

出國報告(出國類別：研習)

# 黑殭菌應用、量產技術及鱗翅目害蟲非 農藥防治技術研習

服務機關：行政院農業委員會高雄區農業改良場  
出國人職稱：助理研究員  
姓名：曾敏南、黃祥益  
出國地區：加拿大  
出國期間：100年9月21日至100年9月30日  
報告日期：100年12月20日

## 內容摘要：

本研習目的主要為前往加拿大學習黑殭菌(*Metarhiziu spp.*)應用、量產技術及鱗翅目害蟲非農藥防治技術。主要訪問研習單位為加拿大農業及農業食品部(Agriculture and Agri-Food Canada)所屬太平洋農業食品研究中心 Summerland 試驗站(Pacific Agri-Food Research Centre, Summerland)及萊斯布里奇大學(University of Lethbridge)。太平洋農業食品研究中心 Summerland 試驗站與主要的非農藥害蟲研究人員討論加拿大研究單位在溫帶果樹害蟲非農藥防治目前研究重點、研發方向及研究成果應用，藉由該中心研究方向及思考方向作為國內害蟲非農藥防治的研究參考。萊斯布里奇大學主要研習項目為黑殭菌在害蟲防治上之應用及量產技術。加拿大哥倫比亞省及亞伯達省重要作物主要為蘋果、梨、櫻桃及大麥等。其中蘋果透翅蛾為蘋果及櫻桃等果樹之重要害蟲，雌蟲產卵於樹幹基部，卵孵化後鑽入樹中危害。幼蟲於樹皮下之取食隧道內越冬，來年春天羽化後再次產卵危害。加拿大農部太平洋研究中心之研究團隊，利用性費洛蒙進行誘引及監測、利用微小赤眼卵寄生蜂(*Trichogramma plantneri*)進行生物防治，且篩選對微小赤眼卵寄生蜂無害但對蘋果透翅蛾具有侵染專一性的白殭菌(*Beauveria spp.*)進行防治。亞伯達省(Alberta)的卡加利(Calgary)一帶具有大面積之大麥田，蝗蟲為其重要害蟲之一。萊斯布里奇大學透過選擇性培養基之篩選方法再配合巢式聚合酶鏈式反應(nested PCR)，由加拿大本土大量篩選黑殭菌菌株，使用蝗蟲進行生物檢測(bioassay)進而選出對蝗蟲具有良好殺蟲能力之黑殭菌。

## 目次

### 頁次

一、目的	1
二、行程	1
三、過程	2
四、心得及建議	15

## 一、目的

加拿大為北美重要的農業國，境內之自然資源豐沛，且其自然及林業資源為國家重要財政來源，政府極重視自然生態保育。對於農業生產、公共綠地及庭園病蟲害防治均盡力避免使用農藥，故其對於非農藥防治資材、生物性資材及生物防治技術研發相當重視。本次研習主要目的為訪問進行非農藥防治與生物防治相關研究之加拿大農部所屬農業試驗站及萊斯布里奇大學，學習其相關領域研究現況、概念、方法及未來發展方向，期望將相關技術及概念引入國內，做為相關研究的參考。

## 二、行程

日期	地點	說明
9月21日	屏東 桃園 溫哥華(Vancouver)	去程
9月22日	溫哥華 加拿大農業及農業食品部 太平洋農業食品研究中心 Summerland 試驗站	非農藥及生物防治技術研習
9月23日	加拿大農業及農業食品部太平洋農 業食品研究中心 Summerland 試驗站 溫哥華	非農藥及生物防治技術研習
9月24日	溫哥華	例假日、超市、零售業者蔬菜行銷及保鮮訪查，資料整理
9月25日	溫哥華	例假日、超市、零售業者蔬菜行銷及保鮮訪查，資料整理
9月26日	溫哥華 卡加利(Calgary) 萊斯布里奇	前往萊斯布里奇路程

