

出國報告（出國類別：研究）

農委會農業菁英培訓計畫
應用氣候-病害警戒施藥技術及栽培設施改良
建立作物病害精準防治系統

服務機關：農業試驗所嘉義農業試驗分所

姓名職稱：吳昭蓉 助理研究員

派赴國家/地區：美國愛荷華州

出國期間：108.6.20-108.12.16

報告日期：109年3月

摘要

本年研究前往美國愛荷華州立大學，研究之主題為建立作物病害精準防治系統，實驗則分為兩個方向：栽培設施改良試驗以及氣候-病害警戒施藥技術之研究。在栽培設施改良，本年進行的實驗為隧道內熊蜂釋放條件最佳化以及地面覆蓋物對產量影響之測試；在運用氣候-病害警戒施藥技術之研習，則主要向實驗室主持人 **Mark Gleason** 博士以及巴西訪問學者 **Silvane Brand** 學習並探討各種不同氣候－警戒施藥系統所採行的參考因子、模型建立以及警戒界限訂定的標準。此外，**Mark Gleason** 博士實驗室亦參與 **USDA** 的計畫，預計在將來使用用影像系統偵測樹冠密度以決定噴藥量之自動噴藥系統，評估該自動噴藥系統防治病害之效果，該技術亦符合精準防治病害及農藥減用之目標，可作為將來研習之目標。

目次

目的	3
研習心得與過程	3
一、 改良式瓜類栽培設施研究	3
二、 氣候-病害警戒系統研習	10
三、 其他	13
心得及建議	15

目的

追求環境友善及永續經營為農業發展主要的趨勢，農藥減量亦為近年來農業政策重要的方針之一。本計畫前往美國愛荷華州立大學，Mark L. Gleason教授研究室，進行作物栽培設施改良之研究，以及研習不同作物上氣候-病害警戒系統的概念及可能的應用，同時探索其他可能性，例如應用影像偵測決定噴藥模式及藥量之試驗，希望藉此了解及探討不同技術應用於國內農藥減量及友善生產的可能性。

研習心得與過程

本計畫108年6月20日前往美國愛荷華州位於艾姆斯之愛荷華州立大學，造訪Mark Gleason實驗室進行研究及研習。Gleason博士之實驗室早年致力於研究蘋果斑病 (Apple sooty blotch and flyspeck) 之防治，包含偵測天氣條件變化（如葉濕度、溫度、濕度）以決定施藥時機及次數之技術，而後此類技術亦發展在其他作物上，如草莓炭疽病。近年則發展以改良式栽培設施進行甜瓜病害之防治。本計畫於108年12月16日完成研究及研習並返回臺灣。

在愛荷華州立大學停留期間，主要從事工作有二，其一與Gleason研究室之研究人員共同進行瓜類栽培設施的改良研究，其二則是向Mark Gleason博士與巴西訪問學者Silvane Brand學習氣候-病害警戒系統建立之概念、方式等，以期將來可應用於台灣相關之研究上。以下就兩項工作介紹及進行過程及內容：

一、改良式瓜類栽培設施研究

本研究的目的是在於使用栽培設施隔絕黃瓜甲蟲 (spotted cucumber beetle以及striped cucumber beetle，如圖1)，因黃瓜甲蟲傳播瓜類細菌性萎凋病，而瓜類細菌性萎凋病為甜瓜栽培上之重要病害，會造成甜瓜植株萎凋枯死，毫無收成，在田間亦可見到未受設施保護的甜瓜遭受病害侵襲而萎凋之情形 (如圖2)，相反地，如甜瓜於栽培設施內使用，則可有效保護，阻隔黃瓜甲蟲危害，也連帶阻

