.06	0.58	-0.62
全 臺	數值	236.79	5,393.62	1,054.96	82.35
	變化 (%)	10.28	-10.31	73.97	-10.54

說明：變化率為不同假設模擬值與原始模擬值之間的成長率，僅蜂箱使用率為差值。

表 5-8 則呈現龍眼及荔枝流蜜量減少 10%、20%、30%之各地區模擬結果，其中南部地區在不同影響幅度下仍是最為敏感之地區，皆導致蜂蜜價格提升、產量減少幅度最大，於影響幅度 20%及 30%時分別造成蜂蜜價格提升 12.24%及 16.75%，產量則分別減少 12.04%及 15.81%。此外，全臺閒置蜂箱數量在各假設有明顯差異，尤其當中部及南部地區受影響時，閒置蜂箱數量便大幅增加，在 20%的影響幅度下，分別產生 27,162 及 32,848 箱閒置蜂箱；而在 30%的影響幅度下，則分別產生 34,193 及 38,400 箱閒置蜂箱。

表 5-8 龍眼及荔枝流蜜量減少不同幅度下之各地區模擬結果

影響 幅度	影響 範圍	蜂蜜價格		蜂蜜產量	
		數值 (元)	變化率 (%)	數值 (公噸)	變化率 (%)
10%	北部	214.77	0.03	6,011.50	-0.03
	中部	222.97	3.85	5,766.39	-4.11
	南部	226.49	5.49	5,667.01	-5.76
	東部	214.83	0.06	6,009.62	-0.06
	全臺	236.79	10.28	5,393.62	-10.31
20%	北部	214.86	0.07	6,008.66	-0.08
	中部	232.15	8.12	5,513.62	-8.31
	南部	240.99	12.24	5,289.33	-12.04
	東部	214.99	0.13	6,004.57	-0.15
	全臺	266.86	24.29	4,722.80	-21.46
30%	北部	214.95	0.11	6,005.88	-0.13
	中部	243.52	13.42	5,228.23	-13.06
	南部	250.68	16.75	5,062.67	-15.81
	東部	215.16	0.21	5,999.30	-0.24
	全臺	--	--	--	--

說明：變化率為該數值與原始模擬值之間的成長率，另全臺影響幅度 30%之模擬已超出模型求解範圍。

第三節 綜合討論

不論是在「採蜜蜂群數量減少」還是「龍眼及荔枝流蜜量減少」的假設下，皆是南部地區受影響時，對全臺蜂蜜生產影響最大。兩種假設相較之下，前者雖使特定地區的蜂箱生產力下降，但全臺的蜂箱使用率卻未有變動，表示其他未受影響地區的蜂農，在不致增加過多生產成本的情況下，可以藉由將閒置的蜂箱投入運輸生產，以彌補受影響地區減產的幅度，最終達成維持全臺蜂蜜產量水準的效果，因此「採蜜蜂箱重分配」是造成蜂蜜價格及產量變化的主因；反觀後者則直接限制特定地區的蜜源供給，儘管蜂箱生產力不變，但在沒有足夠蜜源的情況下，蜜蜂根本無蜜可採，蜂農只能選擇將蜂箱閒置並負擔飼料成本，即使其他地區有尚未使用的蜜源，蜂農若尋找新的採蜜地點，也勢必增加運輸成本及蜂箱損

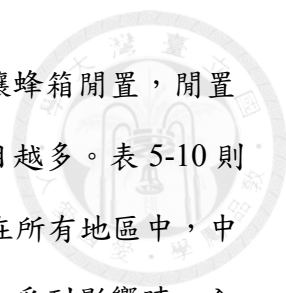
耗，可知流蜜量減少將同時造成「閒置蜂箱增加」及「採蜜蜂箱重分配」兩種效果，對於蜂農收入會有明顯的影響。

若觀察兩種假設下的閒置蜂箱分布情形，表 5-9 即整理採蜜蜂群數量減少 10% 下各縣市的閒置蜂箱數，從中可以看出各縣市在不同地區受影響時的閒置蜂箱分布情形類似，且全臺閒置總箱數在不同假設也未有明顯差異，而少數縣市如宜蘭縣、臺中市、彰化縣、南投縣等則不受任何假設影響，皆將在養蜂箱全數投入運輸及生產，反觀高雄市為全臺閒置蜂箱數目最多者，在中部及南部地區受影響時，皆有超過 4,000 箱閒置蜂箱。

表 5-9 採蜜蜂群數量減少 10% 各縣市閒置蜂箱分布情形

縣市別		影響地區				
		北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	全臺
北部地區	新北市	548	512	513	488	541
	臺北市	366	343	343	366	361
	桃園市	850	484	834	852	843
	基隆市	128	132	132	140	139
	新竹市	388	364	364	387	383
	宜蘭縣	0	0	0	0	0
	新竹縣	1,374	1,287	1,290	1,374	1,358
中部地區	臺中市	0	0	0	0	0
	苗栗縣	2,217	0	114	2,217	2,191
	彰化縣	0	0	0	0	0
	南投縣	0	0	0	0	0
	雲林縣	1,516	1,410	1,424	1,517	1,497
南部地區	臺南市	1,667	0	0	0	0
	高雄市	0	4,730	4,303	1,677	1,796
	嘉義市	239	219	223	238	235
	嘉義縣	1,673	1,528	1,569	1,673	2,086
	屏東縣	984	1,024	923	984	972
東部地區	臺東縣	465	434	433	444	456
	花蓮縣	688	636	636	685	679
總計		13,103	13,103	13,101	13,042	13,537