	(Lethbridge)	
9 月 27 日	萊斯布里奇大學(University of Lethbridge)	黑殭菌應用及量產技術研習
9 月 28 日	萊斯布里奇大學(University of Lethbridge)	黑殭菌應用及量產技術研習
9 月 29 日	萊斯布里奇 卡加利	回程
9 月 30 日	卡加利 溫哥華	回程

### 三、過程

#### (一)研習國家-加拿大：

加拿大 (Canada) 是全世界面積第二大的國家，幅員遼闊，地理位置於北美洲的北半部，東臨大西洋，西濱太平洋，南與美國為界，北臨太平洋達北極圈，全境面積約有 998 萬平方公里，其中農業耕地面積約佔 7%。全國人口約 3300 餘萬人，人口密度每平方公里約有 3.3 人，相較於台灣每平方公里有 671 人，可以說相當的低，官方語言為英文和法文，境內分為 10 個省 (British Columbia, Ontario, Quebec, New Brunswick, Nova Scotia, Prince Edward Island, Newfoundland) 及 北方 3 個特區 (Yukon, Northwest, Nunavut)，首都是位於安大略省的渥太華 (Ottawa)，人口主要分布於東部的安大略省 (Ontario) 和魁北克省 (Quebec)，多倫多 (Toronto) 為其經濟發展之重心。

加國氣候受緯度、地形和海洋影響，各地溫度與降雨量亦隨季節變化而有不同。氣溫低、夏季短、冬季長為其特徵。西北太平洋沿岸夏天涼爽乾燥，冬天多雲潮溼，溫哥華附近，因受太平洋暖流影響，較為溫濕，冬天下雪較少，夏季涼爽。西岸內陸氣候變化大，冬天洛磯山脈上蓋滿積雪，冷風吹襲；夏天山谷陰蒼乾燥，氣候炎熱，本次參訪的太平洋農產品研究中心 (Pacific Agri-Food Research

Centre-PARC) 即坐落於此。越過積雪量多的洛磯山脈，愈往中央地帶，大陸性氣候愈形明顯，冬季長寒，夏天短熱，本次參訪的萊斯布里奇大學 (University of Lethbridge) 即坐落於此。中西部為平原帶，利於農牧發展，全年雨量稀少，溫差很大。大西洋沿岸各省寒冷多雨。北部屬寒帶終年結冰，嚴寒徹骨，礦產資源豐富，育空地區為冬季極光之觀賞地點。加國東部為丘陵地帶、森林茂盛；東南部氣候適中，土壤肥沃。加國全境多湖泊，淡水資源佔約全球兩成。

加拿大為世界第七大糧食生產國，可耕地面積約 4600 萬公頃，永久性放牧面積約 2800 萬公頃，農場為農業生產之基本單位，全國農場總數約 25 萬個，平均規模約 300 公頃，規模 100 公頃以下的小農場占 45%，500 公頃以上的大農場占 10%。加國南部的大草原地區為最重要的農業區，橫跨三個省 Alberta、Saskatchewan 與 Manitoba，此區土壤以棕壤和黑土為主，有機質含量約 3~8%，保肥性狀良好，主要的農作物為小麥、大麥、油菜和豆類。

## (二)參訪單位

本次研習橫跨兩個省份以及的三個研究單位。第一個前往研習地點為卑詩省 (British Columbia) 夏地 (Summerland) 的太平洋農產品研究中心 (Pacific Agri-Food Research Center)，隸屬於加國農部 (Agriculture and Agri-Food Canada)；第二個地點位於亞伯達省 (Alberta) 的萊斯布里奇大學 (University of Lethbridge) 與同屬於加國農部的萊斯布里奇研究中心 (Lethbridge Research Centre)。

### 1、加拿大農業及農業食品部太平洋農業食品研究中心 Summerland 試驗站

Summerland 試驗站為農業及農業食品部太平洋農業食品研究中心設於英屬哥倫比亞省的試驗站之一，該地區為重要的溫帶水果產地，主要的果樹為蘋果、西洋梨、桃、李、葡萄及櫻桃等。由於 Summerland 試驗站所在地區氣候乾燥少雨，作物主要生育季節為夏、秋兩季，所以害蟲危害情形較嚴重，故其害蟲防治是其研究重點工作。