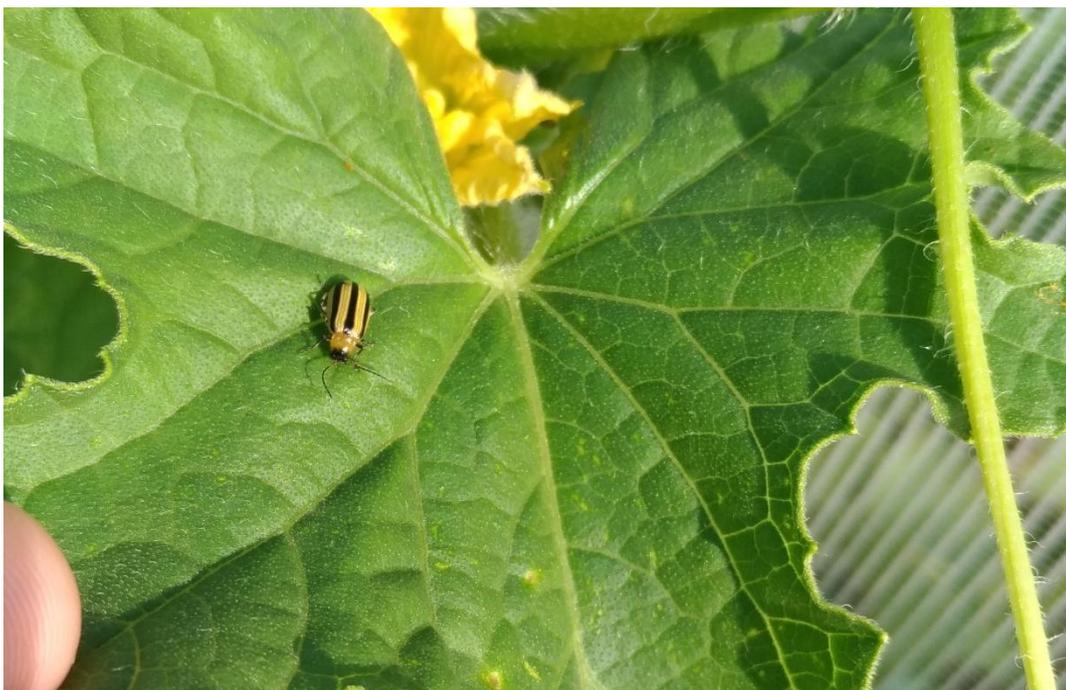


圖 1 條紋黃瓜甲蟲 (striped cucumber beetle) 在葉片上危害之情形



圖 2 設施外甜瓜植株受瓜類細菌性萎凋病感染而呈現萎凋失水病徵

止瓜類細菌性萎凋病的感染。在田間，愛荷華州的甜瓜栽培也有使用傳統的low tunnel，是一種約50公分高的隧道設施，覆網材質為一種商品名Agribond的布料，



圖 3 改良式瓜類栽培設施外觀

近似不織布，栽培戶在甜瓜幼苗剛定植於田間時，以low tunnel進行保護，但直到授粉期時，為了讓授粉昆蟲進入，加上結果期進入夏季，此種設施有通風和溫度的問題，必須在授粉期打開此隧道設施，此後不再覆網，僅以藥劑防治甲蟲及其傳播之瓜類細菌性萎凋病，但其成效常常不彰，甜瓜仍然暴露在昆蟲及



圖 4 設置於改良式瓜類栽培設施之熊蜂蜂箱

疾病的威脅之下。研究室目前採用的改良式栽培設施，其隧道高度約100公分(如圖3)，空間較大，提供足夠的空間供授粉之熊蜂活動，另外使用的材質為一種

商品名ProtekNet的覆網材質，並在覆網與地面接觸的部份以沙包固定，隔絕外界空間。此種覆網材質較通風，且可在夏季時使用，使隧道內的溫度不至於因為溫度過高而對甜瓜造成熱傷害。另外，為全程保護設施內之瓜類植株，於授粉期不打開設施授粉，而是於設施內放置熊蜂蜂箱 (如圖4)。實驗室過去田間試驗的成果中，已知在瓜類栽培設施保護之下，甜瓜的產量是未受設施保護者的二至四倍，但因其覆網材質特殊，且因為在設施內施用蜂箱，成本較高，故進行栽培條件的調整，希望能藉由降低成本及提升產量的方式，使該設施在實際應用上更具競爭力。

