

出國報告（出國類別：考察）

# 113 年度農田水利人員遙測人才培訓 計畫出國研習成果報告

服務機關：農業部農田水利署

姓名職稱：廖國淳 工程員

派赴國家/地區：美國/佛羅里達州

出國期間：中華民國 113 年 4 月 20 日至 5 月 5 日

報告日期：中華民國 113 年 8 月 5 日

一、目錄	
一、目錄.....	2
二、圖目錄.....	3
三、表目錄.....	5
四、緣起與目的.....	6
五、代表團團員名單.....	8
六、整體行程表與課表.....	9
七、課程摘要與心得.....	10
八、參訪摘要與心得.....	37
九、拜會摘要與心得.....	63
十、結論與建議.....	73
十一、 誌謝.....	75

## 二、圖目錄

圖 1-1 佛州滲流灌溉示意圖.....	10
圖 1-2 大型噴灌機.....	11
圖 1-3 大型滴灌車.....	11
圖 1-4 微噴系統.....	12
圖 1-5 滴灌系統.....	12
圖 1-6 微氣象站.....	13
圖 2-1 李教授課堂上課.....	18
圖 2-2 戶外上課-智慧灌溉.....	18
圖 2-3 柑橘數量偵測.....	21
圖 2-4 無人地面車輛的自主導航系統.....	22
圖 2-5 草莓田自動影像檢測機器人.....	23
圖 3-1 Xu Kevin Wang 教授「透過 AI 推進作物育種工作」.....	24
圖 4-1 Daeun (Dana) Choi 教授「運用機器學習持續加強作物生產 數據剖析」.....	25
圖 5-1 營養管理的 5R 原則.....	26
圖 5-2 草莓在不同施肥量與施肥時間點之產量.....	27
圖 5-3 根系發展受限將導致植物吸收但含量少，土壤氮含量上升.....	28
圖 6-1 無人機與 AI 應用.....	31
圖 7-1 Dr.Judge 課堂介紹衛星類別與應用.....	33
圖 7-2 電腦教室 Google Earth Engine 實作.....	35
圖 8-1 不同植物之營養素對不同遙測波長之反射度.....	36
圖 9-1 研究中心所地下水井提供灌溉用水.....	37
圖 9-2 灌溉設施透過地下管線取水.....	38
圖 9-3 農場內種植柑橘樹進行黃龍病的抗病種改良.....	39

圖 10-1 佛羅里達大學植物科學研究與教育中心參訪合影.....	41
圖 10-2 水耕蔬菜培育貨櫃.....	42
圖 10-3 水耕蔬菜培育盤.....	43
圖 10-4 簡易棚頂網室栽種草莓.....	43
圖 10-5 半開放網室栽種花卉.....	44
圖 10-6 溫室栽種番茄.....	44
圖 10-7 Dr. Vivid 講解四年輪耕及滲漏水回收系統組成.....	45
圖 10-8 四年輪耕試驗農場現況及大型噴灌車.....	45
圖 10-9 推廣中心舉辦農民比賽之種植場地（玉米）.....	46
圖 11-1 伊切圖克尼湧泉公園 Blue Hole Spring.....	47
圖 12-1 密爾頓地質公園湧泉在枯水期乾涸.....	48
圖 12-2 密爾頓地質公園天坑的形成說明示意圖.....	49
圖 13-1 廢水在濕地中被植物和微生物淨化.....	51
圖 13-2 解說人員說明公園淨化機制.....	51
圖 13-3 公園溼地中的地陷(sinkhole)造成水快速流失.....	52
圖 13-4 說明廢水淨化機制的模型.....	52
圖 13-5 團員參訪活動登上官方 Facebook.....	53
圖 14-1 不同草莓品種的儲存區.....	56
圖 15-1 Sweetwater 濕地公園空拍圖.....	57
圖 15-2 Sweetwater 濕地公園功能設計.....	58
圖 15-3 Sweetwater 濕地公園參訪時出現的生物.....	58
圖 16-1 明礬污水混合池.....	61
圖 16-2 挺水植物處理池.....	62
圖 17-1 局長親自簡報介紹南水局.....	64
圖 17-2 簡報說明災害警戒等級.....	65
圖 17-3 金博士協助翻譯簡報內容.....	65

圖 17-4 緊急應變中心.....	66
圖 17-5 團員於南佛羅里達水管理局前合影.....	66
圖 17-6 探勘南佛羅里達水管理局開鑿之地下水井.....	67
圖 18-1 保護局人員簡報說明.....	68
圖 19-1 水災防治.....	71
圖 19-2 雨水收集與重複利用.....	72

### 三、表目錄

表 1-1 課表.....	9
表 2-1 視訊授課實況.....	14
表 2-2 決策支援系統系統架構及蒐集的參數.....	15
表 2-3 智慧灌溉決策支援系統 DSS 介紹.....	17

#### 四、緣起與目的

為培訓優秀人才應用遙測技術於水資源管理，美國佛羅里達大學施孫富博士於民國 85 年策劃推動台美合作之水利遙測術人才培訓計畫，並促成國際灌溉排水協會中華民國國家委員會（ICID-Chinese Taipei Committee, CTCID）與佛羅里達大學糧食及農業科學研究所（Institute of Food and Agricultural Sciences, UF/IFAS）於民國 86 年簽訂協議並成立「中華民國基金」，開始台美雙方遙測應用及人才培訓工作。該基金係由經濟部水資源局（現為經濟部水利署）、桃園農田水利會（現為農業部農田水利署桃園管理處）、台中農田水利會（現為農業部農田水利署台中管理處）、高雄農田水利會（現為農業部農田水利署高雄管理處）及台北市七星農田水利會（現為農業部農田水利署七星管理處）等出資壹佰萬零壹美元，並獲佛羅里達州政府信託基金提供柒拾伍萬美元之配合款，共同成立壹佰柒拾伍萬零壹美元之永久性基金。水利遙測技術人才培訓計畫係運用基金投資收益及孳息，配合佛羅里達大學專業師資及設備，培訓我國水利人才應用遙測及其相關技術之能力，厚植高科技在水利上之深耕與發展。該培訓計畫分為單位首長、業務主管與技術人員等類別，每年由各單位推薦人選，經委員會議遴選認可後，前往佛羅里達大學遙測中心進行研習訓練課程。

本次研習目的在於實地瞭解美國目前遙感探測（Remote Sensing, RS）技術及地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）於農業、水資源管理及環境保育之應用成果，同時配合代表團成員近年業務需求，學習人工智慧、機器人技術、機器學習、無人機判識、Google 地球引擎、濕地廢水處理、地下水與缺水問題等領域的最新知識。

本次研習分為兩階段，代表團成員首先於國內參加為期三天的先修課程（113 年 3 月 6 日至 8 日），以中文學習完整遙測與判識基本知識，為赴美受訓打下穩固基礎。先修課程結束後安排結訓測驗，確認成員的學習成效，並授予結訓證書。代表團接著赴美國佛羅里達參加為期兩週的研習課程（113 年 4 月

22 日至 5 月 3 日)，研習內容除相關單位之拜會、研究成果及業務介紹外，也包含現地實務觀摩，主要參訪對象包括佛羅里達州之水資源管理機構、學術單位等。所有代表團成員於結訓典禮時上台進行個人專題簡報，分享過去兩週所學，以及未來實際應用於業務之可能性。

## 五、代表團團員名單

姓名	單位	職稱
陳志昇	國際灌溉排水協會 中華民國國家委員會	秘書長
廖國淳	農業部農田水利署	工程員
孫伯賢	農業部農田水利署 七星管理處	三等助理工程師
羅振優	農業部農田水利署 桃園管理處	企劃股長
尹國正	農業部農田水利署 臺中管理處	三等組員
梁繼友	農業部農田水利署 高雄管理處	管理組長
蔡漢倫	財團法人農業工程 研究中心	助理研究員
張惠媛	財團法人台灣水資源 與農業研究院	研究專員
蔡俯儒	國立臺灣大學生物 環境系統工程學系	研究生



## 六、整體行程與課表

出國日期：2024年4月20日（六）至5月5日（日），計16天。

課程日期：2024年4月22日（一）至5月3日（五），計14天。

表1-1 課表

4/20（六）	上午	飛往美國
	下午	抵達美國·佛羅里達·奧蘭多
4/21（日）	上午	前往美國·佛羅里達·蓋恩斯維爾
	下午	
4/22（一）	上午	課程介紹、系所實驗室導覽
	午餐	交流餐敘
	下午	佛羅里達大學校園巡禮
4/23（二）	上午	講座：灌溉概論
	下午	參訪：佛羅里達大學植物科學研究與教育中心
4/24（三）	上午	參訪：北佛羅里達教育研究農場
	下午	參訪：佛羅里達水文地質
4/25（四）	上午	講座：人工智慧
	下午	參訪：奧卡拉濕地公園
4/26（五）	上午	參訪：佛羅里達大學海灣沿岸研究與教育中心
	下午	講座：無人機判識
4/29（一）	上午	參訪：南佛羅里達水管理局
	下午	
4/30（二）	上午	講座：微波導論與Google地球引擎實作
	下午	參訪：阿拉楚郡環境保護局、斯威特沃特濕地
5/1（三）	上午	參訪：聖約翰水管理局
	下午	參訪：深溪溼地公園
5/2（四）	上午	講座：高光譜遙測
	下午	報告準備、課程意見回饋
5/3（五）	上午	結訓典禮、學員報告
	午餐	交流餐敘
5/4（六）	上午	飛往台灣
	下午	
5/5（日）	上午	抵達台灣
	下午	

## 七、（一）課程摘要與心得

### 以農業用水和養分管理解決農業困境

目前佛羅里達遇到的農業問題為農業灌溉用水量及肥料入滲土壤，為避免農業肥料入滲土壤導致影響地下水，且近年受到氣候變遷影響水資源要如何有效利用為重要課題，為解決此問題可透過灌溉用水管理、使用肥料管理及等兩部分。

#### 一、用水管理

佛州因多數農友種植面積非常大，目前主流灌溉方式採用滲流灌溉，其原理為田區圳路採用土渠與設置入滲管，水由土渠自然入滲至田間，改善漫灌浪費水資源方式，為最經濟灌溉方式，但缺點為肥料易直接入滲至土壤與地下水，導致地下水氮磷含量大增，導致優氧化嚴重，故要如何改善水中氮磷含量問題為目前重要議題。



圖 1-1 佛州滲流灌溉示意圖

滲流灌溉有圳路與水源限制，部分田區無法供給，佛州農民多採用大型噴灌機灌溉，但因現地種植區域不同，大型噴灌機會於無種植區域多灌溉水，導致水資源浪費，故目前解決方案為變速灌溉判斷系統，由感測器偵測是否有無種植作物供給灌溉用水，並改由滴灌系統，透過 AI 運算精準給水，可提升灌溉效率。