說明：影響幅度 20% 及 30% 之閒置蜂箱分布情形見附表 5、6。



另一方面，當特定地區蜜源流蜜量減少時，蜂農只能選擇讓蜂箱閒置，閒置之數目與該地區蜜源面積多寡有關，受影響面積越大則閒置數目越多。表 5-10 則整理蜜源流蜜量減少 10% 下各縣市的閒置蜂箱數，可以觀察到在所有地區中，中部及南部地區由於是龍眼及荔枝主要種植之區域，當兩地區其一受到影響時，全臺閒置蜂箱總數便大幅增加，在中部及南部地區受影響下分別達到 20,131 及 22,974 箱。而當全臺蜜源流蜜量皆減少 10% 時，閒置蜂箱總數更是達到 30,217 箱，且幾乎所有縣市都有閒置蜂箱，即使是於多數情況下全數投入生產的彰化縣及南投縣，也在影響範圍擴及全臺時產生閒置蜂箱，僅有臺中市仍保持閒置蜂箱數為 0，反觀臺南市及高雄市在全臺流蜜量皆減少 10% 之下，都有超過 5,000 箱蜂箱閒置，遠超其他縣市之閒置數目。

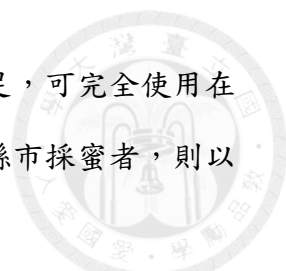
表 5-10 龍眼及荔枝流蜜量減少 10%各縣市閒置蜂箱分布情形

影響地區		北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	全臺
北部地區	新北市	548	571	581	548	609
	臺北市	366	382	388	366	407
	桃園市	852	878	899	849	934
	基隆市	140	146	149	140	156
	新竹市	387	404	412	388	431
	宜蘭縣	0	321	326	0	340
	新竹縣	1,374	1,431	1,456	1,373	1,526
中部地區	臺中市	0	0	0	0	0
	苗栗縣	2,217	2,302	2,337	442	2,441
	彰化縣	0	0	2,133	0	4,199
	南投縣	0	0	0	0	2,743
	雲林縣	1,516	1,580	1,607	1,517	1,685
南部地區	臺南市	0	4,924	5,001	0	5,222
	高雄市	1,734	2,979	3,394	3,565	5,025
	嘉義市	238	248	252	238	264
	嘉義縣	1,673	1,743	1,773	1,673	1,859
	屏東縣	984	1,025	1,043	984	1,093
東部地區	臺東縣	465	484	493	464	517
	花蓮縣	688	713	730	689	766
總計		13,182	20,131	22,974	13,236	30,217

說明：影響幅度 20%及 30%之閒置蜂箱分布情形見附表 7、8。

總結而言，研究發現可具體分述如下：

- 一、全臺蜂蜜之模擬總產量共 6,013.46 公噸，價格落在每公斤 214.71 元，年產值則高達 12.91 億元。
- 二、模擬總產量較 2016 年之實際總產量少 426.34 公噸，價格則減少 8.24%，同時多數縣市的模擬產量少於實際產量，其中以北部地區的減產幅度最為明顯。
- 三、全臺總運輸箱數共 171,153 箱，蜂箱投入生產之比率高達 92.89%，其中用於生產龍眼蜜共 89,449 箱，生產荔枝蜜則有 81,704 箱。

- 
- 四、臺中市、南投縣、臺南市、高雄市、嘉義縣等由於蜜源充足，可完全使用在地蜜源，還能供其他縣市蜂農使用；而須將蜂箱運至其他縣市採蜜者，則以運往臺中市、南投縣、臺南市、高雄市等縣市為主。
- 五、各縣市的產蜜蜂箱數皆等於其採蜜蜂箱放置上限，顯示在每公頃至多放置 8 個蜂箱的情況下，全臺的蜜源供給不足以讓所有蜂箱皆投入生產。
- 六、在福利極大化的前提之下，全臺每箱平均運輸距離為 229.71 公里，尤其北部及東部地區因地理位置距龍眼及荔枝主要產區遙遠或交通不便，導致平均運輸距離較長；而平均一個蜂箱生產蜂蜜可創造 6,939.84 元之產值，每箱平均產蜜利潤則達 5,462.01 元。
- 七、南部地區縣市之蜂群數量減少或流蜜量減少時，全臺蜂蜜減產及價格提升之幅度最大，顯示南部地區為臺灣蜂蜜生產最為敏感之地區。

第陸章 結論

本研究利用數學規劃方法，透過在養蜂箱數目及蜜源供給等限制，針對臺灣蜂農採集龍眼蜜及荔枝蜜之蜂箱運輸行為進行模擬，觀察蜂農如何分配蜂箱至各縣市，以達成福利極大化之目標，接著添加「採蜜蜂群數量減少」及「龍眼及荔枝流蜜量減少」等兩種外部影響，分別進行區域性的敏感性分析，期能協助臺灣蜂農找出最適的蜂箱運輸決策，並作為農政機關推動養蜂輔導措施時之參考依據。本研究主要參考 Williamson (2016)，從福利極大化的角度分析臺灣蜂農的採蜜決策。一般而言，蜂農為求降低採蜜成本，並讓採蜜收成極大化，會將蜂箱運輸距離、蜜源種植面積等納入考慮，換言之，蜂農會傾向減少蜂箱的運輸距離，同時優先選擇蜜源充足的地點採蜜 (Gavina *et al.*, 2014; Williamson, 2016)。本研究有關養蜂業之數據，還有龍眼及荔枝之各縣市種植面積，皆取自農糧署公務統計系統，至於模型中各項參數之數值，則透過文獻回顧取得或經估算而得。

模擬結果顯示，在全臺最適的蜂箱運輸分配下，蜂蜜總產量共 6,013.46 公噸，價格落在每公斤 214.71 元，年產值則高達 12.91 億元。全臺有超過 80% 之蜂蜜產於中、南部地區，與實際生產情形類似，惟多數縣市之模擬產量受限於蜜源供給，少於實際產量。而在福利極大化的前提之下，全臺每箱平均運輸距離為 229.71 公里，尤其北部及東部地區因地理位置距龍眼及荔枝主要產區遙遠或交通不便，導致平均運輸距離較長。平均一個蜂箱可為養蜂業創造 6,939.84 元之產值，並為蜂農帶來 5,462.01 元之利潤，其中又以臺中市及南投縣為全臺產蜜利潤最高之縣市，平均每個蜂箱可為兩縣市蜂農依序帶來 7,891.29 及 7,526.27 元之收入。