(一) 試驗設計：本項研究可分為兩部份--隧道內熊蜂釋放條件試驗以及地面覆蓋物試驗。兩項試驗皆有四重複，每一重複內有三條隧道，約每隔1公尺栽種一棵甜瓜幼苗，實驗數據由中央畦收集，兩側為緩衝行。熊蜂釋放條件試驗的隧道，長度為100英尺，而地面覆蓋物試驗，其隧道長度為30呎。

1. 熊蜂釋放條件試驗：本實驗目的其一為釐清未來擴大生產時，熊蜂在設施內密度對產量的影響，其二，為了降低生產所帶來的成本，考量到若在300呎隧道內可只施用一個蜂箱，甚至是僅在授粉期短暫打開兩週，讓環境中授粉昆蟲自然授粉，便可達到與使用蜂箱相同效果，同時又未嚴重遭受瓜類萎凋病侵襲的話，則可藉由此種授粉方式減少購買蜂箱所增加的成本。本試驗共進行三種處理，第一種處理在隧道正中央放置一個熊蜂蜂箱，第二種處理是在一個隧道接近兩端約五公尺處各放置一個熊蜂蜂箱，第三種處理則是不使用熊蜂蜂箱，在授粉期打開網子兩週，讓環境中昆蟲自然授粉，而後再次將網子覆上，進行保護。本試驗中，除了比較不同處理的瓜類產量外，也觀察開網兩週的處理組，是否有遭受瓜類細菌性萎凋病侵襲的風險，另外在授粉期每天調查授粉昆蟲及熊蜂的授粉頻率，並觀察其授粉模式。

2. 地面覆蓋物試驗，其目的在於調查地面使用的覆蓋物，對抑制雜草的效果，是否影響產量及地力等等。共有五種處理：種植苜蓿草、種植苜蓿草加裸麥草、玉米梗覆蓋、抑草蓆覆蓋及無施加覆蓋物之對照組，針對此五種處理，調查產量、抑制雜草效果、設施內其他病害發生情形以及土壤有機物成份等。

(二) 觀察與結果

1. 熊蜂釋放條件試驗：本試驗結果發現，三種處理的產量均無顯著差別，顯示無論是使用熊蜂蜂箱或自然昆蟲授粉，對產量不造成差異，且開網授粉之處理組並未觀察到受瓜類細菌性萎凋病侵襲的現象，顯示授粉期打開覆網兩周是可行的作法。另外在甜瓜生產中後期時，發現有 *Alternaria sp.* 所引起的葉斑病問題 (圖5)，而開網授粉組的罹病嚴重度，與熊蜂施用組相較之下，有顯著較高的現象，而經過一次銅劑的施用，葉斑病發生已改善。在蜂類授粉模式觀察上，一般認為熊蜂活躍的時間是在清晨及傍晚時，根據實際在田間觀察的結果，熊蜂在清晨及傍晚時，出現的頻率確實較高，但仍然較田間授粉昆蟲（如蜜蜂、其他



圖 5 *Alternaria sp.*在甜瓜上造成之葉斑病

蜂類、環境中的熊蜂等) 來得低，且熊蜂有聚集在設施兩端的現象。

2. 地面覆蓋物試驗：試驗結果，五種地面覆蓋物對於產量均沒有顯著差異，以抑制雜草的效果而言，以抑草蓆及玉米梗覆蓋之效果最佳。而苜蓿草、苜蓿草加裸麥草以及無施加覆蓋物之對照組，則無顯著差異。本試驗於試驗結束後，採集地面土壤，送化學實驗室進行土壤成份之分析，但因分析耗費時日，未得知其分析結果。

(三) 討論

本年設施改良研究試驗，其目的除了降低生產成本外，也有友善環境耕作的考量。另外，由於此種栽培方式，幾乎可完全不靠殺蟲劑，真菌病害發生少，且可藉由銅劑防治，因此也具有結合有機栽培的潛力。但因愛荷華州與台灣氣候相差甚大，而農戶之規模、栽培習慣也與台灣農友不同，因此就設施特性及材質、兩地的氣候與病蟲害相、成本考量等面向，探討此類設施應用於台灣農業的可能性。

