

出國報告（出國類別：研習）

蟲生病原真菌生物製劑之量產及配 方研究

服務機關：行政院農業委員會花蓮區農業改良場

姓名職稱：林立 助理研究員

派赴國家：紐西蘭

出國期間：中華民國九十九年一月二十五日至二月七日

報告日期：中華民國九十九年四月十二日

壹、摘要

本次研習赴紐西蘭學習蟲生病原真菌(insect-pathogenic fungus)生物製劑之量產及配方研究，研習過程針對當地主要研究的蟲生真菌種類、培養方式、製劑品質控制、生物性測定以及田間施用效果評估等主題進行探討，同時了解該研究單位分工合作的重要性。另外參訪林肯大學環境保護研究團隊(Bio-protection centre)，了解生態系統服務(ecosystem service)的概念，並利用植物操作手法巧妙地將特定天敵引進農園裡，不僅減少化學農藥施用，更對於生態環境和人類有莫大助益。紐西蘭農業特別重視永續利用的概念，廚餘製作堆肥、廢棄物做為防治病蟲草害資材等應用，不浪費一絲一毫大自然可利用的資源，氣候變遷對於生態平衡的變化更是一門重要的課題。研習過程中深刻體會到，研究機構和學術單位竭盡所長互相合作，使得紐西蘭在有機農業研究成果發展迅速。

貳、目次

壹、	摘要-----	1
貳、	目次-----	2
參、	目的-----	3
肆、	行程-----	4
伍、	研習過程與心得	
	一、研習過程-----	5
	二、研習心得-----	20
陸、	建議事項-----	22
柒、	誌謝-----	23
捌、	附錄-----	24

參、目的

目前國內政府積極推動有機農業面積倍增政策，期望打造一個對人類安全、對生態友善的環境。而台灣由於位處亞熱帶，高溫潮濕的環境使得有機農業栽培過程中病蟲害的控制更加困難。現今法規訂定可使用於有機農業的病蟲害防治資材數量有限，因此近幾年各研究單位積極開發微生物製劑以防治病蟲害，然而微生物製劑開發過程中常會遭遇許多瓶頸，例如最終的劑型型態、如何維持製劑保持穩定的致病力等等，都是需要克服的部份。另外有機農業在操作前期如何先建立良好的有機環境，將有益天敵或微生物引導至田間當中以達最速效的生物防治成果，也是有機栽培相當重要的工作，因此期望藉由本研習過程，將國外的微生物製劑發展技術和有機農業生態操作技術帶回台灣，提供國內農業試驗研究人員參考，以發展適合本土的生物防治技術。

肆、行程

Date	Study topic	Supervisor	Location
1/24-25	桃園機場出發，澳洲布里斯班轉機抵達紐西蘭基督城		紐西蘭基督城
1/26	<ul style="list-style-type: none"> ● 微生物製劑研發團隊工作內容和環境介紹 ● 和雜草生物防治專家進行訪談 ● 其他團隊和實驗室巡禮 	<i>Dr. Glyn Francis and Tracey Nelson</i>	AgResearch
1/27	<ul style="list-style-type: none"> ● 蟲生病原真菌分離 ● 各種培養基製作 ● 蟲生病原製劑效果評估 	<i>Tracey Nelson</i>	AgResearch
1/28	<ul style="list-style-type: none"> ● 固體培養基大量產孢方法 ● 參觀製劑產生過程 ● 品質管控 	<i>Tracey Nelson</i>	AgResearch
1/29	<ul style="list-style-type: none"> ● 蟲生病原製劑田間施用及效果評估 	<i>Tracey Nelson</i>	AgResearch
1/30	<ul style="list-style-type: none"> ● 有機菜園參訪 	<i>Nicole Bhurs</i>	Canterbury
2/1	<ul style="list-style-type: none"> ● 拜訪 Bio-Protection Research Centre ● 各實驗室巡禮 	<i>Dr. Stephen Wratten</i>	林肯大學
2/2	<ul style="list-style-type: none"> ● 田區生態多樣化操作與害蟲生物防治 	<i>Dr. Stephen Wratten</i>	林肯大學
2/3-4	<ul style="list-style-type: none"> ● 氣候變遷與生物防治 ● 天敵棲息之植物研究 	<i>Dr. Marco Jacometti and Sofia Orre</i>	林肯大學
2/5	<ul style="list-style-type: none"> ● 參觀 Biological Husbandry Unit 有機農場及廚餘堆肥製作課程 	<i>Dr. Bill Martin</i>	BHU (Organic training collage)