圖 1-2 大型噴灌機



圖 1-3 大型滴灌車

少數種植高經濟作物之農場，因灌溉系統老舊，導致灌溉效率不佳，佛州目前已鼓勵農民改用新型態且高效灌溉系統，如滴灌、微噴灌為主，透過精準給水減少水資源浪費，搭配液肥系統同步於管路系統供給作物營養，田間部分建議搭配土壤水分感測器、雨量感測器，並設置微氣象站瞭解田區相關氣象資料，由智慧灌溉系統判斷是否需要灌溉，並建議於清晨與傍晚進行灌溉，減少水分因蒸發而損失。



圖 1-4 微噴系統



圖 1-5 滴灌系統



圖 1-6 微氣象站

管路灌溉為未來趨勢，佛大近年亦採用 AI 運算，透過大數據蒐集與結合，達到更精準給水（給肥），此部分臺灣可作為借鏡與學習，透過 AI 運算計算各區所需灌溉水量，透過圳路（或管線）精準給水，再透過末端管路灌溉系統精準給水，減少農業水資源浪費，讓水資源利用更有效。

## 二、養分管理

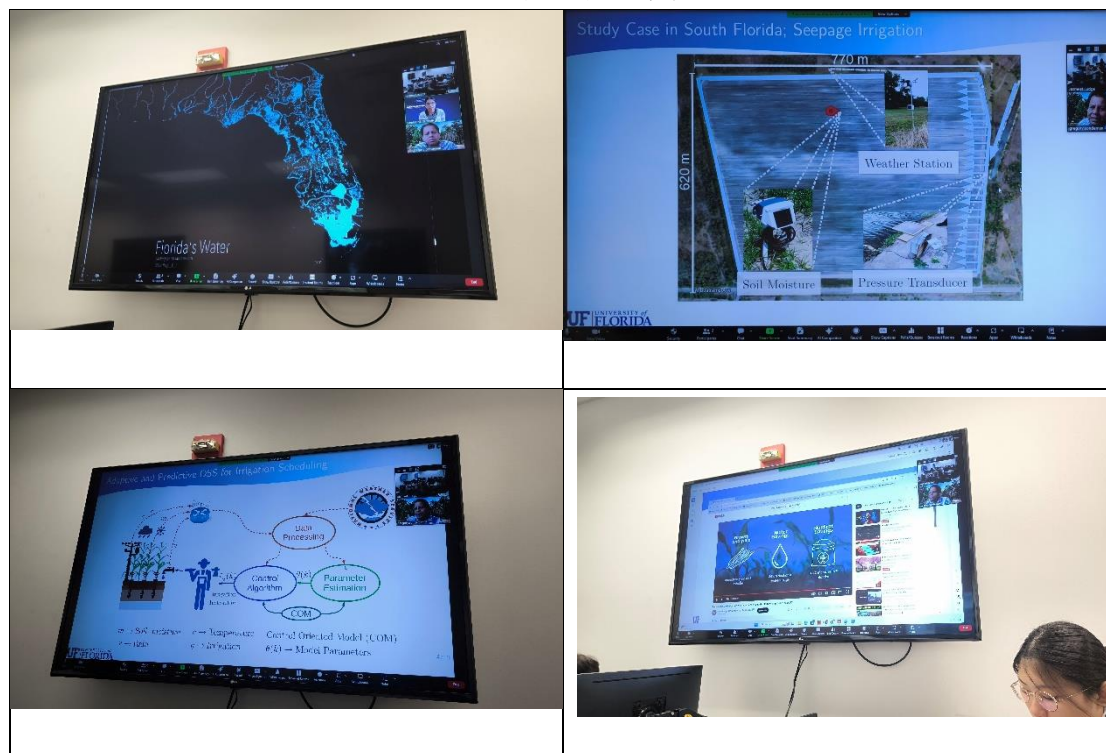
定期進行土壤檢測，了解田區土壤養分缺乏和過剩情況，透過液肥系統精確施肥，並使用堆肥、糞肥或其他有機肥料，改善土壤結構和肥力，同時減少化學肥料使用，並利用 GPS 和數據分析精確施肥，減少浪費和環境影響。建議採用輪作與覆蓋作物保持田區土壤健康，結合生物與化學方法管理病蟲害，減少對化學肥料和農藥的依賴。

## 七、(二) 課程摘要與心得

### 智慧灌溉與水文

本課程以視訊方式授課。

表 2-1 視訊授課實況

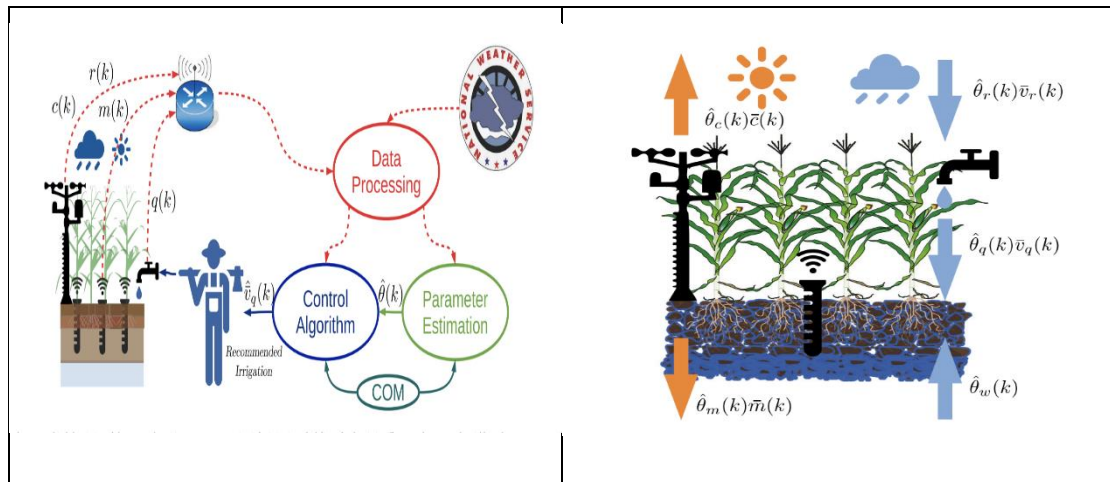


整理課程簡報概要如下：

研究室名稱為智慧灌溉與水文研究室，由 Dr.Gregory Conte 擔任副主任，擁有電子工程師背景，主要致力於技術發展和社會之間的互動，特別是在智慧灌溉領域，團隊的目標是發展決策支援系統 DSS、軟體技術，以促進水資源保護和農業永續發展，研究的重點是將先進的技術應用於農業管理，特別是水耕管理設施的技術發展，我們的研究涉及到智慧灌溉和精準灌溉的區別，並專注於使用感測器、應用程式、控制器和大數據來管理水資源，ERIC monitor 是我們開發的一個決策支援系統，集成了來自多個來源的數據，包括土壤濕度、氣象等相關資訊，我們還進行了一個關於塑膠布覆蓋的專案，利用土壤濕度感測器和自動化系統，評估了灌溉管理對果樹生長和產量的影響，此外，我們還在發展根據高空間解析度土壤濕度地圖的灌溉管理系統，以改善蔬菜農場的灌溉管理。

我們開發了一套自適應和預測性的灌溉管理決策支援系統 DSS，以解決現有灌溉管理工具缺乏整合、無法提供實際建議的問題。這個 DSS 整合了即時作物數據測量、天氣預測和人為操作等因素，能為農民提供精確、實用的灌溉量建議，確保維持最佳土壤濕度。

表 2-2 決策支援系統系統架構及蒐集的參數



DSS 的核心是一個反饋加前饋算法，結合了簡化的面向控制導向模型(COM)制定了 DSS，該模型描述了土壤濕度動態；在數據處理階段，使測量數據與 COM 相容；參數估計階段，保證根據作物測量資訊對 COM 參數進行最佳調整；控制階段，使用參數化 COM、作物測量資訊以及天氣預報資訊來計算適當的灌溉指令計算最佳灌溉水量，將土壤濕度保持在接近所需水準。

我們在南佛羅里達州的商業甜玉米田對 DSS 進行了評估，結果顯示：

1. 模型和估計階段能準確描述土壤水分動態，相關係數和 R 平方值均大於 0.92 和 0.84。
2. 算法能有效調節土壤濕度，確保其保持在所需水平，降低浸出和徑流風險。
3. 可節省 30%的用水量。

我們的目標是將這項技術推廣到佛羅里達州和喬治亞州，並與農民合作，設置土壤濕度感測器和氣象站，以提高水和營養資源的利用效率。



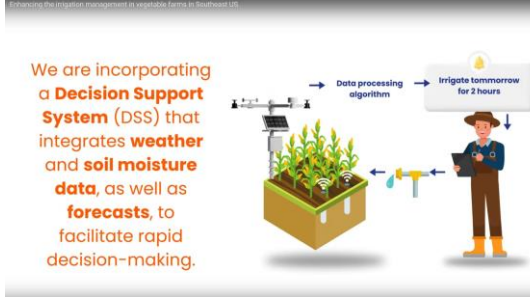
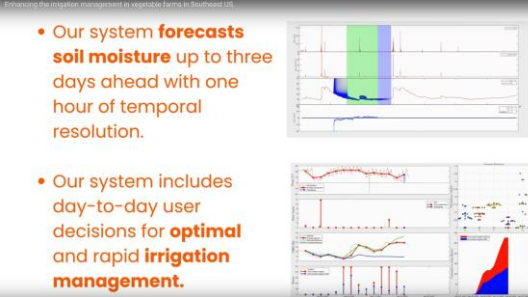




初始階段將著重於農民培訓和技術測試，根據測試結果制定灌溉計劃，並

持續監控和調整。系統會根據計劃的收穫進行評估，並為農民提供相應的培訓。

除了 DSS，我們還引入 Dr.Pondy 開發的新系統，利用氣象預報、土壤水分等數據預測水費浮動，為農民提供更全面的灌溉管理建議。總體而言，我們的 DSS 有潛力成為一個標準化的平台，為灌溉管理者提供最佳、實用的灌溉建議，提高農業效率、減少環境影響，並實現節水目標。



表 2-3 智慧灌溉決策支援系統 DSS 介紹

 <p>Enhancing the irrigation management in vegetable farms in Southeast US.</p> <p><b>CROP WATER DATA VISUALIZATION</b> <b>ONE SHOP FOR ALL</b></p>	 <p>Enhancing the irrigation management in vegetable farms in Southeast US.</p> <p><b>IrrigMonitor</b> is a centralized system that offers <b>real-time insight</b> into soil-moisture levels and can be <b>adjusted</b> based on <b>specific soil conditions</b>.</p>
<p>作物水量數據視覺化一應俱全</p>	<p>系統即時了解數據並依據不同土壤條件調整</p>
 <p>Enhancing the irrigation management in vegetable farms in Southeast US.</p> <p>We are incorporating a <b>Decision Support System (DSS)</b> that integrates <b>weather data</b>, as well as <b>forecasts</b>, to facilitate rapid decision-making.</p>	 <p>Enhancing the irrigation management in vegetable farms in Southeast US.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Our system <b>forecasts soil moisture</b> up to three days ahead with one hour of temporal resolution.</li> <li>Our system includes day-to-day user decisions for <b>optimal</b> and rapid <b>irrigation management</b>.</li> </ul>
<p>DSS 決策支援系統預測並快速決策</p>	<p>提前預測並決策實現最佳及快速灌溉管理</p>
 <p>Enhancing the irrigation management in vegetable farms in Southeast US.</p>	 <p>Enhancing the irrigation management in vegetable farms in Southeast US.</p> <p>By using our system, growers can <b>save up to 30%</b> of water and also <b>maintain nutrients</b> in the soil.</p>
<p>感測器安裝</p>	<p>系統使用實況</p>
 <p>Enhancing the irrigation management in vegetable farms in Southeast US.</p> <p>This system <b>improves crop yield</b> while <b>conserving water and nutrients</b>.</p>	 <p>Enhancing the irrigation management in vegetable farms in Southeast US.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Growth and yield</b>: Increased yield 4,481 lb/acre</li> <li><b>Water Savings</b>: 36% reduction in water usage</li> <li><b>Nutrient Savings</b>: 14.4% increase in P retention</li> </ul>
<p>農作物實況</p>	<p>系統使用效益</p>