1. 改良式栽培設施之特性及材質：改良式栽培設施的隧道與台灣一般隧道不同之處，在於台灣的隧道栽培多為開放式，使用的材質常為塑膠布，而其使用多半是為了天氣因素，例如抗風擋雨，而非出於防治病蟲害。改良式栽培設施藉由覆網徹底隔絕瓜類與外界昆蟲接觸，藉此防治害蟲及其傳播之病害，然而此種密閉式設施在台灣使用，因台灣環境高熱多濕，首先必須考量的是散熱通風的問題。改良式栽培設施，使用之覆網材質為一種商品名ProtekNet之網子，其外觀近似一般尼龍網，但較一般尼龍網重，且其特殊材質可降低日照帶來的過熱問題。實際使用結果，設施內之瓜類生長良好，未觀察到高溫對作物有明顯之傷害。然本實驗用的網目較大，或許不足以防治台灣的小型害蟲。然而從ProtekNet網站上提供之資料，可看到該公司出售多種不同規格

之網子，其重量、網目、孔隙率、透光度等各不相同，或有可能針對台灣之栽培環境，找到適用之規格材質。在台灣使用此種栽培設施的另一考量，還有授粉問題。台灣目前沒有可有效授粉的熊蜂品種，進口熊蜂則有檢疫上的諸多限制，另一方面，如欲使用蜜蜂授粉，因蜜蜂本身的特性，在密閉空間使用易造成折損，也無法有效授粉。但如參考授粉實驗中，開網兩週授粉，而後再度覆網保護之方法，亦不失為可行之作法。惟台灣因害蟲蟲口密度高，如欲使用此方式栽培，或許應考慮在覆網前再施用一次殺蟲劑，以妨害蟲覆網後產生嚴重危害。

2. 氣候與病蟲害相之比較：檢視今年與去年之試驗結果，在愛荷華州，新式隧道可有效防止黃瓜甲蟲 (**stripped cucumber beetle**及**spotted cucumber beetle**) 之入侵，從而阻擋甲蟲傳播之瓜類細菌性萎凋病。今年亦觀察到，試驗田末端部份未覆網的瓜類作物，遭受瓜類細菌性萎凋病枯萎情形，顯示本年在田間確實有瓜類細菌性萎凋病危害情形。在愛荷華州，病蟲害相較單純，害蟲主要是黃瓜甲蟲以及豆金龜 (**Japanese beetle**)等，病害較嚴重者有瓜類細菌性萎凋病以及同樣由細菌引起的瓜類黃脈病 (**cucurbit yellow vine disease**)。在台灣，小型害蟲多，如蚜蟲、薊馬、粉蝨等等，除吸食汁液外也傳播瓜類病毒，影響瓜類產量及植株健康甚鉅。如欲有效阻擋此類的小型害蟲，應選用更小網目的覆網材質。另外也有多種真菌性病害如露菌病、白粉病或炭疽病，濕度有助於其發生。以常理推斷，設施內因通風較差，可能有助於病勢發展，然而適當地選用覆網材質，如孔隙率較高的網子，可能有助於改善濕度的問題。
3. 成本之考量：改良式栽培隧道所花費之成本，較一般栽培設施昂貴的

部份是覆網的材質以及熊蜂蜂箱的使用。以覆網材質而言，比較愛荷華之農戶一般在使用的覆網材質，其質地近似不織布，商品名為Agrobon，與改良式栽培設施使用的ProtekNet相比，ProtekNet的價格約為Agribon之二至四倍，然而相較之下，Agribon較易破損，無法重複使用，而ProtekNet如妥善保管，可使用約三年甚至更長的時間，重複使用下，可降低其成本。而熊蜂之施用，以成本來考量，一個熊蜂蜂箱大約要150美元，成本不菲，然而在愛荷華州，若一個300呎的隧道可以只施用一個蜂箱，可降低平均成本，然而台灣的栽培規模較小，加上熊蜂蜂箱取得不易，因此較可行的作法，或許是如同本實驗中有一處理組是打開設施兩週自然授粉，而後再次覆網保護，而以結果而論，本處理組與其他熊蜂處理組在產量上並無顯著差異，故以成本考量論，此作法也是較可行的。