伍、研習過程與心得

(壹) 研習過程：

一、研習國家介紹：

紐西蘭(New Zealand)位於南半球，包含北島和南島，兩島面積共 27 萬平方公里(約台灣的 4 倍)，人口約 4 百萬人(約台灣的 1/4)，國民多為英後裔，性格習俗隨祖傳，坦誠直率無拘束，生活樂趣頗廣泛，待人盛情重禮貌熱情好客。毛利人(Māori)是紐西蘭的原住民，毛利人能歌善舞，吃的食物是從島群帶來的甘薯，芋頭，山芋等蔬菜。紐西蘭以歐洲文化為主流，近年來亞洲移民日增，中國人、日本人和韓國人也佔有相當的比例。

紐西蘭農牧產品出口量佔其出口總量的 50%，羊肉和粗羊毛的出口量均居世界第一位。紐西蘭人口不過四百多萬人，但專業的農業發展，在國際展現競爭實力，像是和紐西蘭畫上等號的奇異果和 Fonterra 乳製品等多項農產品靠的就是建立國際品牌形象成功的策略，讓紐西蘭農產品在國際市場站穩一席之地。工業以農林牧產品加工為主，主要有奶製品、毛毯、食品、釀酒、皮革、煙草、造紙和木材加工等輕工業，產品主要供出口。農業高度機械化。主要農作物有小麥、大麥、燕麥、水果等。糧食不能自給，需從澳大利亞進口。畜牧業發達，是紐西蘭經濟的基礎。

紐西蘭首都為威靈頓(Wellington)，位於北島最南端，地理位置剛好是紐西蘭的中心。而本次研習的地點位在紐西蘭南島的基督城(Christchurch)市郊，基督城是僅次於奧克蘭(Auckland)和威靈頓的第 3 大城市。

二、研習單位介紹：

本次研習的兩個單位分別為「AgResearch」(研究機構)和林肯大學(Lincoln university)，皆位於南島北部的坎特伯里平原上，距離基督城市區約 30 分鐘車程。這兩個單位相互毗鄰且有部分的合作關係，其介紹如下：

(一) AgResearch

AgResearch 是紐西蘭最大的農業研究機構，該機構位置分布於北島和南島共 4 個地點，其研究領域主要包含「農業與環境」、「應用生物技術」、「食品與紡

織」3 個團隊，而本次研習的內容屬於「農業與環境」團隊底下的「生物防治、生物安全與生物製程組」(Biocontrol, Biosecurity & Bioprocessing section)。該研究團隊位於南島的坎特伯利(Canterbury)平原。研究的經費一半由國家負擔，一半靠機關本身爭取。

(二) 林肯大學(Lincoln university)

林肯大學位於南島的基督城(Christchurch)西南方市郊，距離基督城市區大約 30 分鐘車程，在紐西蘭所有大學當中以農業研究著名，學生人數約 14,000 人。包含農業和生命科學學院、商學院、環境與社會及設計學院。而本次研習的單位為農業和生命科學學院底下的環境保護系(Bio-protection centre)，指導教授為 Dr. Steve Wratten，主要研究內容在於農業操作過程中發展一套增加有益天敵數量，同時也減少化學物質使用，達到對於生態環境和人類健康都雙贏的作法。Dr. Steve Wratten 帶領了一個團隊分工合作執行這項主題，團隊當中包含了博士與碩士約 10 人。

三、研習過程：

(一) 蟲生病原真菌

1/26 日早上前往 Agresearch 報到後，並辦理訪客相關手續，會見該單位的 Manager-Dr. Glyn Francis 之後，便開始進行研習。指導者 Tracey Nelson 小姐是一位相當耐心親切的紐西蘭人，專門研究紐西蘭當地害蟲的各種寄生性微生物(主要為真菌)，2/6-9 四天的研習內容都是由她幫忙安排，並且準備了一本筆者專用的資料簿，資料簿內已放妥研習的內容、實驗步驟和相關文獻，由此可見 Agresearch 對於訪客的用心和友善。由於本人所研習的實驗室為 P2 級實驗室，Tracey 要求必須遵守該實驗室的數項規定，包含實驗進行前務必穿上實驗衣，離開實驗室前除了脫掉實驗衣外必須徹底洗手以避免將微生物帶出實驗室、且不可穿著拖鞋。瞭解了實驗室內部規定與介紹後，接著 Tracey 帶領本人參觀其他實驗室，包含蟲生病原細菌研究實驗室、分子生物團隊、雜草生物防治研究團隊、小溫室等，藉由這樣的參觀和談話已大略了解各部門研究的主題、並且認識許多領域的專家，因此每天的午茶時間和大家碰面也比較有話題可聊。該單位目前除

了員工之外也有部分其他國家前來做博士後研究的研究人員。

在 Agresearch 四天主要研習內容如下：

1. 蟲生病原真菌分離及培養

(1) 固體培養基

A. 大量產孢

使用白米和水共同配製而成，並使用大型滅菌袋裝好滅菌，每袋白米大約 500 公克，經高溫高壓滅菌後，將整包米粒袋攤平，接種蟲生病原真菌入袋，袋口用錫箔紙和棉花等材料封好後，置於 25°C 控溫室內讓菌生長。