另一方面，南部地區為兩種外部影響下最敏感之地區，當南部地區受影響時，全臺蜂蜜總產量下降幅度最大，價格也隨之上升最多。在「採蜜蜂群數量減少 10%」之假設中，當南部地區受影響時，全臺蜂蜜減產 5.30%，價格則提升 5.01%，然全臺蜂箱投入運輸及生產之比率在不同地區間未有變動，顯示未受影響之地區可藉

由增加產蜜箱數，以彌補受影響地區減產之幅度。而在「龍眼及荔枝流蜜量減少10%」之假設中，當南部地區受影響時，全臺蜂蜜減產5.76%，價格則提升5.49%，閒置蜂箱則多達22,974箱，導致蜂農需負擔更多飼料成本，生產總成本增加42.62%，對於蜂農收入有嚴重影響。

蜜蜂向有「農業之翼」的美譽，不僅在自然界中擔任傳粉的重要媒介，與農業生產之間更有相輔相成之密切關係，因此養蜂並非單純是一種生產活動，而是一個維繫地球生態及確保糧食供應的關鍵產業。然而，臺灣養蜂業長期面臨蜂群消失、蜜源不足等危機，如何正視這些危機並審慎評估及應對，是產官學各界都應思考的問題。本研究透過數學規劃模型之建構，初次嘗試評估蜂群消失及蜜源減少對於臺灣蜂蜜生產之影響，以下根據研究結果提出相關建議，供政府單位或養蜂業者參考：

一、掌握天候資訊


建議蜂農於採蜜季節間，應盡可能掌握全臺各地區之天候狀況或蜜源開花情形，蜂農或養蜂產銷班間亦可互相通報並分享相關資訊，同時，農政機關也可採取預警措施，提前發布重要蜜源產區之天候資訊予蜂農，然具體應如何規劃執行，仍有待相關單位、學者及蜂農研究並討論。

二、加強農藥使用宣導並進行農藥風險評估

農政機關應針對重要蜜源之種植戶，強化農藥使用之宣導，避免於蜜源開花流蜜期間施用農藥。此外，建議農政機關或研究單位針對高風險或新型農藥種類進行全面性的風險評估，或參考美國、歐盟對於特定農藥所發布之風險評估報告，並根據評估結果限制農藥之使用範圍，不僅要確保農產品食用安全，也須為蜜蜂採蜜安全把關。

三、避免過度依賴龍眼及荔枝等蜜源

模擬結果已明確指出，全臺龍眼及荔枝之種植面積實不足以供應所有縣



市蜂箱完成採蜜，因此蜂農不宜過度仰賴採集龍眼蜜及荔枝蜜，建議多方使用不同種類之蜜源，尤其近來百花蜜價格不會比龍眼蜜或荔枝蜜低太多，在龍眼蜜及荔枝蜜收穫不佳的時候，不妨考慮生產百花蜜或其他種類之特色花蜜。

四、優先使用在地蜜源，或考慮至蜜源充足之縣市完成採蜜

於蜂箱之模擬運輸路徑中，可以發現各縣市蜂農傾向使用在地蜜源，以在確保蜂蜜產量的同時，降低蜂箱運輸成本及損耗，尤其臺中市、南投縣、臺南市、高雄市、嘉義縣等，這些縣市皆是臺灣龍眼及荔枝的重要產區，其蜜源不僅足以供應所有在地蜂農，尚可供外縣市蜂農使用。因此建議蜂農應優先掌握所屬縣市之蜜源，無法使用在地蜜源時，再考慮赴臺中市、南投縣、臺南市、高雄市、嘉義縣等蜜源充足之縣市完成採蜜。

五、應調查南部地區之蜜源供給，並推廣使用替代性蜜源

根據敏感性分析結果，南部地區的龍眼及荔枝流蜜量減少時，對於全臺蜂蜜生產之影響較其他地區嚴重，顯示南部地區有尋找替代蜜源的需求，建議農政機關調查並整理南部縣市各類蜜源作物之數量及分布情形，同時配合近年養蜂輔導措施加強推廣，鼓勵蜂農善加利用林地蜜源或綠肥作物。

六、可規劃發展授粉服務產業

於蜂農的生產決策中，雖然生產蜂蜜、蜂王漿等各式蜂產品是傳統的經營模式，但在臺灣設施栽培面積逐漸增加的趨勢下，設施內作物的授粉需求也不容小覷，蜂農其實可以考慮在非採蜜季節間提供授粉服務。同時，建議農政機關掌握全臺特定作物之授粉需求，並針對建立授粉服務產業進行可行性評估，甚至可以將有授粉需求的果農及願意提供授粉服務的蜂農，透過某種方式或平臺進行媒合，一方面可解決重要蜜源供給不足及蜂蜜生產種類過度集中等問題，另一方面則能為養蜂業開拓新的產業版圖，有助於穩定蜂農

收入。



本研究之研究限制，主要可由以下幾點說明：

一、無法掌握野生蜂群之數量及分布情形

在過去的研究中，Allsopp *et al.* (2008) 即有點出野生蜂群授粉效果之重要性，而 Gavina *et al.* (2014) 亦有以極小化蜂群間採蜜競爭關係的角度，探討蜂農在有限的蜜源供給下如何選擇採蜜地點。顯而易見地，野生蜂群與在養蜂群間勢必產生競爭關係，對於蜜源所能提供的採蜜量會有影響，一個地區的野生蜂群越多，則蜂農所能採收的蜂蜜可能越少。然而，本研究礙於無法掌握野生蜂群之數量及分布情形，因此未考慮野生蜂群對蜂農採蜜行為之影響。