二、氣候-病害警戒系統研習

本計畫另一主題為氣候-病害警戒施藥技術研習，但本年因經費申請因素，無法進行田間試驗，但Gleason博士實驗室與巴西聖保羅大學生物系統工程學系之研究室合作，進行巴西、美國兩地不同病蟲害預測模式系統的建立與應用，故此部份之研習主要與Gleason博士及巴西訪問學者Silvane Brand進行書報討論以及經驗分享。Silvane Brand博士候選人進行黃龍病傳染預測模型及預警系統的建立，目前的工作包括比較美國與巴西兩地黃龍病感染及散佈模式的差異，由數據修正其模型，以完善其系統之建立。就研習所獲取的知識汲取，分項說明如下：

- (一) 氣候-病害警戒施藥系統原理與概念：植物病害的發生，除了寄主與病原菌同時存在之外，適宜的發病環境也是必要條件，如溫度、濕度或降雨等等，適合的天氣條件，可能造成病害的大流行，因此，理論上我們可以監測天

氣變化，藉此預測病害將在何時發生，從而精準掌控噴藥或防治時機。傳統的防治方式，在施藥的時候，多是根據過往經驗，在病害常發生的一段時期，固定期間噴藥，其週期通常由10-14天不等；雖然傳統施藥的方法，可以有效防治病害，但從另一方面來說，如果當年的天氣條件不利於發病，或是不至於造成病害流行，則可能不需要如此密集的噴藥。氣候-病害警戒施藥系統藉由偵測天氣條件的變化，決定施藥的時機，有效的氣候-病害警戒施藥系統，可以準確預測何時發生、何時不會，一方面可能以最少的噴藥量達到最大化的防治效果，另一方面也可能在氣候特別有利於病害發生的時候，也可能以增加噴藥次數達到最好的防治效果。在過往不同地區進行的田間試驗顯示，實務上，在不同地點發生的病害，因栽培習慣、商業品種及田間病原菌數量的差異，其氣候-病害預測模型可能不盡相同。例如佛羅里達州發展草莓炭疽病的氣候-病害警戒施藥系統，移植於愛荷華州使用時便無法發揮效用。另一方面，如果氣候-病害預測模型無法準確預測病害的發生，則可能病害已開始流行，警戒系統卻未啟動防治，因而造成莫大損失。因此氣候-病害警戒施藥系統的建立，除了一個使用正確變數，可以精準預測病害發生的氣候-病害預測模型外，也要倚賴多年的田間試驗，進行參數的調整以及修正，以得到有效的警戒系統。

(二) 氣候-病害模式的發展：一個好的氣候-病害警戒施藥系統，有賴於一個精確的氣候-病害模式的建立，其核心在於找到一個公式，此公式包括幾個關鍵的變數，可能是葉面濕度、空氣濕度、溫度（或積溫）或降雨等等，當人們在進行預測時，只要把天氣條件代入這些公式，當結果的值超越某個臨界點，代表病害將會流行，必須開始噴藥防治。這個模式發展最關鍵之處，就是在於找到正確的天氣條件因子，確認其為真正會影響病害發生的因子，才能對病害做出正確的預測。一般來說，可以藉由兩種方式來找出正確的變數：溫室試驗或田間觀測。溫室試驗是藉由精確控制變數，找出空氣濕