B. 選擇性培養基(selective media)

每一株菌在生長時所需要或是被抑制的養分，或化學藥物均有所不同，對於特定「屬」或「種」的微生物所特別製作含有特殊養分，或化學成分的培養基，以篩選出所需要的菌，稱為選擇性培養基。由於該實驗室研究的真菌以黑殭菌(*Metarhizium* spp.)和白殭菌(*Beauveria* spp.)居多，因此大多使用 PDA、JC 和 Brilliant Green Agar 三種選擇性培養基(詳見附錄)，並且可根據這 3 種培養基上生長的菌落型來鑑別是否為白殭菌或黑殭菌。

(2) 液體培養基

液體培養基可產生大量的芽生孢子(blastospore)，其配製方法同上述小型培養基，只是需再加入一定比例的洋菜膠(Agar)。液體培養基的錐型瓶使用棉花塞住封口，再用錫箔紙包覆，雙層保護可減少被其他菌種污染的機會。

液體培養基養菌的過程中必須置於振盪培養箱中，溫度則依照菌種不同而調整，轉速 200-250rpm，培養過程皆置於黑暗的條件下。



培養蟲生真菌之米粒培養基。



不同環境條件下培養蟲生真菌之液體培養基。

(3) 蟲生真菌培養過程的消長

在培養蟲生真菌的過程中，何時能夠達到產生孢子的最大量是一個重要的基本資料，而且依據不同溫度、光照、菌種和培養基，其產孢高峰都會隨之不同。因孢子吸收人為給予培養基養分後可不斷產孢至一個巔峰，之後待孢子開始長成菌絲時孢子數量便會往下降，降至一定程度則又開始繼續產孢，形成一個連續性的波浪狀孢子數量曲線圖，但這波浪圖以第一次的高峰為最高，第 2、3 次以後的孢子數量都不及第 1 次的量多，因此研究人員欲收集最大量的孢子就必須把握第一次的高峰期。以該實驗室白殭菌菌株 B17 而言，用米粒培養基培養、置於 25°C 黑暗條件下，其產孢高峰為接菌後的第 8 天。孢子收集後便可開始進行各項試驗或是製劑的製作。

2. 真菌品質控制

(1) 製劑有效成分含量確認

由於每批所製作的粒狀製劑所含蟲生真菌孢子的數量都不太一樣，因此在每批製劑施用前必須確認其有效成分的含量是否足夠，以作為田間施用前稀釋倍數的參考。將粒狀製劑溶於 10 倍的水中均勻搖晃，利用血球計數板置於顯微鏡底下計算孢子數目，一般而言濃度介於 1×10^8 -- 1×10^9 之間，該製劑的有效成分含量才足夠。

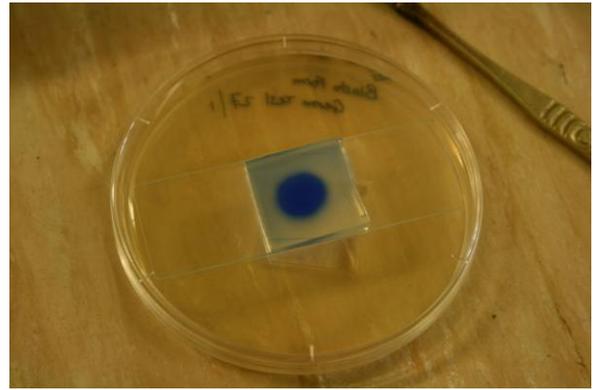
(2) 蟲生病原真菌毒性測試(Virulence test)

在每批製劑施用前，會再做一次感染力測試以確定該蟲生真菌的毒力。作法是準備一個舖上濾紙的培養皿，然後將粒狀製劑均勻溶解於 10 倍的 Triton 當中，取此孢子懸浮液把濾紙弄濕，放入 5 隻 *Tenebrio molitor*(麵包蟲)的幼蟲在濾紙上並給予食物，蓋上培養皿蓋後，裝入保濕塑膠袋內靜置三天，並觀察被感染的情況，每天都要補充食物給受試昆蟲，若該蟲生真菌感染力正常，則 1-2 天開始死亡，3 天後可逐漸觀察到白色菌絲開始穿透蟲的體表，表示該真菌已成功感染麵包蟲幼蟲。感染率必須在 80% 以上算是活性穩定。測試過程中仍要設置一組對照組，對照組濾紙滴上 Triton，其餘作法同處理組。

由於紐西蘭需要防治的農業害蟲大多都為鞘翅目害蟲，因此專家們都以麵包蟲做為病原測試的受試昆蟲，例如動物試驗當中大多以白鼠為試驗動物，植物病原測試以菸草作為受試植物的道理相同。