Summerland 位於河谷地區，有二個大湖的調節溫度 (Okanagan Lake and Skaha

Lake)，因此氣候溫和，即使冬季期間也下雪不多，所以成為加西重要的水果產地，也因為此地區雨量極少，蟲害危害較病害嚴重得多，且附近山上森林常常受林火危害。PARC 主要的研究方向為：藥用植物、果樹與溫室蔬菜栽培、病蟲害防治、細胞與分子生物學和植物病理學，土壤資源保存、植物基因保存與畜產品生產研究。PARC 與卑詩大學（University of British Columbia）分校有建教合作，主要研究方向為土壤生化、營養與微生物以及露天（或設施）蔬菜害蟲防治。PARC 共有 56 研究人員，全所人員總共 179 人，試驗田區合計 600 公頃以上。

本次參訪PARC主要接待我們的是Dr. Tom Lowery，研習蟲媒病害防治。Dr. Lowery主要的專長為葡萄害蟲與菌質體整合性防治、蟲媒病毒管理與流行病學、蚜蟲病毒研究。他帶我們拜會PARC的研究主管Dr. Kenna Mackenzie（Research manager），Dr. Mackenzie表示雖然單位內的亞洲人大半來自中國，但也歡迎台灣研究人員前往做短期的訪問研究。Dr. Lowery也帶我們拜會他的研究團隊：Dr. Mike Smile研究昆蟲毒理學與性費洛蒙應用、Dr. Gary Judd研究農用藥劑對昆蟲感受性與生態的影響、Dr. David Theilman研究分子昆蟲病毒學、Dr. Joan Cossentine研究白殭菌應用於昆蟲生物防治。以下介紹其重要的研究內容。

(1)蘋果透翅蛾(apple clearwing moth, *Synanthedon myopaeformis*)生物防治：蘋果透翅蛾是源自歐洲蘋果害蟲，北美洲於 2005 年在一處有機果園中首次被發現，在加拿大英屬哥倫比亞省屬於較新的害蟲，但由於該地區乾燥少雨，適合蘋果透翅蛾繁殖，也因此在地造成經濟危害。雌成蟲產卵於樹幹，卵孵化後初齡幼蟲鑽入樹皮下方取食危害；隨著齡期增加，幼蟲啃食樹幹的能力逐漸增加，最後可鑽入樹幹內取食，嚴重時造成植株死亡；尤其幼年樹更易因此加快致死速度。加拿大農部之研究團隊，採用性費洛蒙進行監測及誘殺，再配合微小赤眼卵寄生蜂的施放應用以及專一性的昆蟲寄生真菌-白殭菌-的應用，而達成非農藥的綜合防治方法。

傳統的生物防治利用性費洛蒙誘殺，但效果有其限制，例如，僅能誘殺單一性

別之成蟲，專一性強，效果持續性短。該試驗站的昆蟲化學生態(Insect Chemical Ecology)研究室發現蘋果花所散發出來的味道對於蘋果透翅蛾雄蟲或雌蟲皆具有良好的誘引能力，藉由此特性，該研究室利用氣相層析分析儀分析蘋果開花時所散發出來吸引蘋果透翅蛾成蟲的氣味化學成分，將蘋果花氣味成份逐一分開後，再將單一氣味分子進行蘋果透翅蛾成蟲的誘引測試。

該研究室利用通道誘引試驗(flight tunnel study)，觀察何種氣味分子可透過通道之擴散而吸引蘋果透翅蛾成蟲。最後該研究室發現可同時吸引雌性或雄性成蟲的化合物。再應用此化合物混合殺蟲劑製成膏劑塗抹於樹枝，誘引劑吸引成蟲前來取食，將成蟲殺死。其優點在於，不論雌性或雄性成蟲均可誘殺；無專一性，同一配方可吸引 5 種不同之透翅蛾前來取食；效果可維持達 150 天。而且使用之農藥量相當少。此外，另一項蘋果重要害蟲-蘋果蠹蛾(codling moth)亦利用上述概念，由蘋果中純化出兩項可吸引蘋果蠹蛾成蟲之化合物：乙酸(acetic acid)及梨脂[pear ester (ethyl-*E,Z*-2,4-decadienoate)]。經實驗發現將乙酸及梨脂混合時，可同時誘引雌蟲及雄蟲。