## 七、(三) 課程摘要與心得

### 應用人工智慧應用於佛羅里達州特種作物生產流程

#### 一、 何謂精準農業

AI 驅動的感測器和無人機可以提供關於土壤濕度、養分水平和作物健康狀況的即時數據。這些資訊使農民能夠精確管理灌溉、施肥和其他輸入，最大程度地提高產量同時減少資源使用。



圖 2-1 李教授課堂上課



圖 2-2 戶外上課-智慧灌溉

## 二、田地的不同位置存在著空間變異性

在田地的不同位置存在著空間變異性，這種變異性可能影響到以下方面：

1. 土壤肥力：不同位置的土壤肥力可能存在差異，包括土壤中的養分含量和 pH 值。
2. 水分含量：地形起伏和排水情況可能導致水分在不同位置的不均勻分佈。
3. 土壤質地：土壤的質地可能因位置不同而有所差異，這會影響水分保持能力和通氣性。
4. 地形：地形特徵如坡度和高低起伏會影響水流和土壤侵蝕，進而影響作物生長環境。
5. 植物生長勢：不同位置的植物可能呈現不同的生長勢，這可能是由於土壤特性、陽光照射等因素造成的。
6. 雜草/害蟲族群：雜草和害蟲的分佈可能受到土壤特性、植被狀況等因素的影響，在田地的不同位置可能有不同的出現程度和種類。
7. 土壤有機質含量：不同位置的土壤有機質含量可能存在差異，這會影響土壤的肥力和水分保持能力。

針對這些不同位置的空間變異性，農民可以利用技術和管理手段，如精準農業技術和區域化管理策略，以最大程度地優化田地的生產力和資源利用效率。

## 三、特種作物定義

根據美國農業部（USDA）的定義，特種作物包括以下類型：

1. 水果和蔬菜
2. 堅果
3. 乾果
4. 園藝和苗木作物，包括花卉

以下是一些被歸類為特種作物的例子：鷹嘴豆、聖誕樹、可可、咖啡、切花、豆類、乾豌豆、葉子植物、用於葡萄酒的葡萄、大蒜、薑、人蔘、香草、

蜂蜜、啤酒花、薰衣草、扁豆、楓糖漿、蘑菇、有機水果和蔬菜、薄荷、馬鈴薯、海藻、甜玉米、用於人類消費的甜高粱、香草、蔬菜種子，這些特種作物通常需要特殊的種植、管理和收穫技術，並且在市場上往往具有高附加值。因此，對於佛羅里達州等農業地區來說，開發和應用適用於這些特種作物的人工智慧技術尤為重要。

#### 四、柑橘偵測

柑橘偵測的需求如下：

1. 準確的預測：為了規劃和市場行銷，準確的預測柑橘水果的產量至關重要。這有助於農民確定種植策略、定價和市場供應。
2. 基於產量變異性的場地特定管理：不同區域的柑橘樹可能有不同的產量，因此需要基於產量的差異性來進行場地特定管理，以最大程度地提高收成和效益。
3. 計劃收穫操作：柑橘水果的收穫是生產過程中最大的開支之一，因此需要準確地計劃收穫操作，以確保成本效益。

相關柑橘偵測技術的挑戰如下：

1. 光照變化：柑橘樹生長在不同的光照條件下，可能會導致圖像中的光照強度變化，這可能會影響檢測的準確性。
2. 遮蔽：由於柑橘樹的樹葉和果實可能互相遮蔽，因此有時候可能會難以完整地檢測到所有的果實。
3. 分組：柑橘樹上的果實可能會以不同的方式分組排列，這可能會增加檢測的複雜度，尤其是在使用計算機視覺技術進行自動檢測時。

#### 五、未成熟的綠色柑橘偵測技術

在精準農業實驗室進行的研究中，針對未成熟的綠色柑橘進行了以下研究：

1. 高光譜成像：使用高光譜成像技術，通過捕捉柑橘果實的光譜信息，以非常細緻的方式來檢測和分析。

2. 快速傅立葉變換（FFT）泄漏：應用快速傅立葉變換來分析柑橘果實的波形數據，以檢測和定量柑橘果實的特定特徵。
3. 特徵提取：利用特徵提取方法，如特徵值分解（Eigenfruit）、顏色特徵和圓形 Gabor 紋理特徵，來描述柑橘果實的視覺特徵，以協助識別和分類。
4. 霍夫線檢測和尺度不變特徵轉換（SIFT）關鍵點：應用霍夫線檢測和 SIFT 方法，以檢測柑橘果實的邊緣特徵和關鍵點，從而實現對果實的定位和辨識。
5. 絕對變換差之和（SATD）和自適應紅藍色彩圖（ARB）：利用 SATD 和 ARB 方法來進行柑橘果實的圖像處理和特徵提取，以增強果實圖像的對比度和特徵。
6. 快速歸一化互相關（FNCC）：利用 FNCC 方法來計算柑橘果實圖像之間的相關性，以協助識別和匹配柑橘果實的特徵。

這些研究方法結合了先進的影像處理技術和機器學習算法，旨在實現對未成熟柑橘果實的高效、準確的檢測、分類和定位。通過這些研究成果，可以為精準農業中柑橘果園的管理提供更多的 AI 自動化技術。

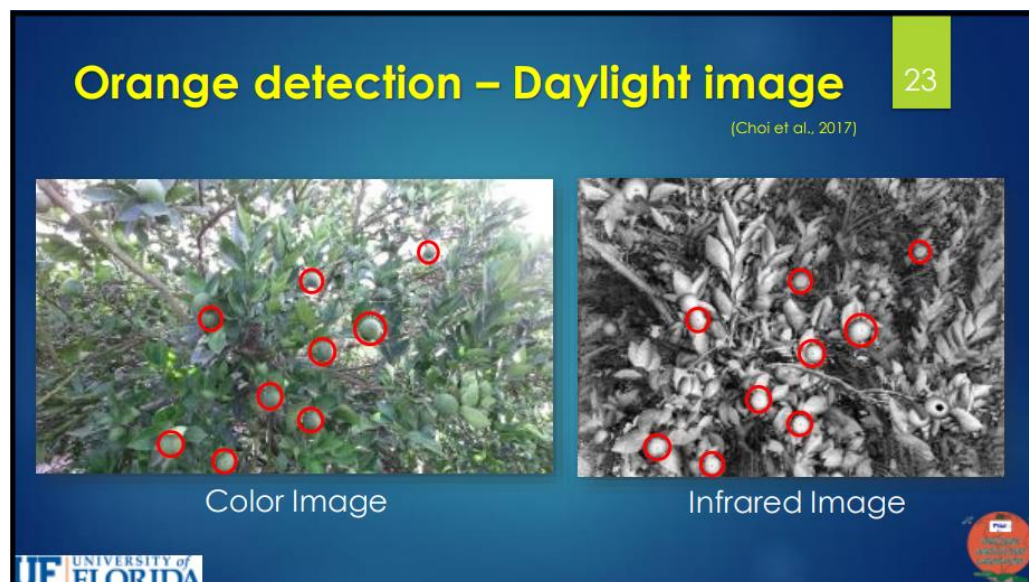


圖 2-3 柑橘數量偵測



圖 2-4 無人地面車輛的自主導航系統

#### 六、草莓花和果實的檢測

草莓花和果實的檢測對於早期產量繪製至關重要。

1. 草莓是佛羅里達州第二大作物，產值高達 4.5 億美元。由於其在當地的重要性，對於草莓產量的準確預測對農民和市場決策至關重要。
2. 一個季節中有幾個主要的結果波動。這意味著在一個季節中，草莓產量可能會出現多次變化，因此需要定期監測和預測。
3. 對於種植者來說，預測產量對於招聘和市場營銷決策至關重要。知道預期的產量有助於他們制定適當的種植策略和市場銷售計劃。
4. 目標是基於機器視覺獲得的花粉計數來估算草莓產量。這意味著利用機器視覺技術，如影像處理和模式識別，來檢測和計數草莓花粉，從而推算出草莓的產量。

這種方法的好處在於它可以提供早期的產量預測，幫助農民和相關利益者在季節初期就做出適當的決策。通過機器視覺技術，可以實現對大範圍草莓田的快速監測和分析，從而提高農場管理的效率和產量的準確性。

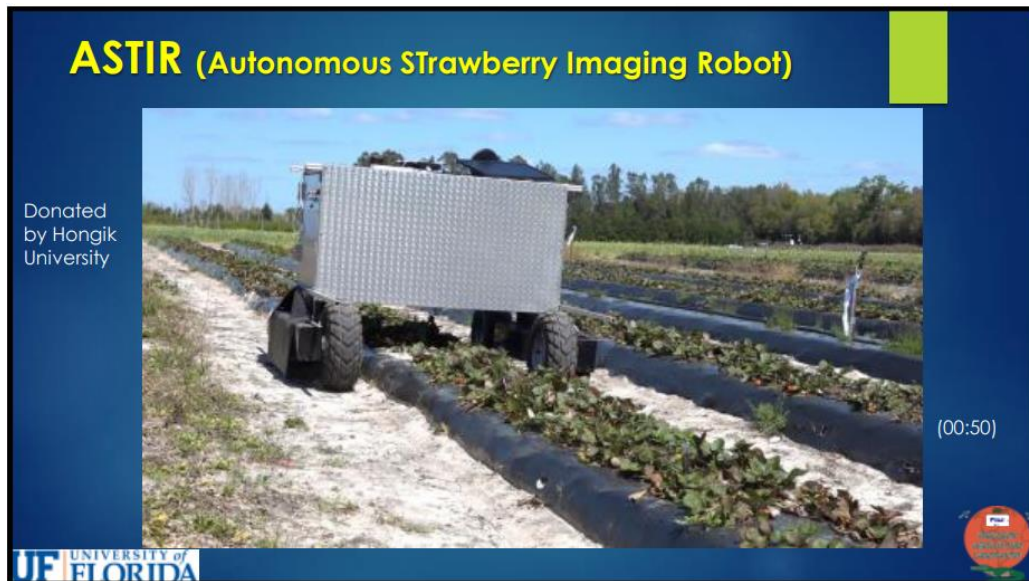


圖 2-5 草莓田自動影像檢測機器人

## 七、(四) 課程摘要與心得

### 以人工智慧精進植物育種工作

#### 一、透過 AI 推進作物育種工作

王教授透過簡報介紹運用人工智慧(AI)學習來加強作物育種工作進行，一個作物品種在育種過程中，會透過其基因型(Genotype)及表現型(Phenotype)來進行篩選，篩選過程中往往需要耗時多年才能育成一個新品種，而透過 AI 的技術可以取代過去以人工的方式，在作物生長期前期，甚至是透過基因檢測，快速篩選出所希望的品種特徵，且 AI 也能快速判視目標品種是否帶有品種特徵所需要的基因，因此 AI 的應用在作物育種上已是不可或缺的重要技術。