Tenebrio molitor(麵包蟲)作為
蟲生病原真菌的毒性測試昆蟲。



在培養基上滴上染劑計算發芽率。

(3)孢子發芽率測試

將適量的孢子懸浮液塗抹於 water agar 培養基上，靜置 24 小時，在培養基中央滴上 Lactophenol Blue 作為染劑，以染色點為中心用刀片割下長寬各約一公分的正方形 agar 片，置於載玻片上於顯微鏡底下計算發芽率，每次計算 100 顆孢子當中有幾顆不發芽，共觀察三次(300 顆孢子)，取其平均數，就筆者在顯微鏡底下觀察白殭菌孢子發芽的情形，其發芽率都在 90%以上，顯示其發芽率相當高，製劑品質穩定。

3. 製劑

Agresearch 有專門負責製作製劑的人員，名叫 David，專門有一個空間擺放機器來製造整個 Agresearch 的微生物製劑，David 一邊把糖粉倒入機器，另一邊打入溶於液體當中的微生物(有可能是真菌孢子、菌絲或是細菌)，機器轟隆轟隆的運轉，隨即整間密室都充滿了煙塵，因此操作人員必須戴上防塵口罩和眼罩以避免傷害。添加糖類物質是為了將這些微生物包裹起來，保持其穩定性，製作的機器結構以及如何製成則是該單位的機密，無法透露，但其原理就是把將糖類物質作為 biopolymer，減少蟲生真菌(或細菌)受到各種外界環境因素干擾而失去其活性，如此可增加架上儲存的壽命(shelf life)。



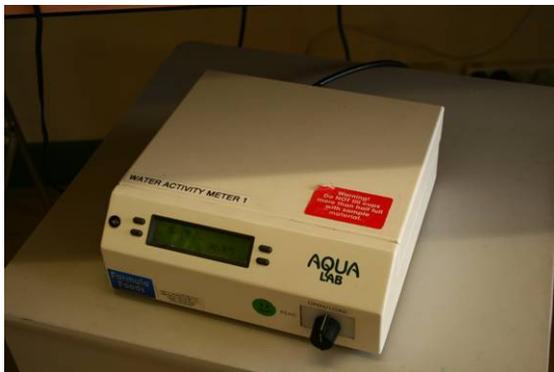
研究人員正進行製劑的製作。



最終產生的製劑型態。

製劑的架上壽命可透過 water activity(水活性)的測定而做為評估穩定性的指標，所謂 water activity 是指在密閉空間中物品的平衡蒸氣壓與相同溫度下純水的飽和蒸氣壓的比值。純水的水活性等於 1.0，一般而言細菌無法於水活性小於 0.91 的情況下生長，而真菌喜好生存的範圍通常介於 0.80 至 0.85 之間，低於 0.65 水活性微生物則無法生長，因此製劑的水活性和保存溫度就是架上儲存壽命的關鍵。負責此項工作的印度專家 Jayanthi Swaminathan 表示不同的微生物需要不同的 water activity，而 Agresearch 所有微生物製劑的穩定性測試都是由她進行。

由以上實驗室參觀的過程當中，筆者充分感受到該單位善用分工合作的方式，各司其職卻也互相協助，其研究的能量相對強大。



水活性分析儀器。



Agresearch 產出各種不同型態的製劑。

4. 田間施用

(1)施用方法

由於紐西蘭進行蟲生真菌防治的害蟲種類多為危害草皮的地下害蟲，尤其是專吃牧草根部的鞘翅目昆蟲，故須防治的面積較為廣大，因此 Agresearch 設計一台機器可將微生物製劑打入土壤裡，只要將微生物製劑倒入槽內，之後就可藉由底下的滾輪壓入土壤而將製劑帶進 2-5 公分的土壤深度，由田間卡車附掛此機器即可使用，操作相當方便。

Agresearch 對於研究的蟲生病原微生物都會研究出整套完整的施用技術，然後技術移轉給廠商，或是便宜賣給農民並教導他們如何使用。

以早期 Agresearch 針對紐西蘭的一種鞘翅目草皮害蟲(*Costelytra zealandica*) 身上採集到一種寄生細菌 *Serratia entomophila* 為例，就發展成一套 step-by-step 的操作步驟，農友只要照著 DM 上的作法進行即可，其步驟如下：

A. 二月份先評估農場內蟥蟯數量

農友可用鏟子挖取 8 英吋的土壤計算蟥蟯的數目，然後根據下列表格對照每平方公尺的蟥蟯數。

Average number of grass grubs per 8-inch spade spit	Equivalent number of grass grubs per square metre
3	75
4	100
5	125
6	150
8	200
10	250
12	300