(2)蟲生真菌之利用；主要是由Dr. Joan Cossentine所主持的計畫，以白殭菌防治鱗翅目害蟲，包括蘋果透翅蛾。該團隊由田間受白殭菌感染的蘋果透翅蛾蟲屍上分離病原菌，再進行蘋果透翅蛾接種及防治試驗，透過此方式而得到可以有效侵染蘋果透翅蛾的菌株。然而，由於該研究團隊同時以微小赤眼卵寄生蜂的施放應用來防治蘋果透翅蛾，但是研究發現該團隊所篩選出之白殭菌菌株雖然可有效且順利感染蛾類幼蟲，但同時也會感染蛾類幼蟲身上的寄生蜂幼蟲及寄生蜂成蟲因而大大降低白殭菌及微小赤眼卵寄生蜂的可應用性。另外，對於蜜蜂等受粉昆蟲亦造成傷害。為解決此問題，該研究室篩選出一株白殭菌菌株，可感染鱗翅目幼蟲而致死，但對於寄生蜂無害。此菌株在田間應用的價值極高。但其與一般微生物產品相同，對於紫外線抵抗力微弱，在田間使用上是一大障礙，目前以添加紫外線保護劑的方式，減少紫外線的傷害。



(3)分子病毒學之研究：Summerland試驗站的植物病毒研究主要由Dr. Yu Xiang所主持，其研究方向如下：A. 病毒田間保存，利用隔離果園以活體保存的方式保存果樹病毒，作為病毒研究材料的來源，由於植株感染病毒後會逐漸凋亡，該試驗站利用嫁接保存，以維持病毒存在。病毒田間保存的主要目的為維持病毒的致病力，病毒經常在人工培養後其致病力逐漸減弱或產生變異，與原始所採集之病毒株不同。但建立保存病圃最大的問題是病毒散逸及保存的病株本身也會因感染而死亡。由於此試驗站的作法為建立獨立的隔離病圃，管制人員進出，並利用嫁接方式維持病株。除本身研究之外，該試驗站亦提供病毒種原學術交換。B. 建立植物RNA病毒的基因序列(genomic sequence)資料庫，作為病毒鑑定及相關研究的基本資料庫。C. 建立偵測RNA病毒的方法，主要以分子標誌方式偵測。D. 病毒演化(virus evolution)研究，著重於病毒、寄主與環境間的交互作用，探討環境壓力下對病毒變異頻度及寄主抗性間的關係，三者間的交互作用與病毒的致病性、變異及危害程度有密切相關性，也影響到病毒病防治策略。