二、一次性的採蜜運輸行為未能反映實際生產情形

本研究僅能針對全臺蜂農於採蜜季節間的「一次性」運輸決策進行模擬，即各縣市蜂農只有一次決策機會，但從吳輝虎 (2013)、黃子豪 (2018) 等研究可以發現，3 至 5 月間全臺龍眼及荔枝係由南往北逐漸開花，蜂農普遍會先於南部地區採蜜，並逐花北上，而非只在一個地區或一個縣市完成採蜜，然在本研究資料來源有限之下，無法捕捉蜂農於不同地點多次採蜜的行為。

三、閒置蜂箱不一定衍生飼料成本

雖然本研究於模型中設定蜂農將蜂箱閒置時，必負擔糖水或花粉餅之餵飼成本，然經訪問專業蜂農及學者，實務上於龍眼及荔枝開花流蜜期間，全臺各地蜜源種類也非常多，即使不準備糖水或花粉餅，蜂農也可以使用蜂場附近的蜜源，達到維持蜂勢的效果，甚至採收蜂蜜販售，因此飼料成本並非必要之支出。



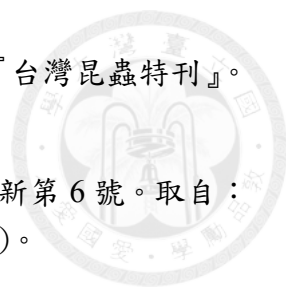
四、養蜂業統計資料限制

本研究所蒐集有關養蜂業之統計資料，大多來自農委會農糧署之公務統計系統，然而在農糧署提供之資料中，僅將蜂蜜區分為「百花蜜」、「龍眼蜜及荔枝蜜」兩大類，此與實際生產情形及蜂蜜市場有落差，尤其龍眼蜜之價格通常較荔枝蜜高，且兩種蜂蜜每年的生產情形也不盡相同，實不應視為完全同質的財貨。此外，農糧署所統計之年底在養蜂箱數，與3至5月採蜜期間實際在養之蜂箱數可能也有差異，畢竟各縣市的在養蜂箱數目並非全年皆相同，蜂農會依照生產時節進行調整，通常於採蜜季節到來前即會增加飼養規模，因此實際投入採蜜運輸之蜂箱數會較平常多出許多，然礙於資料蒐集之困難，本研究未能推算採蜜季節間之實際飼養規模。

最後，本研究受限於時間及資料來源等因素，未能全面解析臺灣養蜂業之營運現況及困境，在此提出未來建議之研究方向。在臺灣，應用蜜蜂授粉逐漸受到重視，不少學者及研究單位雖有針對不同作物進行過授粉效益之調查，然授粉相關之經濟分析卻嚴重缺乏，如能掌握全臺作物之授粉需求，並將授粉服務納入本模型繼續延伸，不僅可對蜂農於採蜜季節間的生產決策進行更細緻之分析，相信對於臺灣農業也是助益極大。

參考文獻

- 王重雄、羅竹芳、乃育昕、王智源、陳韻如、黃偉峰、簡慈盈、吳治宇，2009。「蜂群衰竭失調症」，『台灣昆蟲』。29期，119-138。
- 方清居，2000。「養蜂產銷班輔導概況」，『苗栗區農業專訊』。9期，5-9。
- 方清居、徐月萍、鍾國雄、林洋三、林信山，2000。「台灣蜂產品之產銷結構調整」，『台中區農業改良場特刊』。47期，201-210。
- 安奎，1989。「巢礎的製造選擇與保存（上）」，『蠶蜂業推廣簡訊』。12期。取自：<https://www.mdais.gov.tw/ws.php?id=933>（2019/4/16）。
- 行政院農業委員會農糧署，2017a。「農業統計資料查詢—公務統計」。臺北：農業委員會。（<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/official/OfficialInformation.aspx>）（2018/11/25）。
- 行政院農業委員會農糧署，2017b。「農業災害查報救助手冊」。臺北：農業委員會。（<https://www.afa.gov.tw/eng/index.php?code=list&ids=1061>）（2018/11/25）。
- 行政院農業委員會農糧署，2019a。「農業產銷班組織體系資料服務系統」。臺北：農業委員會。（<http://agrpmg.afa.gov.tw/agr-Sed/agrJsp/login.jsp>）（2019/6/6）。
- 行政院農業委員會農糧署，2019b。「臺灣農產品生產追溯系統」。臺北：農業委員會。（<https://qrc.afa.gov.tw/>）（2019/5/2）。
- 宋一鑫、江敬皓、何鎧光、山根爽一，2006。「台灣的蜂業發展歷史之再考與研究發展」，『台灣昆蟲特刊』。8期，129-147。
- 何鎧光，1999。「蜜蜂病蟲害防治」，『苗栗區農業專訊』。6期，26-29。
- 吳兆揚，2005。「政府養蜂輔導措施」，『苗栗區農業專訊』。30期，2-5。
- 吳明城，2016。「臺灣西方蜂種原分析與展望」，『苗栗區農業專訊』。75期，21-23。
- 吳姿嫻，2018。「蜂蜜生產品質管控與安全儲藏」，『苗栗區農業專訊』。83期，19-21。
- 吳登楨，1996。「蜜蜂授粉技術」，『蠶蜂業專訊』。革新第15號。取自：<https://www.mdais.gov.tw/ws.php?id=1047>（2018/9/30）。
- 吳登楨，2000。「蜜蜂訊息—設施栽培利用蜜蜂授粉」，『苗栗區農情月刊』。4期，4-5。
- 吳登楨、吳輝虎，2000。「實用養蜂」。行政院農業委員會苗栗區農業改良場編印。