B. 如果每平方公尺內超過 75 隻蟥蟯，則開始進行防治

C. 二月中和三月底各防治一次

D. 一公頃使用 30 公斤，打入土壤 2-5 公分深以防紫外線傷害

E. 施用後 6 個禮拜大約有 20%蟥蟯被感染

F. 施用後 12 個月蟻蟻數量減低為原來的一半

G. 施用後細菌可持續存在土壤中，防治效果可維持 5 年以上



防治草皮害蟲的真菌產品。



田間施用的機器。

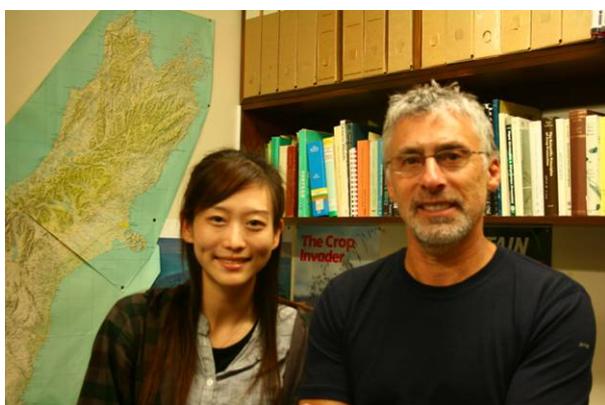
(2)效果評估

通常研究人員會去追溯先前施用的效果如何，可透過兩種方式，一種是取 20 公克土壤，加入 10 倍的 Triton 稀釋，計算當初所施用微生物的數量，藉由菌量的多寡評估是否足夠，不夠則要再追加。另一種方法則是計算每單位體積土壤中害蟲的數量或是被感染率(適用於地下害蟲)。

5. 雜草生物防治

第一天在 Agresearch 的第一個行程就是和雜草生物防治的 Dr. Graeme W. Bourdot 和 Dr. Geoff A. Hurrell 兩位專家進行訪談，了解紐西蘭的雜草防治發展現況。紐西蘭放牧草原的雜草問題相當嚴重，南島平均一年在畜牧產業上利用殺草劑防除雜草的費用為 27,000,000 紐幣(約 5 億 9 千多萬台幣)，Agresearch 的雜草研究團隊目前已針對牧草園中的雜草 *Cirsium arvense*(一種薊類)發展出生物防治方法，悉利用 *Sclerotinia sclerotiorum* 做為防治的材料。*Sclerotinia sclerotiorum* 是一種真菌，在台灣稱為菌核病，這種病原可感染萵苣、甘藍、韭菜等短期葉菜類作物，而在紐西蘭亦可感染上述的薊類雜草，他們針對了不同的施用時機、施用頻率、大量培養真菌方法以及施用方法進行測試，並找出一套最佳的田間防治技術。會談後 Dr. Geoff A. Hurrell 帶筆者參觀實驗室，並介紹了紐西蘭南島發生

最嚴重的五種雜草，除了上述的 *Cirsium arvense* 之外，還有 *Ranunculus acris* (giant buttercup)、*Senecio jacobaea* (ragwort)、*Carduus nutans* (nodding thistle) 和 *Cirsium vulgare* (Scotch thistle)，以及利用小麥做為培養基產生大量菌核病的菌絲。這套雜草生物防治方法對於台灣而言是一項相當新的技術，因為目前台灣在有機農業防治雜草的技術是藉由人工拔除、割草機、淹水或雜草抑制蓆等資材進行防治，尚未開發出任何生物防治，而很多作物無法以有機農法來操作的因素都是在於雜草的控制相當困難，因此這種利用植物病原真菌做為防治材料的技術值得台灣研究人員作為參考和發展。



筆者與雜草生物防治專家 Dr. Graeme W. Bourdot(右)合影。



紐西蘭放牧草皮的重要雜草 *Cirsium arvense*。



Dr. Geoff A. Hurrell 介紹培養真菌方式。



以小麥大量培養 *Sclerotinia sclerotiorum*。

(二) 農業害蟲生物防治

2/1 至林肯大學 Bio-protection centre 拜訪 Dr. Steve Wratten，Steve 是一位相當幽默風趣的英國人，其研究團隊主要針對生態和農業生物防治進行研究。第一

天藉由 Steve Wratten 教授幫筆者安排在各實驗室訪談當中，了解各實驗室的研究主題，包含蝴蝶物種、捕食性高山蝸牛、蜘蛛、蠋叟(Earwig)等具有生物防治潛力的當地生物，以及農業害蟲如小菜蛾的各種天敵等。Dr. Steve Wratten 表示，紐西蘭政府爲了減少農藥使用量以及減少人類因化學藥劑導致疾病所產生的醫療成本，該團隊即被賦予相當重要的使命，針對能夠減少農藥使用的各項生物防治技術進行研究。以下就該單位之研究現況進行敘述：

1.生態多樣與害蟲防治

由於釀酒葡萄是紐西蘭一個相當重要的農業產業，因此 Dr. Steve Wratten 的研究團隊有許多試驗都選擇在葡萄園進行，目前在葡萄園管理病蟲害的操作方式已有突破的成果：