#### 二、目前 AI 應用於國內育種工作推動情形

近年來 AI 技術應用於農作物改良繁殖，已應用於輔助檢測水稻種子品種及發芽以維持我國稻米種子的品質，透過 AI 影像辨識技術，已針對水稻種子外觀，建立數位化判斷模式，並可準確分別我國主要數種重要水稻品種，且透過建構水稻幼苗影像擷取裝置、整合影像設備與載具、建立幼苗影像資料庫與影像辨識模式，降低種子檢查耗費人力、提升檢查效率並減少人為主觀判定造成之誤差，增進作物育種工作效率。

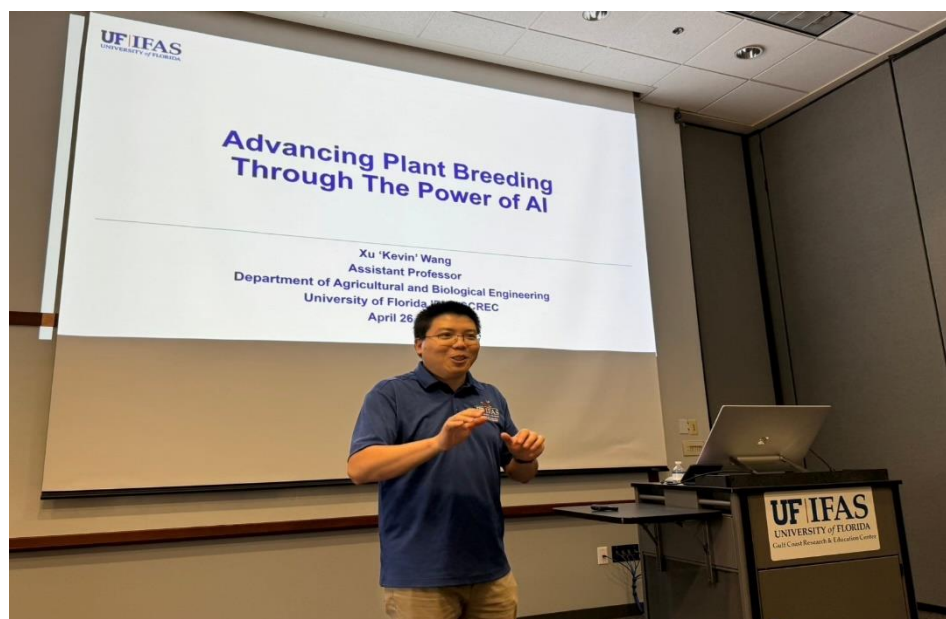


圖 3-1 Xu Kevin Wang 教授「透過 AI 推進作物育種工作」



## 七、(五) 課程摘要與心得

### 以機器學習、合成數據和數字孿生技術提高草莓的可持續作物生產

#### 一、 運用機器學習持續加強作物生產數據剖析

崔教授透過簡報介紹利用機器學習技術來預測作物的產期與產量，簡報中以當地主要作物草莓為例，藉由觀察草莓營養生長期(vegetative phase)的生長狀況來推估其生殖生長期(reproductive stage)的時間，以利田間管理以及精準控制灌溉用水、肥料及農藥的投入。於作物生殖生長期初期透過機器影像判視預測作物產期以及產量，以利後續採收作業之人力安排及預先預測市場銷售量，在不影響作物品質的情況下提供穩定的產量。

#### 二、目前機器學習應用於國內農產業之情形

近年我國正面臨農業轉型，為衡酌未來發展之趨勢，我國農業部門致力於農機研發、試驗改良及示範推廣等工作，目前機器學習技術之研究概況主要針對訓練採收及農作相關作業機械模式，以減少人工勞力需求，降低人工田間管理成本及加速產業的升級。未來以期投入更多面向之研究，使我國農業產業升級。

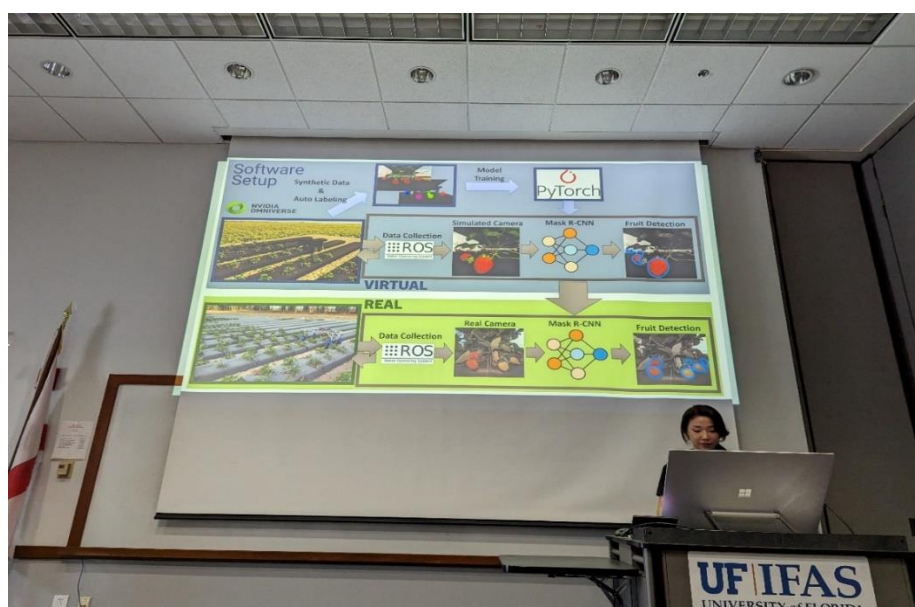


圖 4-1 Daeun (Dana) Choi 教授「運用機器學習持續加強作物生產數據剖析」

## 七、(六) 課程摘要與心得

### 智慧作物營養管理

在 4/26 下午，GEREC(University Of Florida-Gulf Coast Research And Education Center)的 Dr. Shinsuke Agehara 為我們講解智慧作物營養管理，首先，作物的營養管理有 5R 原則，分別為正確的來源、正確的用量、正確的時間、正確的地點和正確的灌溉，而下列五種原則分別會有其單獨影響以及交互影響。

### 5R's of nutrient management



圖 5-1 營養管理的 5R 原則

首先，Dr. Shinsuke Agehara 為我們提到氮肥的施用時間和用量對草莓的產量有著顯著的影響，那何時為正確的施肥時間與施肥量呢？他的研究顯示在植物生長早期與中期施肥對作物的生長的幫助較大，也因此建議在早期和中期以較高的比例來施用肥料，隨後在季末減少用量，並且劑量如下圖二紅線所示，並且也跟據實驗結果修改了當地的施作栽培手冊。

## Dose response depends on the growth stage

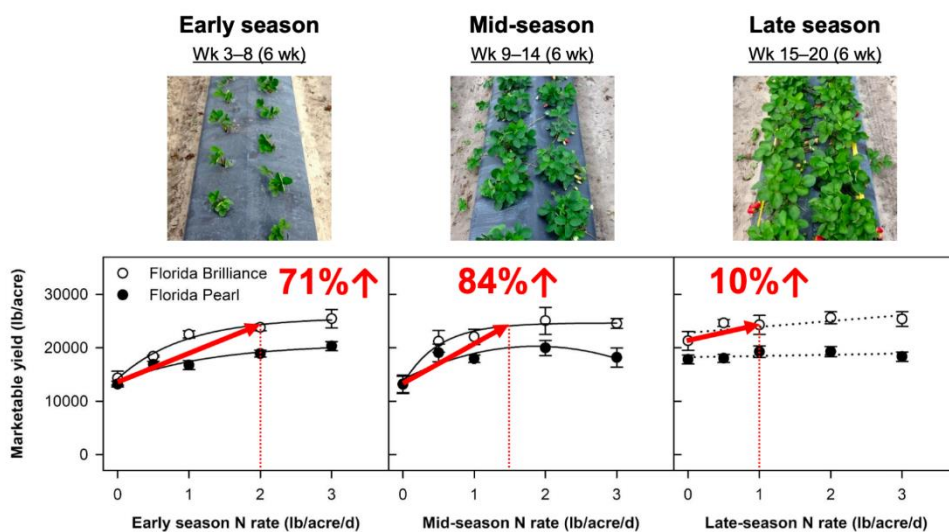


圖 5-2 草莓在不同施肥量與施肥時間點之產量

後續，Dr. Shinsuke Agehara 進一步探討為什麼早期施用肥料將導致產量上升。主要原因為根系形態和功能對營養吸收至關重要，如下圖二，根系發展的完全會提升肥料的吸收度，若根系的发展受限制於移植區則大部分的肥料將透過土壤滲漏，流入地下水層形成汙染，因此植物早期根系的發展相當重要，這也是為何早中期施用肥料會有較好的成果，因早中期施用肥料將使根系發展較健全，這也導出了 Dr. Shinsuke Agehara 針對土地保水的應用。