- 
- 吳登楨、吳輝虎，2002。「設施栽培蜜蜂授粉技術之研究及利用」，『台灣昆蟲特刊』。4期，107-113。
- 吳登楨、張世揚，1993。「雙王群管理技術」，『蠶蜂業專訊』。革新第6號。取自：<https://www.mdais.gov.tw/ws.php?id=967&print=Y> (2019/5/2)。
- 吳輝虎，1995。「台灣主要蜜源植物」，『蠶蜂業專訊』。革新第14號。取自：<https://www.mdais.gov.tw/ws.php?id=1036> (2019/3/12)。
- 吳輝虎，2008。「蜂勢機動管理技術」，『苗栗區農業專訊』。43期，14-16。
- 吳輝虎，2009。「臺灣蜂場蜜蜂病蟲害監測調查」，『苗栗區農業專訊』。47期，16-18。
- 吳輝虎，2013。「台灣養蜂業及其營運現況介紹」，『苗栗區農業專訊』。63期，19-21。
- 吳輝虎、吳登楨、宋一鑫、盧美君，2011。「高產蜂蜜種群選育」，『苗栗區農業專訊』。55期，23-24。
- 吳輝虎、侯鳳舞，2010。「全國龍眼蜂蜜評鑑及其效益探討」，『苗栗區農業專訊』。51期，12-14。
- 林孟均、吳輝虎、盧美君，2013。「義大利蜂授粉技術運用於網室苦瓜生產之研究」，『苗栗區農業改良場研究彙報』。3期，43-54。
- 林孟均、盧美君，2017。「後蜂物質調控蜂群於網室胡瓜授粉之應用」，『苗栗區農業改良場研究彙報』。6期，56-69。
- 徐享田，1983。「臺灣養蜂業之經濟分析」，『農業經濟半年刊』。33期，85-99。
- 徐培修，2016。「設施番茄蜜蜂授粉效益與技術」，『苗栗區農業專訊』。75期，13-14。
- 徐培修、盧美君，2018。「設施大果番茄及草莓應用西方蜜蜂 (*Apis mellifera*) 授粉效益之研究」，『苗栗區農業改良場研究彙報』。7期，43-56。
- 章加寶、謝豐國，1991。「影響蜜蜂王漿產量因子之研究」，『中華昆蟲』。11卷，2期，96-105。
- 黃子豪，2018。「瘋養蜂—臺灣養蜂現況分析」，『苗栗區農業專訊』。83期，8-9。
- 黃玉瓊，2005。「從真假蜜辨識談台灣蜂蜜產業現況」，『苗栗區農情月刊』。73期，1-2。
- 黃健羣，2012。「台灣蜂蟹蟎防治之概況」，『苗栗區農業專訊』。59期，17-18。
- 黃裕星，2019。「從混農林業談臺灣特色林下經濟」，『林業研究專訊』。25卷，1期，1-4。

- 陳本翰、徐培修，2018。「臺灣西方蜜蜂潛伏感染蜜蜂病毒區域性調查分析」，『苗栗區農業改良場研究彙報』。7期，57-70。
- 陳春廷、吳佩珊、陳裕文、陳家鐘，2009。「利用百里酚防治蜂蟹蟎」，『台灣昆蟲』。29期，153-164。
- 陳昶璋、廖久薰、盧美君，2017。「三亞蟎藥片應用於臺灣蜂蟹蟎防治之藥效評估」，『苗栗區農業改良場研究彙報』。6期，46-55。
- 陳楷廷、張羽萱，2017。「全球蜂產業問題及臺灣蜂產業發展現況」，『農業生技產業季刊』。52期，53-57。
- 陳裕文、洪英傑、何鎧光，1995。「甲酸對蜂蟹蟎及蜂群的影響」，『台灣昆蟲』。15期，287-294。
- 陳裕文、陳盈仔、陳信鈞，2002。「三種殺蟎劑對蜂蟹蟎之防治效果」，『宜蘭技術學報』。9期，53-60。
- 陳裕文、陳保良，2008。「利用草酸糖液於蜂群繁殖期防治蜂蟹蟎」，『台灣昆蟲』。28期，31-41。
- 陳裕文，2017。「臺灣養蜂業的問題與林地養蜂的建議」。農業科技決策資訊平台。取自：<http://agritech-foresight.atri.org.tw/News/Viewer?sid=1347> (2018/9/30)。
- 陳裕文，2019。「林地養蜂成生態危機解方—平溪養蜂班挖掘山村產業活力」，『豐年雜誌』。69卷，5期，100-106。
- 彭權翊、李素瑩，2018。「蜜蜂蜜源綠肥作物推廣措施」，『苗栗區農業專訊』。83期，10-11。
- 楊恩誠，2011。「益達胺對蜜蜂行為的影響」，『苗栗區農業專訊』。55期，16-18。
- 經濟部能源局，2017。「油價資訊管理與分析系統」。臺北：經濟部能源局。
(<https://www2.moeaboe.gov.tw/oil102/oil2017/newmain.asp>) (2018/10/24)。
- 經濟部國際貿易局，2018。「中華民國進出口貿易統計」。臺北：經濟部國貿局。
(<https://cus93.trade.gov.tw/>) (2019/3/21)。
- 劉朋飛、吳杰、李海燕、林素文，2011。「中國農業蜜蜂授粉的經濟價值評估」，『中國農業科學』。44卷，24期，5117-5123。
- 劉增城，1997。「蜜蜂秋冬季蜜源植物」，『蠶蜂業專訊』。革新第22號。取自：
<https://www.mdais.gov.tw/ws.php?id=1117> (2019/3/12)。
- 廖久薰，2017。「國產蜂蜜營養成分及抗菌之比較」，『苗栗區農業專訊』。79期，19-21。

廖慶復，2015。「重型車輛耗能管制與節能應用技術推廣計畫」。經濟部能源局補助研究計畫。104-E0404。財團法人車輛研究測試中心。

蔡向榮、黃柏璋、張竹君、何耿德，2013。「以 CNS 1305 為基準分析台灣市售蜂蜜的品質狀況」，『檢驗及品保雜誌』。2 卷，1 期，210-219。

盧美君，2016。「臺灣蜂產業發展及挑戰之因應策略簡介」，『農政與農情』。290 期。取自：<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2505439> (2018/9/30)。

International Trade Center (ITC) Trade Map. Available at: <https://www.trademap.org/> (2019/5/24).