圖 1. Dr. Judde 解說該團隊利用氣相層析分析儀分析花香味中的成份，而篩選出可誘引蘋果透翅蛾的物質。



圖 2. Dr. Cossentine 解說該團隊篩選應用對蘋果透翅蛾具有專一性侵染能力的白殭菌菌株，且該菌株不會危害透翅蛾的寄生蜂（微小赤眼卵寄生蜂）。



圖 3. Summerland 主要作物之一-西洋梨



圖 4. Summerland 主要作物之一-蘋果



圖 5. 蘋果重要害蟲：蘋果透翅蛾

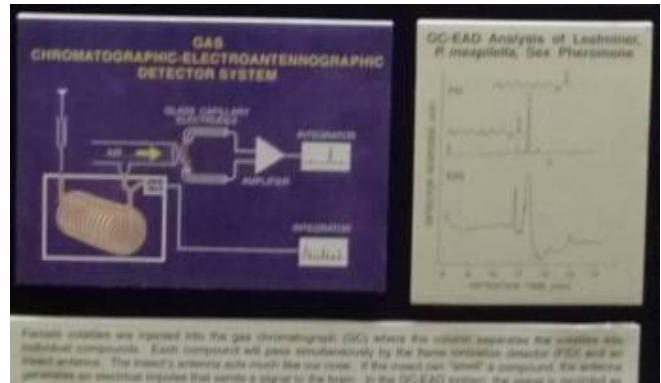



圖 6. Dr. Judde利用氣相層析儀分析蘋果花中的成份，並成果獲得可同時誘引蘋果透翅蛾雌蟲及雄蟲的誘引物質。

## PHEROMONES

Using chemicals to modify insect behaviour represents a unique approach to the management of insect populations. These chemicals offer several advantages of which the foremost is environmental and human safety.


### USES OF PHEROMONES

#### MONITORING



Synthetic pheromone-baited lures that mimic female insects are utilized to attract males to traps. Trap captures can be used to estimate adult insect activity patterns and abundance. This information improves timing and placement of insecticides, consequently less insecticide is applied.

#### ATTRACT AND KILL



With this approach, males are attracted to a source and killed. The conventional approach has been to use traps lined with adhesive, but advances in technology have allowed slow-release formulations of small particles that emit both a pheromone blend and an insecticide. Male insects of the target species are attracted and exposed to a contact insecticide when they attempt to mate with the particles. In addition to being species specific, this method utilizes very little insecticide.

圖 7. Dr. Judde將性費洛蒙與低量農藥結合後製成膏劑施用於蘋果樹上誘引蘋果蠹蛾或蘋果透翅蛾，可有效吸引害蟲及殺害。

## 2、萊斯布里奇大學(University of Lethbridge)

萊斯布里奇 (Lethbridge) 是一個小鎮，位於加拿大國土西側，於洛磯山脈東邊的亞伯達省 (Alberta) 南部。每年由西南方太平洋海面吹來的溫暖潮濕的空氣吹過溫哥華及美國華盛頓州後，隨著洛磯山脈上昇，在洛磯山脈上方水氣被凝結留置在山上。通過洛磯山脈後吹到東側時已相當乾燥，因此位於洛磯山脈東側的卡加利(Calgary)至萊斯布里奇一帶的氣候相當乾燥。萊斯布里奇這個小鎮具有一所萊斯布里奇大學 (University of Lethbridge)，此鎮人口約八萬人，大學生就佔了 8000 人，是個典型的大學城。此大學主要以商學院、社會科學院、藝術學院、人文學院、公共衛生學院、水與環境資源研究、天文學研究與腦神經科學研究而聞名。大學部每學期學分費約 900~1300 加幣，一年有三個學期，農家子弟的學生，大多於夏天 7~8 月農忙期不安排課程，選擇返家幫忙耕作與採收。

耗資 4,000 萬加幣興建的水與環境資源大樓 (Alberta Water & Environment Science Building - AWESB) 於 2008 年完工，包含有三個系所：生物系 (Biological Sciences)、地理系 (Geography) 與天文物理學系 (Physics and Astronomy)，本次主要拜訪的教授為 Dr. Dan Johnson，研習地理資訊系統應用於害蟲防治，Dr. Johnson 的實驗室就坐落於 AWESB 大樓裡。

### (1)黑殭菌的篩選及應用：

前方提及卡加利(Calgary)至萊斯布里奇一帶的氣候相當乾燥，且因為乾燥因此這一帶主要作物為小麥，而蝗蟲則為其重要害蟲。萊斯布里奇大學Johnson教授主要的專長為害蟲生物防治、農業生態系研究、水資源與氣候變遷研究，在農業方面，致力於開發對環境友善，不污染土壤和水資源的害蟲生物防治。他透過選擇性培養基之篩選平台，再配合巢式聚合酶鏈式反應 (nested PCR)，由加拿大本土大量篩選出黑殭菌菌株，接著使用蝗蟲進行生物檢測(bioassay)進而選出對蝗蟲具有良好殺蟲能力之黑殭菌。成功開發黑殭菌 (*Metarhizium anisopliae*) 防治蝗蟲 (grasshopper)。