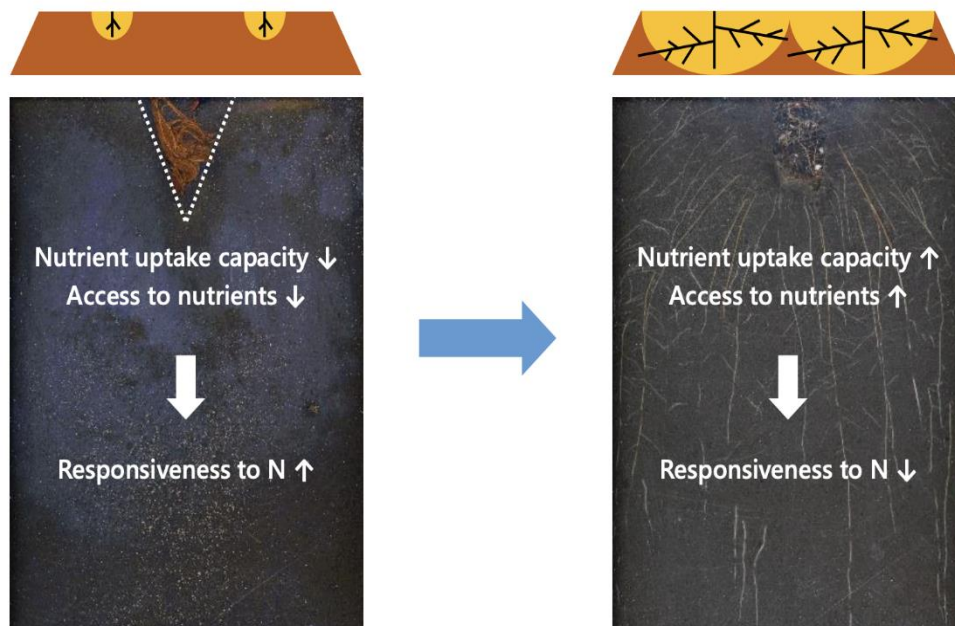


圖 5-3 根系發展受限將導致植物吸收但含量少，土壤氮含量上升

再者，Dr. Shinsuke Agehara 提到如何在當地 95% 以上的砂質土當中留著水？答案是正確的灌溉，也就是有效率的使植物吸收，實際方法為特別在砂質土下施作一層壓密的堆肥層參下圖三四，透過此壓密堆肥層流住灌溉水，並且他的研究也發現植物根系在此種土壤處理方法下的發育變得更好，如下圖五所示，此種土壤處理達成了正確的地點和正確的灌溉，正確的地點指的是植物的吸收器官，正確的灌溉指如何有效地使植物吸收。由於當地的作物草莓時常需要移植，故如何使移植後的草莓有好的生長品質為當地重要的課題。草莓的生長可以分為三個階段，深根階段：年輕的移栽苗需要提供可用的營養素進行初始生長。可能需要使用起始肥料或較高的氮率。結果期：在果實結果的高峰期，鉀的施用對果實品質和大小至關重要。應平衡氮的使用量以避免過度的葉片生長；收穫後期：注重補充隨著果實收穫而去除的營養素，並促進下一季作物的新莖發育。

最後，Dr. Shinsuke Agehara 提到他們正在進行的新計劃：AI 辨識植物營養缺乏症狀，不同的營養素對於植物來說有不同的影響，如氮（N）：對葉子生長、果實發育和生長的分蘗至關重要，但過量的氮可能延緩果實成熟並增加疾病的感染。磷（P）：促進根系發育、開花和結果，缺乏磷可能導致生長受阻和果實品質差。鉀（K）：促進細胞壁的強化、果實品質和耐寒性，缺乏鉀導致植株虛弱、果實大小差並增加疾病風險。鈣（Ca）：對細胞壁的強度和果實的硬度至關重要，缺乏鈣可能導致果實變軟和頂芽腐爛。鎂（Mg）：對葉綠素的生成和光合作用至關重要。缺乏表現為葉片變黃。鐵（Fe）、鋅（Zn）、錳（Mn）：在植物功能中扮演各種角色。缺乏可能在葉片上引起各種視覺症狀。因此 Dr. Shinsuke Agehara 希望透過人工智慧進行圖像辨識，判斷目前作物遇到的生長困境與需要的處理。

## 七、(七) 課程摘要與心得

### 無人機判識

Dr. Yiannis 透過無人機和 AI 結合，使用空拍機巡視田區，透過影像資料與 AI 運算學習，確認田區現況，改善既有農業巡視田區作物生長情況、是否需要灌溉（或施肥）及產量計算等繁瑣工作，讓農友可以更直觀與方便掌握作物生長狀況。

#### 一、 無人機蒐集資料

無人機可搭載不同鏡頭捕捉可見光數據，透過 AI 運算確認田區作物健康程度、肥料供給、生長狀況及其他疾病發生，並搭配相關商業軟體，可生成作物生長數據地圖，確認目前生長狀況，並給出建議方案，再透過影像判讀得到採收時間與產量預估，讓農民可有效掌握產值與產量，讓產值最大化。

#### 二、 無人機運用於田區巡視

無人機可以依照預設的路徑自動飛行，對田區進行定期巡視，收集高分辨率影像和視頻資料，農民亦可通過即時監控視頻回傳功能，直接查看田區的現況，及時發現問題，透過無人機拍攝的影像資料可生成田區的三維模型，提供更直觀的視覺化效果。

#### 三、 AI 運算與管理決策

透過 AI 分析無人機拍攝影像，可識別作物的生長狀況、病蟲害和缺水缺肥的狀況，通過機器學習，AI 可根據作物的生長需求和土壤營養狀況，精確計算施肥量，進而能識別和預測作物生長趨勢，幫助農民做出科學的管理決策，亦可透過 GPS 定位所需灌溉的區域，並自動執行灌溉任務，避免水資源浪費。

#### 四、 產量估算

透過無人機影像資料，由 AI 分析歷史數據和當前生長狀況，建立產量預測模型，幫助農民預估收成，做好市場和銷售計劃。

#### 五、 無人機和 AI 結合的優勢

無人機可以在短時間內覆蓋大面積田區，顯著提高巡視效率，減少人工勞動，AI 運算可精確用於田間灌溉和施肥，避免水資源（或肥料）浪費且可減少環境污染，並及時發現病蟲害和其他問題，減少作物損失提高農業收益，高分辨率影像和 AI 分析提供了精確的作物狀況數據，幫助農民做出更科學的決策。

## 六、無人機之劣勢

目前無人機受到電池壽命和天氣條件的限制，飛行與拍攝時間每組電池約為 30 分鐘，為完成作業需多準備電池更換，方能完成拍攝與巡視任務，故無人機續航時間為重要待解決問題。

無人機與 AI 的結合為現代農業帶來了革命性的變革，在農業方面有分很大潛力，通過 AI 機器學習，農友可優化資源使用，提高種植效率，增加作物產量，同時最大限度地減少環境影響。通過高效的田區巡視、精確的數據分析和自動化的管理措施，農民可以更直觀且方便地掌握作物的生長狀況，實現高效的農業管理，提升農業生產力和可持續性。未來，隨著技術的不斷進步，這一領域將會有更多創新應用，進一步促進農業的現代化發展。



圖 6-1 無人機與 AI 應用

## 七、(八) 課程摘要與心得

### 微波遙感技術應用於農業水文

#### 一、我們在電磁光譜的 VI - IR 區域測量什麼？

在電磁 (EM) 光譜中，可見光和紅外線 (IR) 區域對應於不同的波長範圍。以下是在這些區域中我們所測量的事物：

1. 可見 (VI) 區域：這是電磁光譜中對人眼可見的部分。其波長大約介於 400 奈米 (nm) 到 700 奈米之間。在這個區域中，我們測量可見光，它由從紫色到紅色的各種顏色組成。每個顏色對應於一個特定的波長範圍，紫色的波長最短，而紅色的波長最長。

2. 紅外 (IR) 區域：這個電磁光譜區域位於可見光譜之外，其波長長於可見光。它的波長範圍大約從 700 奈米到 1 毫米。在紅外區域，我們測量紅外輻射，它對人眼是看不見的，但可以感受到作為熱量。紅外輻射常用於各種應用，如熱像儀、遙感和通信。

總結來說，在可見區域，我們測量人眼所能感知的可見光，而在紅外區域，我們測量紅外輻射，它對人眼是看不見的，但可以感受到作為熱量。

#### 二、我們在電磁波譜的微波區域測量什麼？

在電磁 (EM) 光譜的微波 (MW) 區域，我們測量微波輻射。這些微波是一種電磁輻射，其波長範圍從約 1 毫米到 1 米。微波具有較長的波長，因此其能量較低，無法被人眼看見，但可以透過特定的儀器和設備來檢測和測量。微波技術廣泛應用於通信、雷達、衛星通訊、微波加熱等領域。微波信號對土壤和作物中的水分、土壤粗糙度和作物幾何形狀都非常敏感。這些特性影響了微波信號在地表和植被中的反射和散射。



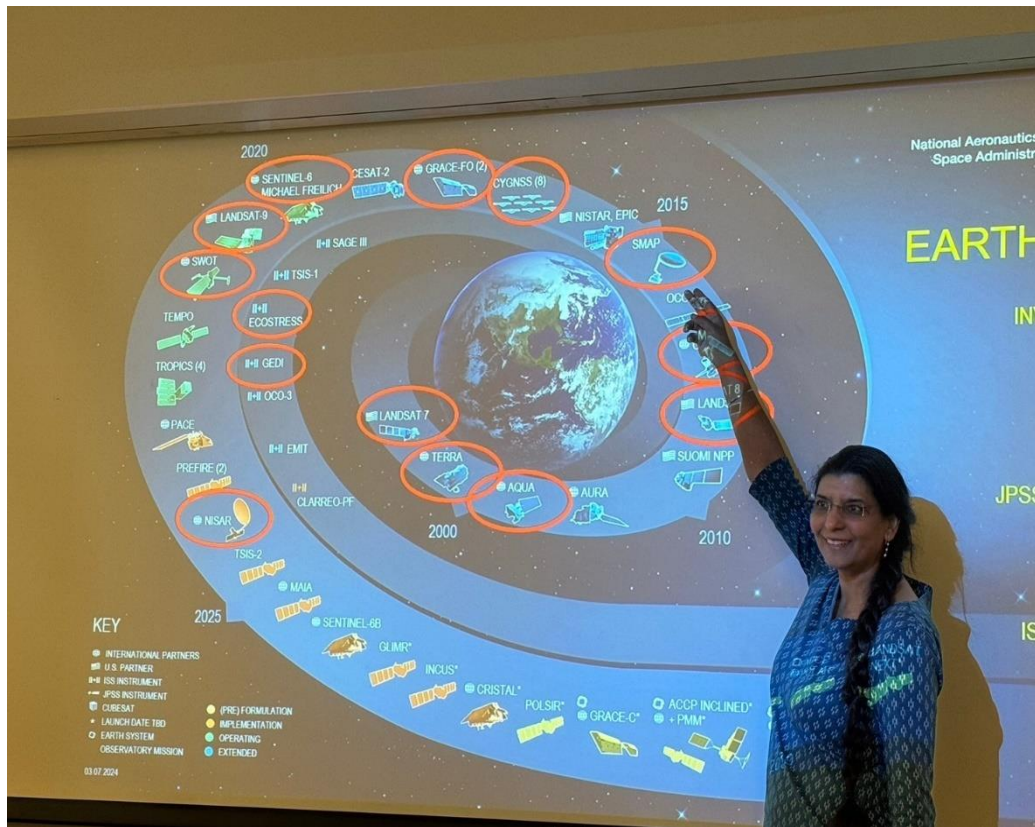


圖 7-1 Dr.Judge 課堂介紹衛星類別與應用

### 三、遙感技術應用於農業水文

在農業水文學中，遙感技術在農業領域的應用是相當重要的。透過遙感技術，可以使用不同波段的電磁輻射來獲取地表和植被的信息，進而了解土壤、植被和水文循環等方面的情況。

以下是與農業水文學相關的電磁譜的不同波段及其特點：

1. 可見光 (Visible) 和近紅外 (NIR)：這些波段對植被和土壤表面層的分子共振敏感。它們可以提供關於植被的生長狀態、葉綠素含量等信息。
2. 遠紅外 (MIR) 和中紅外 (MWIR)：這些波段的輻射能夠穿透植被並進入土壤表層。它們對作物和土壤的溫度、幾何和介電特性非常敏感。
3. 微波 (MW)：這些波段的輻射波長更長，能夠穿透植被進入土壤中，因此對於觀察作物和土壤的濕度非常敏感。微波遙感技術可以在白天和夜晚進行觀察，甚至在多雲和雨天條件下也能進行觀測。