葡萄園內最重要的病害和蟲害分別爲*Botrytis cinerea* (灰黴病)和*Epiphyas postvittana* (一種捲葉蛾)，俗名 Light Brown Apple Moth (LBAM)，而這種捲葉蛾對葡萄園主要的危害在於它會吐絲把自己和嫩葉一起捲起來，另外也取食葡萄果皮，或鑽入果肉內取食，取食葡萄果皮的傷口常常就會併發灰黴病，而防治這兩種病蟲害的方法一般是利用性費洛蒙、寄生性天敵、以及各種化學殺蟲殺菌藥劑。Dr. Steve Wratten的研究團隊爲了建立一套對環境和人類安全的防治方法，將蕎麥和一種Phacelia(田亞麻科)的植物混種於葡萄園的行間，這兩種植物所開的花朵會吸引寄生蜂前來取食，這些特定的寄生蜂同時也搜尋寄主而最後寄生在葡萄捲葉蛾(LBAM)上達到生物防治的效果。這種方式不僅可減少殺蟲劑的使用、灰黴病的發生率，另外也同時增加了葡萄園區的生物多樣和色調，對人類和環境而言是一種相當安全的操作手法。

其實這樣的防治方式是來自於一種Ecosystem service(生態系統服務)的概念，所謂Ecosystem service意思是藉由biodiversity (生物多樣性)提供更多的生態服務，這種服務包含直接和間接兩方面，例如瓢蟲和食蚜蠅等天敵昆蟲捕食害蟲，蜜蜂幫忙授粉，鳥類傳播種子...等等，都是對人類生存有莫大助益的「服務」，目前大約 95 個國家 1300 個研究者針對這樣的Ecosystem service進行研究，根據 2001-2005 年的研究結果顯示 60%的生態系統服務開始慢慢減少或無法支撐，而這種情況將嚴重影響人類的生存。專家們把生態系統服務分爲四類：

(1)供應式服務(Provisioning services)：泛指人類生存必須要的大自然產物，例如

食物、水、能源、建築物的原料等。

(2)調節式服務(Regulating services)：意指從大自然界當中獲得上述那些資源背後的調節者，例如空氣品質、氣候調節、乾淨水源、作物病蟲害控制、授粉者和水源淨化的各種調控者。

(3)心靈式服務(Cultural services)：人類從大自然中獲得非物質性的東西，例如心靈的滋潤、身心所獲得的快樂和享受。

(4)維持式服務(Supporting services)：意指那些構成土壤形成、光合作用、養分、水分循環的服務，也是產生上述三種服務的根本。



葡萄園內種植 buckwheat 和 Phacelia 可吸引天敵防治葡萄害蟲。

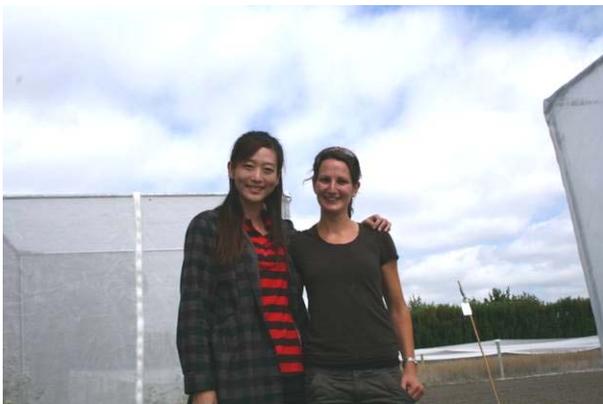
(圖片來源：<http://toreawines.files.wordpress.com/2009/12/december-010.jpg>)



林肯大學 Bio-protection centre 的 Dr. Steve Wratten(左)致力於有機農業生物防治試驗。

另外該團隊的 Dr. Marco Jacometti 則針對氣候變遷下，各種有益天敵如寄生蜂、食蚜蠅、瓢蟲等天敵的行為模式是否受到影響，包含族群數量的變化以及和目標昆蟲之間的互動。Dr. Marco Jacometti 的田間試驗是在數個獨立的小型網室內進行，網室分為不透風的塑膠和可透風的網子，這樣的試驗設計可以確保實驗的準確性但又不會與自然環境產生差異。

團隊中有一位年輕陽光的女生 Dr. Sofia Orre，負責研究生質能源和天敵喜愛的植物。Sofia 帶領本人至試驗田參觀其研究內容，目前針對蕎麥等當地野生植物進行研究，觀察可吸引的天敵種類，同時研究這些天敵在這些植物上的消長變化以及評估應用於田間的效果，同樣是在數十個獨立的小型網室內進行。由於筆者目前進行的試驗和 Sofia Orre 研究主題非常類似，因此在言談過程中雙方都相當興奮，並互相提供試驗方法和技巧，雙方都承諾之後能夠彼此分享各自的研究結果，並找尋共同合作的機會。