度、葉面濕度或溫度何者對病害的影響較大；田間觀測則是直接藉由多年的田間數據收集，找出影響病害的因子。溫室試驗的好處是在較短時間內得到確切結論，不像田間試驗曠日廢時，然而溫室試驗的結果應用於田間時，可能會得到不一致之結論，最終仍是以田間試驗的結果為主。由試驗獲得的數據，進行迴歸分析，以了解這些天氣因子是否與病害有相關性，藉此推導得到氣候-病害模式之公式。然而變數的選擇，除了根據試驗數據及統計分析結果外，也會受到其他因素影響，例如獲取數據的難易程度，以及是否可以輕易地測出準確的數據。以葉面濕度累積時數 (Leaf wetness duration, LWD) 為例，根據 Gleason 博士的經驗分享，早年發展此相關模型的流行病學家傾向以 LWD 作為變數，因為無論天氣如何變化，葉面的微環境才是最終決定病害（尤其是真菌病害）發生的關鍵。LWD 可能受雨水與露水的影響，以愛荷華州為例，因全年降雨日數不多，故 LWD 受露水影響較大，也因為降水不多的緣故，LWD 成為影響病害發生的重要因子。然而，在實驗過程中，研究者發現同一棵樹裡，不同部位之間的葉面濕度差異頗大，且跟原本預期的不同，靠近樹頂處的樹葉，因日夜溫差大，較易結露，其葉濕度反而比樹冠中心或下半部之樹葉高。故測量 LWD，容易因探針位置之差別，造成不一致的結果。另一方面，LWD 並非氣象站會提供的數據，而相對濕度、降雨量及溫度卻可以由地方的氣象資料獲得，如果要將此技術推廣給栽培者使用，則栽培者可就近利用田區附近的氣象站資料，自行決定施藥的時機。因此許多早年以 LWD 作為公式內變數發展出的氣候-病害警戒施藥系統，後來改以其他天氣變數取代，例如蘋果煤斑及污點病 (Apple sooty blotch and flyspeck, SBFS)，後來便改以相對濕度作為氣候-病害警戒施藥系統的變數，而黃豆銹病的病害預測模型也由原先的 LWD，改為採用降雨量。而氣候-病害警戒施藥在搭配田間施藥時，也有不同的噴藥模式。在理想的狀況中，施用一次藥劑應該可以將病害族群數量降至 0 或非常接

近0，這使我們在以累積溫度或累積濕度作為變數的模型中，可以在一次施藥後將所有變數歸零，重新計算下次施藥所需的臨界值。然而實際情況並非如此，在田間施用一次藥劑或許可減少百分之八十甚至九十的族群數量，然而剩下的百分之十甚至二十，可能在更短暫的時間內就可以再次造成大流行，這使得氣候-病害警戒施藥系統的臨界值必須下修，或者只有在病害發生的前幾次噴藥的預測可以準確，在族群增長速度快的病原菌來說，此現象更加明顯，例如炭疽病。因此氣候-病害警戒施藥系統在實際應用上，有時無法預測整個作物生長季的噴藥時機，而是著重於「延遲或提前第一次施藥的時機」，例如草莓炭疽病，第一次施藥的時機是由警戒系統決定，而後就按照慣行方式噴藥；而蘋果煤斑及污點病則是在警戒施藥系統第二次達到臨界值，此後之施藥就是按固定日數的方式進行施藥。

(三) 栽培者實際應用情形：經詢問Gleason博士有關蘋果煤斑及污點病的氣候-病害警戒施藥系統，在愛荷華州應用時栽培者的接受程度，有一部份的栽培者採用，但尚不普及。一般而言，大部份栽培者，對此系統仍然抱持懷疑態度，最憂慮的是此警戒施藥系統，有可能低估病害發生的機率，錯失防治先機。另一方面，栽培者自行收集數據後，不知如何自行運算，也是主要的問題。可能的解決方式，其一是由大學或學術機構主動提供資料分析的服務，其二則是栽培者直接引入具有運算功能的機械設備。為了促進與農民之間的溝通與互相了解對方的需求，每年大學都會定期舉辦兩至三次的農場日，邀請當地的栽培者參觀大學的研究成果，了解栽培者的需求，並尋求彼此合作的意願。

三、其他

Mark Gleason博士實驗室預計於2020年於蘋果上進行智慧型藥劑噴灑機器之試驗，此計畫與美國農部 (United State Department of Agriculture, USDA) 共同