農業水文學中的遙感技術通常利用不同波段的電磁輻射來獲取關於土壤、作物和水文循環的信息，這些信息對於農業管理、灌溉決策和水資源管理非常重要。

#### 四、應用微波觀測資料於水文模型

根據 NASA 的 Soil Moisture Active Passive (SMAP) 任務，每 2-3 天將提供來自地表的土壤濕度數據，並且這些數據將在距離地表 10 公里的範圍內進行測量。SMAP 衛星任務的目標是利用主動和被動的遙感技術，獲取地球表面的土壤濕度資訊。這些資訊對於農業、水資源管理、氣候變化監測等方面具有重要意義。由於土壤濕度的變化可以影響農作物生長、地表水循環以及氣候系統，因此獲取這些數據是非常有價值的。

應用微波觀測資料於水文模型中，以改善農業水資源管理、作物水分利用和生產力，以及土壤和作物條件，這是一個具有潛力的應用領域。以下是幾種可能的方法：

1. 模型建立：使用佛羅里達大學農業與生命科學學院 (UF/IFAS) 開發的水文-作物-微波模型。這種模型將結合水文學、作物生長和微波遙感數據，以模擬土壤濕度、作物生長和產量等變化。
2. 微波衛星遙感數據：利用微波衛星遙感數據，如土壤濕度 (SM) 數據，以及觀測到的散射係數 (TB) 和極化特性 ( $\sigma_0$ )。這些數據通常在較大的空間尺度 (25-40 公里) 上提供。
3. 數據集整合：將微波觀測數據 (如土壤濕度) 與其他資料 (如降雨量、作物特性等) 整合，以模擬土壤濕度 (RZSM) 以及作物的生長、表現和產量。
4. 細分和同化：將微波觀測數據細分至較小的空間尺度 (<1 公里)，並將其同化至模型中，以改進模型的精度和可信度。
5. 回歸算法：開發土壤濕度和作物參數的回歸算法，以利用微波觀測數據進行模型驗證和校正。

6. 機器學習和優化：利用機器學習技術進行時空尺度的擴展和優化，以改進模型的預測性能和準確性。

儘管微波觀測數據在改善農業水管理方面具有巨大潛力，但目前仍存在一些問題，例如缺乏全生長季節的詳細數據集，這將需要進一步的研究和數據收集。



圖 7-2 電腦教室 Google Earth Engine 實作

## 七、(九) 課程摘要與心得

### 透過地理空間系統與多模態遙測進行生態系分析與管理

在 5/02 上午，Dr. Aditya Singh 為我們介紹他兩大部分的研究，首先為利用遙測技術探討森林樹冠層生物量的變化，接著將視角移動到印度，探究如何利用遙測技術分析印度的社會經濟變化與社會不平等。

首先，Dr. Aditya Singh 先介紹高光譜遙測(hyperspectral remote sensing)，高光譜遙測是一種收集大量光譜波段資料的遙測技術，與傳統的多光譜遙測(multispectral remote sensing)相比，高光譜遙測技術有更詳細的波段可以反應植物生長的不同細節如圖 8-1。

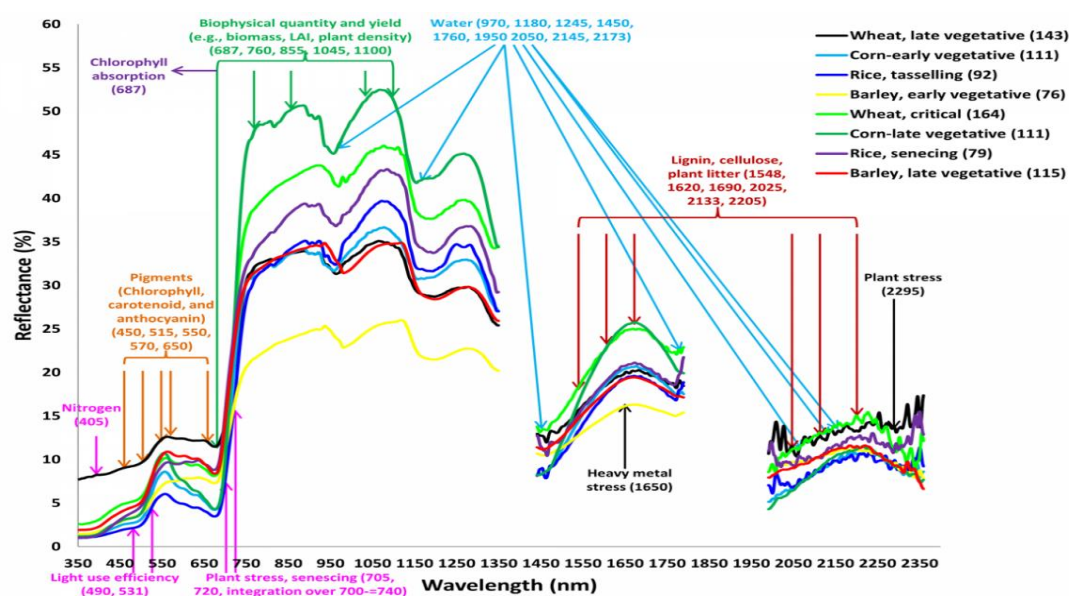


圖 8-1 不同植物之營養素對不同遙測波長之反射度

並且，Dr. Aditya Singh 討論了未來潛在的發展方向：

- 一、 新形態資料來源：整合來自網路、社群媒體等資料，以擴充社會經濟資料集。
- 二、 先進的機器學習技術：發展用於土地利用變化預測和情景建模的算法，以制定明智的政策。
- 三、 開源工具和平台：推廣易於使用的地理空間分析工具，以擴大應用範圍。

## 八、（一）參訪摘要與心得

### 佛羅里達大學植物科學研究與教育中心

植物科學研究和教育單位(Plant Science Research and Education Unit, PSREU) 為佛羅里達大學食品和農業科學研究所的一處研究設施，提供研究所內的教職人員進行各種耕作方法及特種作物之研究計畫、促進實踐課程，此外，其具有充足設施，可提供數千名學生進行教學與參訪設施。

而 2011 年由 Magna International Inc 的創始人捐贈 1.5 億美元，提供 PSREU 建立佛羅里達大學植物科學研究與教育中心，包含設置開放式展館、會議室、實驗農地等，提供佛羅里達大學教職員更好、更大的農業與作物研究空間。

園區內所與種與試驗的作物種類主要視佛羅里達大學教職員與相關研究主題進行，大多為玉米小麥等雜糧、柑橘、草莓等。

#### 一、灌溉用水水源—地下水

由於佛羅里達地區灌溉用水主要來源為地下水，研究中心內有 5 口地下水井，抽取地下水以提供園區內所有作物灌溉所需。此外，由於園區範圍廣大，為使灌溉用水可送達各處，園區地下佈設許多管路，將水量送至各實驗田區灌溉設施旁，以充足提供作物需水。



圖 9-1 研究中心所地下水井提供灌溉用水



圖 9-2 灌溉設施透過地下管線取水

## 二、農場研究作物與環境

研究中心的農場致力於抗病品種的培育工作，作物方面，採用各項佛羅里達主要或常見作物進行育種、種植試驗，雜糧類包含玉米、小麥，水果類則有柑橘、藍莓、橘子、石榴、葡萄柚，以及茶樹、草皮、觀賞作物等。

作為充滿可食作物的實驗農場，農場裡充滿許多野生動物，包含鱷魚、蛇類與鳥類等。野生作物雖然代表該地區的生態繁榮，同時也會對作物種植及農場管理造成一定影響，如鳥類啄食影響收成量數據等，但由於各地對於野生動物保護法規，只能進行驅趕，不能進一步捕獵。



圖 9-3 農場內種植柑橘樹進行黃龍病的抗病種改良

## 三、多元灌溉方法

在農場內可見多類灌溉方法與設施，並且大多以結合遠端操作灌溉。其中灌溉範圍最大者為噴灌，採用大型線性噴灌車，並且可分為頂部噴灌及底部噴灌，主要針對玉米、小麥等作物，並且為了減少灌溉水蒸發損失，通常在夜間進行灌溉操作，灌溉頻率也考量降雨、土壤類型及不同作物的需求，並且可以結合各類型肥料一同噴灑。頂部噴灌可結合遠端遙控，使灌溉操作可以更便捷與靈活，灌

溉範圍更大，而底部灌溉則可更貼近地面，灌溉範圍更為精確。

園區果樹也多採取噴灌或滴灌系統，如葡萄柚、柑橘、藍梅樹等，皆於地面佈設噴灌管線，而草莓則設置架高種植盆，採用滴灌。



## 八、(二) 參訪摘要與心得

### 北佛羅里達教育研究農場蘇旺尼谷農業推廣中心

北佛羅裡達研究與教育中心 North Florida Research & Education Center (NFREC)係佛羅里達大學最大、最多元化的單位之一，由位於佛羅裡達州昆西和瑪麗安娜的研究和教育校區組成。其擁有 16 名在職教職人員，來自 8 個學術部門和森林、漁業和地理資訊科學學院，其中包含 3 名退休教職員以及充滿活力的博士後助理、科學/農場/行政人員等。北佛羅裡達研究與教育中心合作機構、單位繁多，包含聯邦及州政府的農業部門、環境保護單位、野生動物保護單位、自然資源保護局、水資源管理局，此外，林業、農業化學等各領域也參與了 NFREC 的相關計畫。NFREC 的研究和推廣計畫旨在幫助農業和自然資源使用者，在不斷變化的社會經濟和環境意識環境中，可以適應和有效管理資源及農業運營，同時兼顧營運收入。

蘇旺尼谷農業推廣中心 SVAEC Suwannee Valley Farm Center 是 NFREC 的一個單位。SVAEC 為農業推廣示範單位，致力農業應用研究及推廣教育，將推廣中心相關研究成果向鄰近的農場農民進行推廣與教育。



圖 10-1 佛羅里達大學植物科學研究與教育中心參訪合影

## 一、提升水耕蔬菜穩定生產

在蘇旺尼谷農業推廣中心，研究人員從事各種研究項目涵蓋了農業生產的各個方面，包括種植技術、育種研究、作物保護等，這些研究成果不僅可以幫助農民提高收益，還可以促進當地農業的可持續發展，將最新的農業技術應用到農業種植與管理，可以提高農產品的品質和產量，同時降低生產成本，從而增加農民的收入。

其中水耕蔬菜培育貨櫃係為解決佛羅里達夏天天氣炎熱，無法生產蔬菜的困境，所研發出的耕作模式。將小型貨櫃內設置精準嚴密的溫度、濕度、人工光照、肥料控制系統，形成一個封閉、恆溫，並且適合水耕蔬菜生長的環境，可以在四季都持續、穩定生產水耕蔬菜，可以讓蔬菜農維持水耕蔬菜穩定生產鏈。惟水耕蔬菜培育貨櫃目前仍有問題需要進一步解決，包含維持系統運作所需大量電力與電費、進口設備成本高昂等，使不易向農民推廣。