筆者和 Dr. Sofia Orre(右)於試驗田合影。



田間搭建獨立小網室進行試驗。

2. 參觀 BHU 有機農場

鄰近林肯大學有個農業單位名為 Biological Husbandry Unit，簡稱 BHU，其附設的有機農業訓練學校 Organic Training College，每年吸引許多有志從事有機農業的民眾申請入學，兩年制的學程課程內容包含所有有機農業操作技術，例如栽培技巧、廚餘製成肥料、病蟲害控制、樸門永續生活(Permaculture)、行銷等豐富的課程，兩年訓練完成之後即可拿到國家認可的證照，對於未來從事任何有機農

業相關的工作具有保障。BHU有 10 公頃已通過有機驗證的土地供這些學生練習操作，同時也供研究、示範和教學用，生產出來的農產品亦可拿到市場去賣，林肯大學也會選擇在這裡進行有機相關試驗。BHU的所有運作經費皆由紐西蘭農部(Ministry of Agriculture and Forestry, MAF)提供。

參觀的第一個區塊是蔬菜區，這塊田佔地大約 1 公頃，每位Organic Training College的學生都擁有一小塊地練習種植，作物可以自己選擇，但栽培的過程中一定要常常去管理和維護。



BHU 和其附屬的有機農業訓練學校招牌。



有機農業訓練學校實習農場一隅。

由於紐西蘭南島緯度較高，年均溫低，因此紐西蘭農民在栽種過程中特別重視作物的防風防寒，尤其是苗期耐寒性較差。針對這個問題，他們利用塑膠瓶、輪胎等廢棄物品將作物的幼苗包圍起來，使其可以生長在一個較為溫暖無風害的環境下，待作物成長至一定階段後，再把這些「保暖物品」移開，這些防寒資材會不斷重複使用，這是一種永續利用的概念。而在育苗方面同樣也需做好防寒的措施，首先在最開始的穴盤育苗環境為一間塑膠布搭建的溫室，在這裡生長的菜苗受到相當好的保護，待幼苗稍大時移進另外一間可透風的「網室」，讓這些苗株適應外界的氣候，接著再把長大的苗株種植到大盆子，然後置於露天的環境下，最後才定植到田間讓其吸收大自然養分自由生長。這樣一連串的栽種過程雖然費工，但是在紐西蘭南島的環境下這樣的操作手法才能有效提高每顆種子發芽率和成長率，不浪費自然界的每分資源更是當地有機農業相當重視的一個概念。



以廢棄塑膠浪板做為植物
防風材料。



溫室育苗後移至網室內讓苗株先適應外界溫度。

紐西蘭作物生長的過程中除了遭遇病蟲害的問題之外，當地的野兔和鳥類是嚴重影響農作物的 2 種有害動物，因此作物周圍需用網子或透氣資材將作物隔離，避免遭受野兔野鳥取食。BHU 蘋果園為防止蘋果園當中一種相當重要的害蟲--蘋果蠹蛾 *Cydia pomonella* (codling moth)，懸掛性費洛蒙誘隱盒，該 Trap 的外觀是一個用紅色瓦楞紙摺成的三角形黏板，底部具有黏性，內放一個橡皮材質的小圓筒，蘋果蠹蛾的人工合成性費洛蒙就是從這個橡皮管內釋放揮發，雄蟲即被誘引前來而黏死於盒中。此 Trap 使用的顏色為紅色，與台灣常見的黃色或白色誘殺資材不同，筆者推測原因是為了仿蘋果色澤而設計。



以網子將蘋果樹罩住防治鳥害(物理防治法)。



蘋果園中以性費洛蒙防治蘋果蠹蛾。



田間搭建簡易網防治野兔為害。

筆者於 BHU 旁聽了一堂廚餘堆肥製作教學課程，其課程互動足夠，講師並實地讓大家分組操作簡單的試驗，充分讓學生了解各種概念。課後也實地參觀實習農場裡的廚餘製作堆肥區，廚餘製成堆肥的做法同樣導入了永續利用的概念，將大地生產的資源再回歸大自然，繼續提供作物養分，不浪費地球上的任何能量。實習農場中亦有專門養蚯蚓的土堆區，蚯蚓是改善土壤質地最佳的天然動物，栽種前施放蚯蚓至土裡，可以讓作物生長期間充分吸收土壤的養分。



蚯蚓繁殖區。

（貳）研習心得

一、對於國內的貢獻

本次在 Agresearch 研習的蟲生病原真菌製劑內容由最前端的菌種分離培養至後端的製劑過程當中，有部分觀念和試驗技術是筆者之前尚未接觸過的，不僅可做為往後研究上更完整的操作流程參考，更能夠提供國內相關領域研究人員重要的參考資訊。