A. 黑殭菌之篩選系利用選擇性培養基再配合 nested PCR 進行種及變種的篩選，其方法如下(以篩選 *Metarhizium anisopliae* var. *Anisopliae* 為例)：

- I. 以鑽土器鑽取長 20 公分，直徑約 2.5 公分的土條。
- II. 由土條中取 20g 土壤，置於 500ml 三角瓶中，並加入 200ml 經滅菌的 Ringer's solution。(取土時，藥匙需經過 75% 酒精消毒，避免樣品間之交互污染。
- III. 將三角瓶置於水平震盪器上，以 150rpm 震盪 30 分鐘。
- IV. 取 100ul 以 1:10 序列稀釋，每個稀釋液取 100ul 塗抹於 mycological agar (Difco)，培養基中含有 50ug/ml chloramphenicol、200ul/ml cycloheximide 以及 10ug/ml dodine。每個稀釋液塗抹 5 重複。
- V. 培養皿以 Parafilm 封住並置於 25°C 中培養 20 天。選取長出之菌落進行繼代培養，並編製編號。選出之菌株再利用 nested PCR 進行鑑定，以確認其種及變種名。
- VI. 每製作一匹選擇性培養基後，即取一株 *M. anisopliae* var. *anisopliae* 接種於該匹培養基上做為 positive control。

B. 菌株之分子鑑定，以 *Metarhizium anisopliae* var. *Anisopliae* 為例：

- I. 先以 Ma-28S4 及 Ma-IGS1 為引子進行 PCR。配方如下  
總體積 50ul 的反應液中包含下列反應物：

20mM Tris, pH8.3

50mM KCl

1.5mM MgCl<sub>2</sub>

0.1% Triton X-100

0.4 uM of each primer

25 uM of each dNTP

2.5 units Taq DNA polymerase

template DNA

Primer sequence:

Ma-28S4 CCTTGTTGTTACGATCTGCTGAGGG

Ma-IGSI CGTCACTTGTATTGGCAC

## II. PCR 條件

步驟	目的	溫度(°C)	時 間 (min)	cycles
1	Initial denaturation	94	5	1
2	denaturation	94	1	
3	annealing	58	1	
4	extension	72	2	30(回到步驟 2)
5	final extension	72	5	1

III. PCR products 以 1% TAE agarose 分析。

IV. 取 1ul 上一步驟之反應液做為 template DNA，進行 nested PCR。使用 primer：Ma-IGSspF 及 Ma-IGSspR。反應液如上述。

Primer sequence

Ma-IGSspF CTACCYGGGAGCCCAGGCAAG

Ma-IGSspR AAGCAGCCTACCCTAAAGC

## V. PCR 條件

步驟	目的	溫度(°C)	時 間 (min)	cycles
1	Initial denaturation	94	5	1
2	denaturation	94	1	
3	annealing	54	1	
4	extension	72	2	30(回到步驟 2)
5	final extension	72	5	1