圖 10-2 水耕蔬菜培育貨櫃



圖 10-3 水耕蔬菜培育盤

## 二、多種溫網室種植實驗

溫網室相較露天耕作，可以降低溫度、光照、降水、蟲害等對於作物的影響。在蘇旺尼谷農業推廣中心設有多種類型的溫網室，針對草莓、番茄、花卉等作物進行栽培及育種試驗，包含簡易棚頂網室、半開放網室、溫室等。

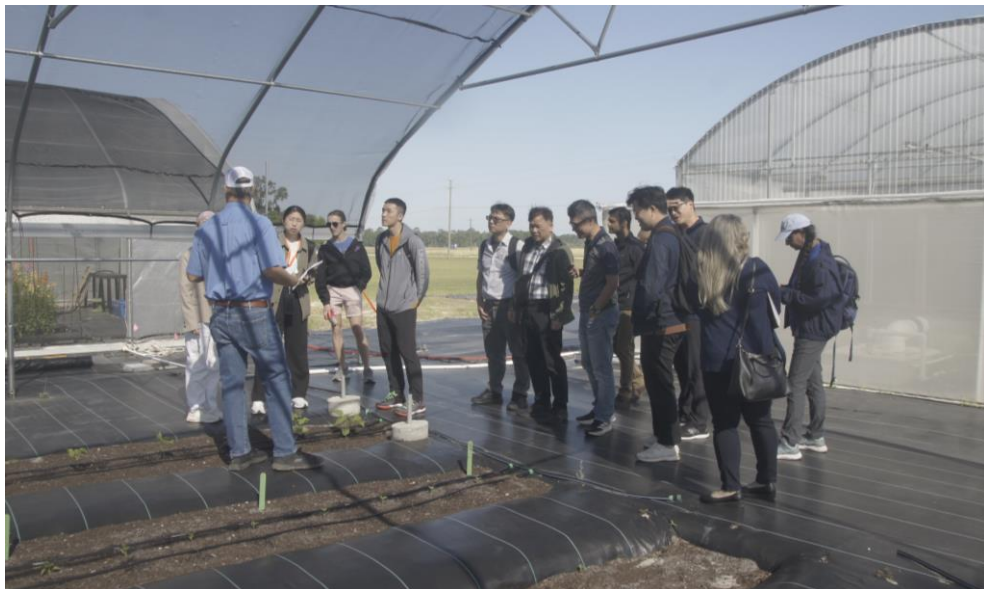


圖 10-4 簡易棚頂網室栽種草莓



圖 10-5 半開放網室栽種花卉



圖 10-6 溫室栽種番茄

### 三、分區輪流耕作穩定地力

除室內耕作試驗外，蘇旺尼谷農業推廣中心設有輪耕試驗農地，將一塊農地劃分為四個區域，每年輪流種植玉米、花生、胡蘿蔔、巴西亞草(休耕)，同時於田間設置滲漏水回收系統，定期採樣滲漏到土壤下的灌溉水，檢測水質及土壤含水量、滲漏速度等資料，以了解農業活動對於土壤及地下水水質的影響，並且透過四年輪作的方式，以巴西亞草改善土壤結構及土壤保水能力，穩定農場土壤地力。此外，輪耕農地為提升灌溉效率與精準度，係採用圓形大型噴灌車進行灌溉。



圖 10-7 Dr. Vivid 講解四年輪耕及滲漏水回收系統組成



圖 10-8 四年輪耕試驗農場現況及大型噴灌車

### 三、農民競賽推廣最佳化灌溉模式

每個農場主人對於種植作物都有不同的灌溉時間、水量、肥料種類、施灑方式、施灑肥量等獨門祕訣。但為了降低農民對於增加灌溉水量及肥料量以提升作物產量的迷思，蘇旺尼谷農業推廣中心舉辦了農民比賽，在推廣中心內設置相同大小的坵塊作為比賽場地，農民須提前規劃種植作物品種（今年是玉米）、種植時間、灌溉頻率、肥料用量、收成時間，甚至銷售市場與價格等，主辦方則依照農民提供的種植規劃進行耕作與銷售，比賽贏家為益本比最高之參賽者，並且在比賽結束後公布贏家的耕作規劃，提供其他農家參考以提升灌耕作效益。



圖 10-9 推廣中心舉辦農民比賽之種植場地（玉米）

## 八、(三) 參訪摘要與心得

### 伊切圖克尼湧泉公園

佛羅里達州以豐富的石灰岩地形與湧泉聞名，並設有多個石灰岩地質公園。其中，伊切圖克尼湧泉公園佔地約 2,669 英畝，並有許多海狸、水獺、雀鱧、鱉、野生火雞、鴛鴦和林鴨等以生動物在此生活繁殖，此公園最吸引人的地方是八個主要的水晶般清澈的泉水，匯流形成 Ichetucknee River。公園內樹林繁茂、鬱鬱蔥蔥，自然湧泉形成的水池交錯座落其中，沿著步道就可以到達。因為泉水清澈，在這邊可以潛入泉水底，一睹地表下複雜壯觀的石灰岩洞穴地形。



圖 11-1 伊切圖克尼湧泉公園 Blue Hole Spring

## 八、（四）參訪摘要與心得

### 魔鬼密爾頓地質公園

石灰岩雖具有一定硬度，但遇水易溶解。弱酸的雨水滲入地下侵蝕石灰岩，透過長時間的侵蝕，地下形成灰岩洞，當地下無法支撐地表重量坍塌，即形成水槽、水道。當鄰近區域發生降雨，雨水從周圍土壤滲入地底，到了水槽底部後又湧現出地面，形成湧泉。而密爾頓地質公園的天坑就在這樣情況下反覆出現湧泉又乾涸，形成了特殊的水文地質現象，同時造就了州為茂盛的林地植被。

此外，研究人員在密爾頓地質公園，發現了許多隱藏在各個不同岩層的生物化石，包含最上層的陸生動物牙齒與骨骼、第二層的海洋生物牙齒與貝殼化石，說明了佛羅里達曾經低於海平面。此外，從陡峭懸崖下的天坑也可以了解石灰岩地形形成天坑的時間，大約是在近幾百年左右形成。



圖 12-1 密爾頓地質公園湧泉在枯水期乾涸





圖 12-2 密爾頓地質公園天坑的形成說明示意圖

#### 八、（五）參訪摘要與心得

##### 奧卡拉濕地公園

奧卡拉濕地公園位於佛羅里達州奧卡拉市，是一個佔地 60 英畝的重要環境地標。這個公園每天接收約 300 萬加侖經過處理的廢水和雨水，通過一個設計精巧的生態系統來減少水中的營養物質和其他污染物，並將淨化後的水直接回灌到含水層中。這不僅對當地的水資源管理具有重要意義，還為居民和遊客提供了一個學習和休閒的場所，公園特色如下所示

1. 利用處理過的廢水和雨水來補充地下水，有助於保護水資源。
2. 擁有豐富的野生動物，是觀賞鳥類、兩棲動物和爬行動物的理想場所。
3. 設有 2.5 英里的鋪砌步行道，適合散步、慢跑和騎自行車。
4. 設有涼亭、教育展覽和信息亭，可供遊客休息和學習。

綜上所述，奧卡拉濕地公園內設有 2.5 英里的鋪裝步道和風景如畫的木板路，這些步道將遊客帶入一個充滿生機的自然環境中。公園的步道名稱多以野

生動物命名，如蝸牛環路、鱷魚環路和青蛙環路，這些步道讓遊客可以近距離觀察當地的動植物。此外，公園還設有教育展示牌，提供有關水循環過程和當地生態系統的詳盡信息，這些設施旨在提高公眾對環境保護的意識。

奧卡拉濕地公園的建設具有重要的環境效益。該公園利用處理過的廢水和雨水來補充地下水，有助於保護水資源。地下水是佛羅里達州的重要水資源，為居民、企業和農業提供用水。隨著人口的增長和氣候的變化，地下水的壓力越來越大。奧卡拉濕地公園通過補充地下水，有助於緩解地下水的壓力，確保水資源的可持續利用。此外，奧卡拉濕地公園還具有改善水質的作用。處理過的廢水和雨水在流經公園的濕地時，會被植物和微生物淨化，從而去除其中的污染物。因此，公園排放的水質要優於未經處理的水質。

奧卡拉濕地公園具有重要的教育意義。該公園設有教育展覽和信息亭，向遊客介紹濕地的生態系統、水資源保護和環境保護的重要性。此外，公園還經常舉辦教育活動，例如導覽、講座和研討會，提高公眾的環境意識，也是遊客了解濕地生態系統和水資源保護的理想場所。通過參觀公園，遊客可以學習到有關濕地生態系統的知識，了解水資源保護的重要性，並提高自身的環境保護意識。

奧卡拉濕地公園還因其創新的環保設計獲得了全國性獎項，如 2021 年獲得的國家娛樂和公園協會(NRPA)創新保護獎。這項獎項旨在表彰那些在公園設計、健康與福祉、保護和社會平等方面做出卓越貢獻的機構。

奧卡拉濕地公園是一個集休閒、教育和環境保護功能於一體的綜合性公園。該公園不僅為遊客提供了休閒和娛樂的場所，而且還具有重要的環境效益和教育意義。



圖 13-1 廢水在濕地中被植物和微生物淨化



圖 13-2 解說人員說明公園淨化機制



圖 13-3 公園溼地中的地陷(sinkhole)造成水快速流失



圖 13-4 說明廢水淨化機制的模型

貼文 關於 影片 更多 ▾



Ocala Wetland Recharge Park ...