Abbo, P. M., J. K. Kawasaki, M. Hamilton, S. C. Cook, G. DeGrandi-Hoffman, W. F. Li, J. Liu, and Y. P. Chen, 2017. “Effects of Imidacloprid and Varroa Destructor on Survival and Health of European Honey Bees, *Apis mellifera*,” *Insect Science*. 24(3): 467-477.

Ahn, K., X. Xie, J. Riddle, J. Pettis, and Z. Huang, 2012. “Effects of Long Distance Transportation on Honey Bee Physiology,” *Psyche*. 2012: 1-9. DOI:10.1155/2012/193029.

Alger, S. A., P. A. Burnham, Z. S. Lamas, A. K. Brody, and L. L. Richardson, 2018. “Home Sick: Impacts of Migratory Beekeeping on Honey Bee (*Apis mellifera*) Pests, Pathogens, and Colony Size,” *PeerJ*. 6. DOI: 10.7717/peerj.5812.

Allsopp, M. H., W. J. de Lange, and R. Veldtman, 2008. “Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement,” *PLoS ONE*. 3(9). DOI: 10.1371/journal.pone.0003128.

Bauer, D. M. and I. S. Wing, 2016. “The Macroeconomic Cost of Catastrophic Pollinator Declines,” *Ecological Economics*. 126:1-13.

Brandt, A., A. Gorenflo, R. Siede, M. Meixner, and R. Büchler, 2016. “The Neonicotinoids Thiacloprid, Imidacloprid, and Clothianidin Affect the Immunocompetence of Honey Bees (*Apis mellifera* L.),” *Journal of Insect Physiology*. 86: 40-47.

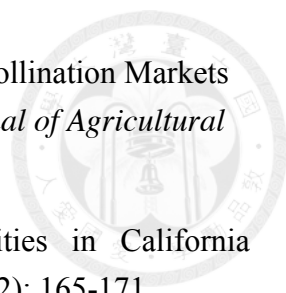
Champetier, A., D. A. Sumner, and J. E. Wilen, 2015. “The Bioeconomics of Honey Bees and Pollination,” *Environmental and Resource Economics*. 60: 143-164.

Cheung, S. N. S., 1973. “The Fable of the Bees: An Economic Investigation,” *The Journal of Law and Economics*. 16(1): 11-33.

Ferrier, P. M., R. R. Rucker, W. N. Thurman, and M. Burgett, 2018. *Economic Effects*

and Responses to Changes in Honey Bee Health. Economic Research Report No. 246, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.

- Gallai, N., J.-M. Salles, J. Settele, and B. E. Vaissière, 2009. “Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline,” *Ecological Economics*. 68: 810-821.
- Gavina, M. K. A., J. F. Rabajante, and C. R. Cervancia, 2014. “Mathematical Programming Models for Determining the Optimal Location of Beehives,” *Bulletin of Mathematical Biology*. 76(5): 997-1016.
- Hein, L., 2009. “The Economic Value of the Pollination Service, a Review across Scales,” *The Open Ecology Journal*. 2009(2): 74-82.
- Hilmi, M., N. Bradbear, and D. Mejia, 2012. *Beekeeping and Sustainable Livelihoods*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rural Infrastructure and Agro-Industries Division. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i2462e.pdf>.
- Johnson, D. B., 1973. “Meade, Bees, and Externalities,” *The Journal of Law and Economics*. 16(1): 35-52.
- Klein, A.-M., B. E. Vaissière, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, and T. Tscharntke, 2007. “Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops,” *Proceedings of the Royal Society*. 274: 303–313.
- Lee, H., D. A. Sumner, and A. Champetier, 2018. “Pollination Markets and the Coupled Futures of Almonds and Honey Bees: Simulating Impacts of Shifts in Demands and Costs,” *American Journal of Agricultural Economics*. 101(1): 230-249.
- McCarl, B. A. and T. H. Spreen, 1980. “Price Endogenous Mathematical Programming as a Tool for Sector Analysis,” *American Journal of Agricultural Economics*. 62(1): 87-102.
- Meade, J. E., 1952. “External Economies and Diseconomies in a Competitive Situation,” *The Economic Journal*. 62: 54-67.
- Melathopoulos, A. P., G. C. Cutler, and P. Tyedmers, 2015. “Where is the Value in Valuing Pollination Ecosystem Services to Agriculture?” *Ecological Economics*. 109: 59-70.
- Peng, Y.-C. and E.-C. Yang, 2016. “Sublethal Dosage of Imidacloprid Reduces the Microglomerular Density of Honey Bee Mushroom Bodies,” *Scientific Reports*. 6. DOI: 10.1038/srep19298.

- 
- Rucker, R. R., W. N. Thurman, and M. Burgett, 2012. "Honey Bee Pollination Markets and the Internalization of Reciprocal Benefits," *American Journal of Agricultural Economics*. 94(4): 956-977.
- Siebert, J. W., 1980. "Beekeeping, Pollination, and Externalities in California Agriculture," *American Journal of Agricultural Economics*. 62(2): 165-171.
- Simone-Finstorm, M., H. Li-Byarlay, M. H. Huang, M. K. Strand, O. Rueppell, and D. R. Tarpay, 2016. "Migratory Management and Environmental Conditions Affect Lifespan and Oxidative Stress in Honey Bees," *Scientific Reports*. 6. DOI: 10.1038/srep32023.
- Ward, R.W., 2014. *Honey demand and the impact of the national honey board's generic promotion programs*. National Honey Board. Available at: [https://www.honey.com/files/general/NHBReport2013\(2-16-2014\)a%20\(1\).pdf](https://www.honey.com/files/general/NHBReport2013(2-16-2014)a%20(1).pdf).
- Williamson, K. M., 2016. *An Empirically- and Theoretically-based Model of the Market for Pollination Services*. Master's Thesis. Department of Agricultural Economics, Texas A&M University. Available at: <http://hdl.handle.net/1969.1/158712>.
- Winfrey, R., B. J. Gross, and C. Kremen, 2011. "Valuing Pollination Services to Agriculture," *Ecological Economics*. 71: 81-88.
- Yang E.-C., Chang H.-C., Wu W.-Y., and Chen Y-W, 2012. "Impaired Olfactory Associative Behavior of Honeybee Workers Due to Contamination of Imidacloprid in the Larval Stage," *PLoS ONE*. 7(11). DOI: 10.1371/journal.pone.0049472.