二、業務單純化

紐西蘭研究人員不需處理過多的行政事務，減少研究能量的浪費，因此能夠將精神全力集中於試驗研究，團隊每月召開會議，領導者公開表揚工作傑出的研究人員，這種正面積極的鼓勵方式可激勵員工士氣。

三、分工合作

由筆者在 Agresearch 研習的過程中，充分感受到每位專家利用自己的專長，專攻於該領域的研究，每位研究專家彼此之間也會互相合作，或是尋求協助，如此強而有力龐大的團隊，其研發能量可想而知。

四、永續利用的概念

紐西蘭將永續利用的精神帶入農業當中，所以庭園裡隨處可見利用廢棄資材做為栽培上的工具，例如使用廢棄浪板、塑膠筒，廢輪胎等作為幼苗保溫之用，或是利用舊報紙在地表鋪上幾層以抑制雜草，農業廢棄物餵食家禽或做堆肥等，都是愛惜地球每一份資源並且將之循環利用的做法。

五、友善的國家

其實紐西蘭南島的人民並不富有，但當地居民臉上永遠都是笑臉迎人、駕駛者絕對禮讓行人、向他們詢問事情永遠都是耐心回覆。另外大眾交通運輸工具都有提供殘障人士完善的服務，公車路線依照不同顏色劃分，清楚的時刻表讓國外人士一目瞭然，所有人皆可輕鬆搭乘。這是一個相當適合背包客用心瀏覽的國家。

六、橫向溝通

紐西蘭的上班時間一般為早上九點至下午五點，早上和下午各有不成文規定的 Tea time，分別為早上十點和下午三點，時間一到大家分別放下手邊的工作聚集在餐廳喝咖啡吃點心，同事之間互相聊聊自己工作及生活瑣事，這樣的活動在

台灣人看來雖然像在偷懶，但筆者認為這卻也是相當重要的「橫向溝通」時間，專家們可在輕鬆的氣氛下溝通試驗並激發出各種新點子。另外在適度的休息後會更有力量重返工作崗位。

七、教學與研究互相結合

Agresearch、林肯大學和 BHU 三個單位相距不遠，研究、教學和應用都可互相結合，並且彼此支援各項技術，三方面配合可加速有機農業各項技術的發展，是值得學習的做法。

八、擅用「地圖」

研究單位常可看見牆上掛有地圖，而研究人員與筆者談話時也常利用地圖說明，地圖在農業研究上是一個相當重要的工具，不僅讓研究人員清楚了解害蟲的分佈區域，也方便規劃試驗區域，並能夠幫助研究人員明確建立需要解決的農業問題和目標。

九、天敵操作技術

林肯大學 Dr. Steve Wratten 研究的內容有一部分在於將有益天敵引進農田的操作手法，而達到生物防治效果。在台灣還未開始發展這方面的研究主題，但隨著有機農業面積與日俱增的趨勢，這樣的生態研究思維更顯重要而且能夠提供有機農友管理病蟲害的幫助。

陸、建議事項

- 一、蟲生病原真菌的研究領域仍需突破製劑的架上壽命。
- 二、國內有機農業研究內容可朝向如何運用植物發揮生物防治的最大效果來發展。
- 三、研究單位應善用團隊的力量解決事情，並且訂定明確發展主軸，將業務單純化，才不致於浪費研究人員的能量。

柒、誌謝

感謝研習期間 Agresearch 的 Tracey Nelson 小姐熱心幫忙安排行程及提供住宿資訊，以及耐心向我說明該單位試驗內容，讓我在異國感到無比溫暖。感謝林肯大學 Dr. Steve Wratten 百忙之中仍抽空帶領本人了解該環境保護團隊的工作內容並給予試驗上的中肯建議，特此感謝。最後謝謝農委會國際合作科科長林志鴻給予出國資訊上的幫忙，以及友人張芝菱小姐的陪同與協助，在此一併致謝。

捌、附錄

研習期間 3 種培養基製作方式：

PDA+Antibiotics

使用 39 克 PDA 溶於 1 公克水，高溫高壓滅菌後待冷卻至 60°C，加入抗生素，分裝置小培養皿，冷卻後即可接種蟲生真菌。

JC Media

40 公克葡萄糖加 10 公克 Neopeptone，溶於 500ml 公升的蒸餾水，高溫高壓滅菌後待冷卻至 60°C，加入抗生素，分裝至小培養皿，冷卻後即可接種蟲生真菌。

Brilliant Green Agar

將 3 公克 Neopeptone、0.2 公克 Copper chloride、15 公克 Bacto agar 溶於一公升蒸餾水，並利用氫氧化鈉把 PH 值調至 9.8，再加 10ppm 的 Brilliant Green 高溫高壓滅菌後，分裝至小培養皿，冷卻後即可接種蟲生真菌。