圖 8. 卡加利至萊斯布里奇一帶主要作物為大麥

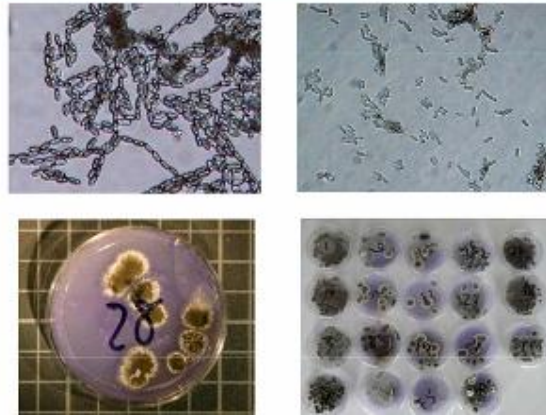


圖 9. Dr. Johnson 利用選擇性培養進行 *Metarhizium anisopliae* 菌株篩選

## (2)地理資訊系統(GIS)對蝗蟲防治之應用

Dr. Johnson 除了研究蝗蟲的生物防治外，亦應用地理資訊系統，預測亞伯達省地區每年蝗蟲之族群數量，作為農民或政府單位防治基準參考。因為加國幅員遼闊且人力成本高，要長期收集各地區相關蝗蟲族群不容易，因此 Dr. Johnson 利用研究室的實驗，準確測量蝗蟲孵化的土壤溫濕度與時間，以及完成一個世代所需的時間，再將氣象資料導入地理資訊系統，運用簡單的相關分析（simple correlation）與改良式卡方分析（modified chi-squared procedure），即可預測今年蝗蟲可能消長區域與時間，尤其是濕冷的冬天以及溫暖又乾旱的秋天和低密度的蝗蟲族群有著密切的關係，Dr. Johnson 也表示要預測蝗蟲族群的衰退時間比較容易，預測精準的爆發時間則較為困難。



圖 10. 萊斯布里奇大學的水與環境資源大樓



圖 11. Dr. Johnson 實驗室研究人員  
Mr. Zhe Zhang 介紹實驗室蝗蟲飼養



圖 12. Mr. Zhe Zhang 介紹 GIS 的應用



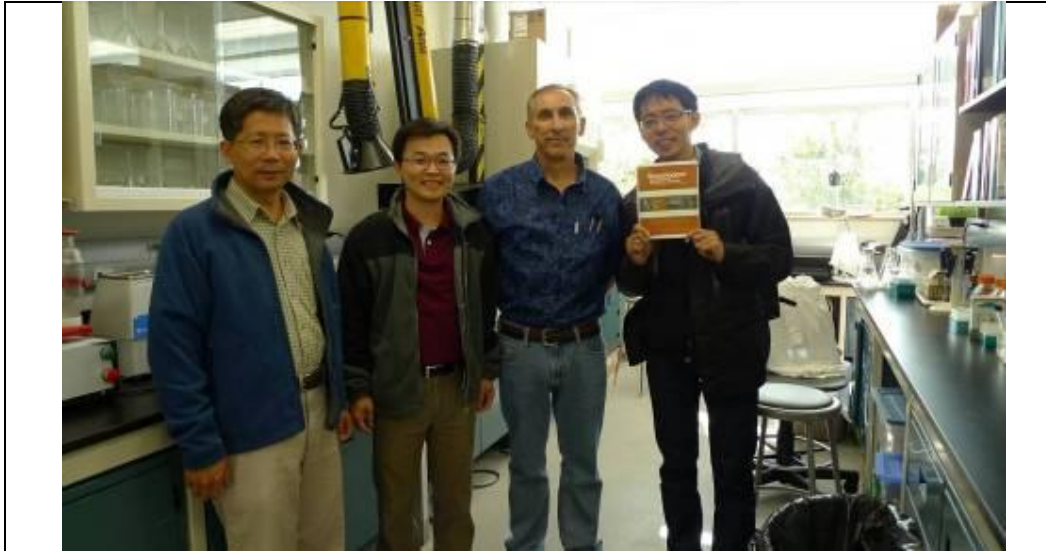


圖 13. 高雄場曾敏南與黃祥益以及花蓮場巫宣毅(右一)與 Dr. Johnson 合影，巫宣毅手持 Dr. Johnson 所贈之「加國常見蝗蟲分類圖鑑」。

### 3. Lethbridge Research Centre

在 Lethbridge 有一農業研究機構-Lethbridge Research Centre (以下簡稱 LRC) , LRC 是加拿大農部 19 個研究單位中最大的一個，主要的研究方向為環境健康、食品營養與安全、農業灌溉系統、畜產品產量及品質技術研發。成立超過 100 年的 LRC，記錄著 100 以上的氣候資料，擁有 54 位專業研究人員，全所人員合計 350 位，試驗田區佔地達 500 公頃。Lethbridge 位於 Alberta 省南部，地處加國內陸的平原地帶，氣候乾燥且日夜溫差大，農業灌溉研究為其重要課題，主要的農作物為牧草，因此境內畜牧業發達，所生產的牛肉品質為加國第一名。