附錄

附表 1 各縣市養蜂戶數、在養蜂箱數及每箱平均蜂蜜產量，2016 年

縣市別	養蜂戶數	在養蜂箱數	每箱平均蜂蜜產量 (公斤/箱)
新北市	29	3,783	29.00
臺北市	19	2,541	29.00
桃園市	33	4,760	35.00
基隆市	5	980	28.88
新竹市	12	2,632	29.41
宜蘭縣	10	1,638	37.00
新竹縣	51	9,125	29.94
臺中市	96	19,344	43.40
苗栗縣	74	12,215	35.28
彰化縣	97	20,202	36.68
南投縣	87	17,752	41.70
雲林縣	65	10,234	29.29
臺南市	114	25,960	35.40
高雄市	127	25,396	34.80
嘉義市	7	1,610	29.07
嘉義縣	55	11,382	28.80
屏東縣	34	6,650	28.99
臺東縣	13	3,234	28.42
花蓮縣	15	4,816	28.41

資料來源：行政院農業委員會農糧署 (2017a)。

附表 2 各縣市龍眼及荔枝種植面積，2016 年

縣市別	龍眼種植面積（公頃）	荔枝種植面積（公頃）
新北市	0	0
臺北市	2	0
桃園市	0	0
基隆市	0	0
新竹市	1	48
宜蘭縣	14	1
新竹縣	10	24
臺中市	2,206	1,906
苗栗縣	50	33
彰化縣	763	982
南投縣	1,346	1,427
雲林縣	15	59
臺南市	3,824	952
高雄市	1,829	3,365
嘉義市	47	27
嘉義縣	1,006	671
屏東縣	18	601
臺東縣	22	116
花蓮縣	28	1

資料來源：行政院農業委員會農糧署（2017a）。

附表 3 各縣市採蜜蜂箱放置數目上限，2016 年

縣市別	龍眼蜜 (箱)	荔枝蜜 (箱)	總計 (箱)
新北市	0	0	0
臺北市	16	0	16
桃園市	0	0	0
基隆市	0	0	0
新竹市	8	384	392
宜蘭縣	112	8	120
新竹縣	80	192	272
臺中市	17,648	15,248	32,896
苗栗縣	400	264	664
彰化縣	6,104	7,856	13,960
南投縣	10,768	11,416	22,184
雲林縣	120	472	592
臺南市	30,592	7,616	38,208
高雄市	14,632	26,920	41,552
嘉義市	376	216	592
嘉義縣	8,048	5,368	13,416
屏東縣	144	4,808	4,952
臺東縣	176	928	1,104
花蓮縣	224	8	232

資料來源：本研究。



附表 4 縣市間最短行車距離 (公里)

I\J	新北市	臺北市	桃園市	基隆市	新竹市	宜蘭縣	新竹縣	臺中市	苗栗縣	彰化縣	南投縣	雲林縣	臺南市	高雄市	嘉義市	嘉義縣	屏東縣	臺東縣	花蓮縣
新北市	0.0	14.0	32.2	36.4	70.0	74.3	67.2	148.0	97.2	167.0	207.0	209.0	294.0	343.0	238.0	252.0	367.0	340.0	179.0
臺北市	14.0	0.0	41.0	23.4	85.8	62.6	76.5	170.0	117.0	186.0	226.0	228.0	313.0	358.0	257.0	271.0	382.0	325.0	163.0
桃園市	32.2	41.0	0.0	57.8	51.6	103.0	46.1	137.0	84.2	153.0	196.0	195.0	280.0	325.0	225.0	239.0	349.0	365.0	204.0
基隆市	36.4	23.4	57.8	0.0	100.0	69.4	93.6	185.0	132.0	201.0	241.0	244.0	329.0	373.0	274.0	287.0	397.0	332.0	170.0
新竹市	70.0	85.8	51.6	100.0	0.0	142.0	7.3	92.4	41.0	110.0	151.0	152.0	237.0	282.0	182.0	195.0	306.0	404.0	243.0
宜蘭縣	74.3	62.6	103.0	69.4	142.0	0.0	138.0	95.8	173.0	238.0	282.0	280.0	369.0	413.0	311.0	325.0	438.0	274.0	113.0
新竹縣	67.2	76.5	46.1	93.6	7.3	138.0	0.0	95.8	43.2	112.0	155.0	154.0	239.0	284.0	184.0	198.0	308.0	402.0	234.0
臺中市	148.0	170.0	137.0	185.0	92.4	95.8	95.8	0.0	53.4	27.3	53.1	69.1	154.0	199.0	97.8	114.0	221.0	360.0	213.0
苗栗縣	97.2	117.0	84.2	132.0	41.0	173.0	43.2	53.4	0.0	73.5	117.0	115.0	203.0	247.0	147.0	160.0	270.0	409.0	270.0
彰化縣	167.0	186.0	153.0	201.0	110.0	238.0	112.0	27.3	73.5	0.0	64.3	45.0	131.0	176.0	75.4	89.7	200.0	339.0	222.0
南投縣	207.0	226.0	196.0	241.0	151.0	282.0	155.0	53.1	117.0	64.3	0.0	106.0	187.0	237.0	121.0	151.0	244.0	323.0	122.0
雲林縣	209.0	228.0	195.0	244.0	152.0	280.0	154.0	69.0	115.0	45.0	106.0	0.0	91.8	137.0	31.2	46.0	160.0	141.0	302.0
臺南市	294.0	313.0	280.0	329.0	237.0	369.0	239.0	154.0	203.0	131.0	187.0	91.8	0.0	49.4	70.1	59.9	73.9	213.0	347.0
高雄市	343.0	358.0	325.0	373.0	282.0	413.0	284.0	199.0	247.0	176.0	237.0	137.0	49.4	0.0	115.0	113.0	32.6	171.0	332.0
嘉義市	238.0	257.0	225.0	274.0	182.0	311.0	184.0	97.8	147.0	75.4	121.0	31.2	70.1	115.0	0.0	24.8	128.0	267.0	279.0
嘉義縣	252.0	271.0	239.0	287.0	195.0	325.0	198.0	114.0	160.0	89.7	151.0	46.0	59.9	113.0	24.8	0.0	135.0	274.0	307.0
屏東縣	367.0	382.0	349.0	397.0	306.0	438.0	308.0	221.0	270.0	200.0	244.0	160.0	73.9	32.6	128.0	135.0	0.0	141.0	302.0
臺東縣	340.0	325.0	365.0	332.0	404.0	274.0	402.0	360.0	409.0	339.0	323.0	141.0	213.0	171.0	267.0	274.0	141.0	0.0	163.0
花蓮縣	179.0	163.0	204.0	170.0	243.0	113.0	234.0	213.0	270.0	222.0	122.0	302.0	347.0	332.0	279.0	307.0	302.0	163.0	0.0