合作，計畫的範圍也涵蓋了美國其他農業產區，以及不同大學之間的合作，計畫的內涵在於使用新型的噴藥機進行防治。此種新型的噴藥機，在機器上裝置有影像偵測系統及電腦可供運算，機器會將樹冠層的影像傳回電腦，電腦會就樹冠層的高矮及疏密進行計算，決定噴藥的量。噴藥機外觀為可移動之車輛，其上有密閉之操作室，但該機器預計將來可發展到完全自動化，不需人力在內部操作，該車輛的前方裝置了六組噴頭，上、中、下各二組，開口向左及右各一，此六組噴頭的施藥量彼此獨立，亦即電腦經由運算，可個別決定每個噴頭是否噴藥，以及藥量多寡。此種新式噴藥機，在使用上需配合果園自身管理，例如果樹要經適當的矮化，以及果樹栽種的間距足以使施藥的車輛駛入，並往兩側噴藥。愛荷華州立大學之園藝系農場將購置此設備，並由Gleason博士實驗室於蘋果園進行噴藥防治及病蟲害調查，測試此新式噴藥機應用於田間之防治效果。

另一方面，於愛荷華州立大學訪問期間，也曾旁聽過部份課程，其中較特殊的課程，為Gleason博士開設的一門討論學術倫理的課，其討論範圍甚廣，包括學術的誠信問題，以及實驗室發表文章時，關於作者的貢獻度及列名的認定方式等，皆有進行討論。個人覺得課程中值得推荐，並可供台灣研究者了解國外學術界在面臨學術誠信案件時，處理的流程、方式及心態的一個網站The Lab，可使用關鍵字The Lab video搜索或直接輸入其網址

<https://ori.hhs.gov/content/thelab>，該網站亦提供繁體中文版本。該網站為一個線上互動遊戲，藉由一宗實驗室一名博後研究者的造假案件，讓遊戲參與者決定各個角色的互動及行為，讓遊戲者可藉此了解大學內學術倫理官的工作，以及面對學術造假案件時調查以及辦理案件的流程。雖然遊戲發展不免過於簡化真實人生中可能面臨到情感衝突及道德抉擇的難關，但仍可由其中一窺美國的大學在面臨此類學術風暴時的標準作法。學術倫理的議題近年在台灣逐漸受到重視，或許將來制度將逐步建立，也可以此作為參考。

心得及建議

108至愛荷華州立大學進行為期半年的訪問及研究，為人生中難得的經驗，也是個人首次踏上美國國土。個人認為，對將來執行類似計畫者的建議，其中簽證的辦理是需要特別注意的。近來前往美國的簽證，如果是為期三月以內的旅遊簽證，其辦理變得較為容易，甚至不需經由面試即可前往，然而依個人以及周遭同事的經驗，為期六個月至一年的F1簽證以及留學用的J1簽證可能反而變困難。以個人經驗而言，原先以為從事的是生農方面的研究，不會遭遇到延長審查，此類的延長審查通常是赴美國鑽研軍事、航太以及生醫等敏感領域研究者才容易遇到的行政流程，通常會使簽證的申請延長2-3月不等，有時甚至更長。然而近來，就連其他非敏感領域的生物學研究，被審查的機會也逐漸增加。對於從事短期研究者，尤其需要在年底時完成計畫的執行人而言，此延長之2-3月的期限，可能會造成執行計畫上的難度。建議前往美國執行超過三個月的短期研究者，應特別注意此審查問題，又或者如能與加強與美國在臺協會的聯繫，或許可讓研究人員在執行計畫申請簽證時更加順利。

本年計畫執行完畢後，Gleason博士實驗室本年仍有與智慧農業相關計畫持續進行，例如本年開始智慧噴藥機器的田間試驗，與台灣近年來農藥減量的策略有相合之處，雖然愛荷華州的耕作模式與自然條件與台灣相差頗大，建議未來可持續進行與國外實驗室的交流，以了解國外農業發展的新技術及其進展。