Dr. Johnson 的專長為生物地理資訊系統分析、昆蟲分類學與蟲生真菌應用於生物防治，因此需要有分子生物學專長的專家互相合作，以利微生物鑑定與分析，Dr. Lawrence M. Kawchuk 就是他在 LRC 的長期研究夥伴。Dr. Lawrence 主要的專長為園藝作物病害防治策略研究以及如何增加食品安全與品質，在他的實驗室內可以看到許多運用分子標記來鑑定與分類作物真菌病害的電泳圖，在 2008 年與 Dr. Johnson 共同發表 "Discovery of a North American genetic variant of the entomopathogenic fungus var. *anisopliae* pathogenic to grasshoppers" 。

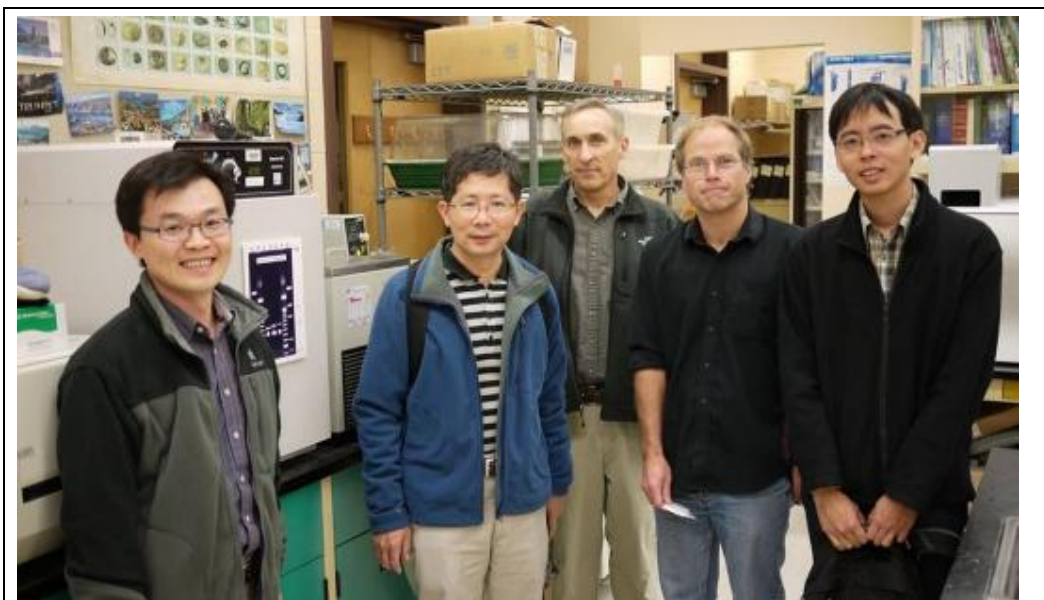


圖 14. 與 Dr. Lawrence M. Kawchuk 於實驗室合影

#### 四、心得及建議

- (一)加拿大農部試驗站對於蟲害生物防治研究，雖然仍以傳統化學誘引、蟲生真菌、病毒等方式為主軸，但其觀念及方法已跳脫傳統的概念，例如性費洛蒙誘殺雄蟲，改以植物揮發性物質誘引，可以獲得更好的效果，值得國內作為防治參考，諸如東方果實蠅、瓜實蠅、斜紋夜盜等重要害蟲防治。
- (二)傳統上蟲生真菌主要透過採集而得，主要由受感染的蟲屍上發現再分離培養，其優點是可確認菌株對昆蟲之致病性，但缺點則是收集過程需耗費大量人力及時間。萊斯布里奇大學利用選擇性培養基並配合序列檢測可大量及快速收集菌株，但其缺點則是不了解每個菌株對蟲體的致病性。然而，其方法可快速的得到大量菌株，只要在輔以蟲體上的生物檢定，則可有效篩選出具有致病力的蟲生真菌。
- (三)加拿大研究單位間的跨領域合作非常頻繁，是該國科學研究發展較快速的重要因素，值得國內機構學習。