資料來源：Google Map API。

附表 5 採蜜蜂群數量減少 20% 各縣市閒置蜂箱分布情形

縣市別		影響地區				
		北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	全臺
北部地區	新北市	548	465	475	554	533
	臺北市	366	312	318	368	356
	桃園市	850	726	852	857	832
	基隆市	113	119	122	141	137
	新竹市	388	330	337	391	377
	宜蘭縣	0	0	0	0	0
	新竹縣	1,375	1,169	1,196	1,382	1,340
中部地區	臺中市	0	0	0	0	0
	苗栗縣	2,218	447	793	2,228	2,163
	彰化縣	0	0	0	0	0
	南投縣	0	0	0	0	0
	雲林縣	1,517	1,283	1,323	1,525	1,476
南部地區	臺南市	1,678	0	4,179	0	0
	高雄市	0	4,897	0	1,828	1,951
	嘉義市	238	199	207	239	232
	嘉義縣	1,673	1,387	1,454	1,682	1,628
	屏東縣	985	810	856	987	958
東部地區	臺東縣	465	382	401	359	450
	花蓮縣	689	576	589	559	670
總計		13,103	13,102	13,102	13,100	13,103

附表 6 採蜜蜂群數量減少 30% 各縣市閒置蜂箱分布情形

縣市別		影響地區				
		北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	全臺
北部地區	新北市	548	412	432	553	525
	臺北市	366	276	289	369	350
	桃園市	846	651	681	0	820
	基隆市	97	106	111	142	134
	新竹市	458	293	308	0	371
	宜蘭縣	0	0	360	0	0
	新竹縣	1,373	1,039	1,090	0	1,318
中部地區	臺中市	0	0	0	0	0
	苗栗縣	2	1,139	2,116	2,234	2,131
	彰化縣	0	0	0	3,852	0
	南投縣	0	0	0	0	0
	雲林縣	1,517	1,140	1,202	0	1,452
南部地區	臺南市	0	0	0	4,782	0
	高雄市	3,914	5,073	3,687	0	2,127
	嘉義市	238	176	188	0	228
	嘉義縣	1,674	1,230	1,324	85	1,602
	屏東縣	985	718	779	0	942
東部地區	臺東縣	465	338	0	454	442
	花蓮縣	689	510	535	632	659
總計		13,172	13,101	13,102	13,103	13,101

附表 7 龍眼及荔枝流蜜量減少 20% 各縣市閒置蜂箱分布情形

縣市別 \ 影響地區		北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	全臺
北部地區	新北市	548	596	625	548	697
	臺北市	366	399	415	366	0
	桃園市	849	912	956	0	1,042
	基隆市	140	153	159	140	179
	新竹市	388	422	441	388	493
	宜蘭縣	0	334	345	0	374
	新竹縣	1,373	1,494	1,557	1,374	1,741
中部地區	臺中市	0	0	878	4,566	5,178
	苗栗縣	453	2,391	2,483	417	2,731
	彰化縣	0	4,116	4,272	0	4,678
	南投縣	0	246	3,992	0	3,454
	雲林縣	1,517	1,650	1,719	1,518	1,912
南部地區	臺南市	0	5,123	5,311	0	5,841
	高雄市	3,579	4,929	5,111	4,566	5,625
	嘉義市	238	259	269	238	300
	嘉義縣	1,673	1,820	1,894	1,674	2,102
	屏東縣	984	1,071	1,113	985	1,236
東部地區	臺東縣	465	506	527	465	585
	花蓮縣	689	741	781	689	868
總計		13,262	27,162	32,848	17,934	39,036

附表 8 龍眼及荔枝流蜜量減少 30% 各縣市閒置蜂箱分布情形

縣市別 \ 影響地區		北部地區	中部地區	南部地區	東部地區	全臺
北部地區	新北市	548	628	651	549	--
	臺北市	366	420	437	368	--
	桃園市	852	956	992	854	--
	基隆市	140	161	168	141	--
	新竹市	388	444	462	389	--
	宜蘭縣	0	350	358	0	--
	新竹縣	1,375	1,570	1,632	1,377	--
中部地區	臺中市	0	1,810	4,932	0	--
	苗栗縣	2,219	2,501	2,578	2,221	--
	彰化縣	0	4,303	4,431	0	--
	南投縣	0	4,159	4,372	0	--
	雲林縣	1,518	1,735	1,790	1,519	--
南部地區	臺南市	0	5,364	5,513	2,032	--
	高雄市	1,884	5,162	5,307	0	--
	嘉義市	238	272	281	238	--
	嘉義縣	1,674	1,915	1,973	1,676	--
	屏東縣	985	1,126	1,160	986	--
東部地區	臺東縣	465	533	549	465	--
	花蓮縣	689	784	814	690	--
總計		13,341	34,193	38,400	13,505	--

說明：全臺影響幅度 30% 之模擬已超出模型求解範圍。