14小時 · 設定

On Thursday, April 25, the UF/IFAS Center for Remote Sensing brought a delegation of distinguish…… 顯示更多



圖 13-5 團員參訪活動登上官方 Facebook

## 八、(六) 參訪摘要與心得

### 佛羅里達大學海灣沿岸研究與教育中心

Dr. Natalia Perez 的講座深入探討了草莓疾病的診斷技術，並特別強調了人工智慧在這方面的新進展。她首先介紹了傳統的診斷方法，這些方法通常依賴於在培養皿中培養真菌樣本。這種方法雖然準確，但需要一周的時間來獲得結果，這大大限制了農民能夠快速反應並控制疾病的能力，導致潛在的損失擴大。

Dr. Perez 接著討論了分子檢測技術，尤其是聚合酶鏈反應 (PCR)。這項技術通過識別疾病的特定 DNA 模式，可以在 24 至 48 小時內提供診斷結果。這大大縮短了診斷時間，讓種植者能夠更迅速地採取應對措施。然而，這種技術的成本較高，且在大規模應用上存在挑戰，限制了其在日常農業中的普遍使用。因此，Perez 博士正在開發的一款基於人工智慧的移動 APP，該 APP 利用圖像辨識來判斷草莓葉斑病。這項技術非常有前景，可以讓種植者在田間進行大規模的即時評估，提高診斷效率和準確性。

此外，Perez 博士還提到目前發展的天氣監測系統，這些系統能夠幫助種植者預測真菌疾病的有利條件，從而最佳化殺菌劑的施用。這不僅有助於減少殺菌劑的浪費，還能降低對環境的影響，實現更永續的農業管理。

接著我們參訪有關害蟲研究的實驗室，研究員介紹了主要的害蟲如辣椒薊馬(thrips)：這些微小的昆蟲以草莓葉子為食，導致其停止生長並生產果實。研究人員正在研究辣椒薊馬的生命週期，以及如何利用微小海盜蟲等天然捕食者來控制它們；二點葉蟎：葉蟎也以草莓葉子為食並結網，由於他們體型小且動作不大，因此很難被發現。

接著參觀的是草莓育種溫室。首先，研究人員在專用的雜交溫室中維護著超過 600 株植物，這些植物構成了一個龐大的基因庫。雜交過程的第一步是剔除花朵的雄蕊，這樣可以防止自交。然後，研究人員從選定的親本植物收集花

粉，並用這些花粉使其他剔除雄蕊的花朵受粉，從而產生具有雙親特定特徵組合的後代。

接下來，從雜交果實中提取的微小種子會在具有光線和濕度調節的生長室中發芽。幼苗被移植到更大的容器中進一步生長。在這一階段，研究人員會從年輕植物中收集組織樣本，特別是嫩生長部，因為這部分更容易受到疾病的影響，這些樣本被用來測試對特定疾病如 *Neopestultotriopsis* 的抗性。

在選擇過程中，表現出對目標疾病抗性的植株會被保留進行進一步評估。這一過程中可能會培育出多達 80,000 株幼苗，但最終只有約 30,000 株在抗病性測試後被保留，顯示了篩選的嚴格標準。

選擇出的抗病性植株會被送到專用的夏季苗圃，這些苗圃通常位於氣候適宜的地區，以便快速繁殖這些植株。這些植株將產生子植株，這些子植株是父母植株的基因複製體。一些子植株可能會用於夏季苗圃的初步田間試驗，以評估基本特性如生長模式。

經過幾年的田間試驗，最初的幼苗中僅有一小部分會被選擇進行進一步的發展。這些選定的植株表現出高產量、抗病性、良好的口味和吸引人的植株結構等理想特徵的組合。整個過程，從最初的雜交到品種選擇，通常需要 4 至 6 年的時間。

這次參觀清晰地展示了草莓育種的複雜性和精細度，從初期的雜交到最終的品種選擇，每一步都至關重要，旨在確保生產出高產量且抗病的優質草莓品種。



圖 14-1 不同草莓品種的儲存區



## 八、(七) 參訪摘要與心得

### 斯威特沃特濕地公園

Sweetwater 濕地公園是 Gainesville 政府和當地的水電公司 GRU 合作的溼地復育公園，過去是沼澤並被西班牙人開發成畜牧地，而後興建渠道把水引走，原本的水會經過此濕地流到 Alachua sink，接著流入地下水層，但因渠道引水後，因為水沒有經過濕地的處理及過濾導致水質惡化。因此政府便出資將渠道移除並將這塊原為私人牧場的土地復育成淨化水質的濕地公園。



圖 15-1 Sweetwater 濕地公園空拍圖

(資料來源：[www.sweetwaterwetlands.org](http://www.sweetwaterwetlands.org))

Sweetwater 濕地公園從 1980 年開始初步規劃，隨後進行更具體的規劃與土地取得，在 2012 年將溼地建設完成，共花了 4500 萬美金升級上游的設施、2700 萬建立濕地。此濕地有 3 個淨化單元，濕地上游為 GRU 的污水處理廠，污水經處理後由 sweetwater 支流流入第一個處理單元：沉澱池(Sediment Basin)中，去除水中的沉積物、漂浮垃圾後，水再流入第二個處理單元：前池(Forebay)，進一步去除細小的沉澱物，隨後將水以 6 feet<sup>3</sup>/s(約 15cms)的速率抽入第三個單元：增強濕地(Enhancement Wetlands)，以去除多餘的營養物質。在增強濕地的 3 個單元中經過一定時間的沉降與淨化處理，淨化後的水通

過分流通道(Distribution Channel)以片流的形式排放到沛恩斯草原(Paynes Prairie)濕地中。



圖 15-2 Sweetwater 濕地公園功能設計

Sweetwater 濕地公園的「增強濕地」(Enhancement Wetland) 其顯現的功能，不僅是一個與大自然接觸的絕佳場所，除改善 Paynes Prairie 和佛羅里達地下含水層的水質並補充地下水量外，在保護環境方面扮演重要角色。濕地內多樣的地形和水文條件，為鳥類、蝴蝶、短吻鱷等動植物創造了理想的棲息地，近年來更吸引了許多稀有候鳥。



圖 15-3 Sweetwater 濕地公園參訪時出現的生物

Sweetwater 濕地公園，處理過程因減慢水流速，即水不再直接排放，而是通過濕地緩慢滲流，這使得沉澱和自然過程有時間發生，此外較慢的流速使得沉澱物和垃圾在到達自然含水層之前沉澱出來，在營養物去除功效上，在濕地中使用特定的植物可以吸收、去除營養物，如氮和磷；另生活在濕地中的微生物也在營養物去除中發揮作用，特別是氮，濕地中有含氧（厭氧）和無氧的區域以促進不同的微生物淨化過程。

透過解說人員的說明，了解濕地公園的運作不僅成功改善了水質，其水質處理成本效益相當於 5000 萬美元等級的污水廠，此外，Sweetwater 濕地公園更為生物提供了多樣化的棲息環境，是一個兼具環境效益和生態價值的「工作景觀」，凸顯了濕地在水淨化處理和生態保護方面的重要性。

此外，濕地復育前來自 Gainesville 的富含養分的水，經由人工運河直接排入 Alachua Sink，此為一處會流入佛羅里達含水層的天然滲穴，Sweetwater 運河的建造也導致大面積的天然草原沼澤地乾涸，但在濕地復育後，透過強化濕地的建設，進入 Paynes Prairie 的水質比過去一個世紀以來都更加乾淨，如今 Sweetwater 運河已被填平，Paynes Prairie 的天然水流和乾淨水源得以恢復，濕地的復育成功有助於保護含水層並維持水質。

## 八、（八）參訪摘要與心得

### 深溪濕地公園

深溪溼地公園為聖約翰河境內之濕地公園，此濕地公園理用混合處理系統淨化水質，並導引部分聖約翰河河水進入此濕地淨化水質，再將乾淨水排入河川。混合處理系統是一種結合化學和生物處理過程的技術，旨在從廢水中去除磷和其他污染物。該系統有效利用了明礬（硫酸鋁）來凝聚和沉澱磷，並在沉澱池中完成初步處理。接下來，剩餘的顆粒會通過植被區域進行進一步的過濾和去除，從而實現更加徹底的淨化。

在化學處理階段，明礬被加入到廢水中，使磷形成絮凝物 (Flocculation)，這些絮凝物會在重力作用下沉降到沉澱池的底部。接著，廢水進入植被區域，這些植物能夠過濾掉殘留的顆粒，進一步提高水質的純淨度。該系統的一個顯著特點是其受潮汐影響，因為附近河流的水位波動會影響處理過程的效率。此外，沉澱池中的沉積物會被轉移到高架區域進行曬乾和清除。

混合系統的高效率和低花費是其主要優勢。使用明礬作為化學藥劑能夠以低成本達到 80-90%的磷去除率。這種處理方法在佛羅里達州廣泛應用，因為其效果顯著且成本低廉。然而，系統的成功運行還依賴於一系列問題的解決，例如曬乾床中乾燥物料的去向以及水位管理的計劃。

此外，該混合處理系統還利用了多種生物處理方法，包括人工濕地和活性污泥系統。這些方法能夠有效補充化學處理的不足，使系統具備更強的韌性和成本效益。同時，這也增添了系統的複雜性，需更嚴密的監測和管理。

在實地參訪中，聖約翰河水管理區展示了混合濕地技術的應用，目的是向新合作夥伴介紹這一技術及其優勢。該技術結合了人工濕地和化學處理方法，能顯著減少水中的營養物質，尤其是氮和磷。在現場觀察中，處理後的水質大幅改善，清澈見底，幾乎沒有有機物質。

參訪中也提到乾旱對系統的影響有限，因為系統能夠在水位足夠高的情況下從同一條運河中取水並回流。此外，該系統的許可和建設可能需要長達 10-15 年的時間，資金來源可以是先確定場地再尋求資金，或者先分配資金然後找到合適的場地。

該混合濕地系統的技術細節還包括使用硫酸鋁（明礬）或聚合氯化鋁（PAC）來去除磷，並通過多種植物進行後期過濾，如伏水性植物（FAB）、挺水性植物（EAV）和潛水性植物（SAV）。同時，使用石灰岩來調整 pH 值，確保排放水的環境標準。

監測和控制系統的實時性確保了化學濃度的精確調整，運營者能夠遠程監控系統，並隨時調整化學投藥速率。這種實時監測提高了系統的效率，使磷濃度減少 95%，氮濃度減少約 40%。

總的來說，這個混合人工濕地系統提供了一個高效率且成本效益高的解決方案，用於從水源中去除磷和氮。它結合了化學處理和自然過程，實現了顯著的效果，同時最大程度地減少了化學品的使用，為廢水處理提供了一種可行且經濟的選擇。



圖 16-1 明礬污水混合池



圖 16-2 挺水植物處理池

## 九、（一）拜會摘要與心得

### 佛羅里達水管理局

南佛羅里達水管理局（SFWMD）成立於 1949 年，總部設在西棕櫚灘（West Palm Beach），負責管理佛羅里達州南部的的水資源，涵蓋從奧蘭多（Orlando）到佛羅里達群島（Florida Keys）的廣大地區，包括 Lake Okeechobee、Everglades、Big Cypress Basin 及南方島鏈（Keys）等地區。這是佛羅里達州 5 個水管理局中規模最大、歷史最悠久的一個(根據 1972 年的水資源法案 Water Resource Act 將佛羅里達州 152,560 平方公里的面積劃分為 5 個水利區，其中之一是南佛羅里達水管理局)，為約 750 萬人的水資源進行管理。

主要任務是管理和維護區域內的水資源，並平衡水質、水患、自然系統及水供應系統。具體職責包括經營與維護水資源及平衡與改善水質、水患、自然系統及水供應系統，並包含以下工作：

1. 建造和維護水壩、堤防、運河和其他水利設施
2. 監測和管理水位、水流量和水質
3. 發放水權許可證
4. 開展生態復育項目
5. 制定和實施旱災應對計劃
6. 進行水資源相關的科學研究
7. 向公眾提供水資源教育和資訊

另外南佛羅里達水管理局使用先進的水文模式來預測和管理水資源，並設有緊急應變中心，處理包括乾旱和颶風等極端氣候事件對水資源的影響。

南佛羅里達水管理局執行 Everglades 綜合復育計畫，其美國歷史上規模最大的環境復育計畫，旨在恢復 Everglades 的自然生態系統。該計畫涉及改善 Kissimmee 河及其洪水平原、Okeechobee 湖及河口海岸的水質和水量管理。

南佛羅里達水管理局未來展望是有關水資源保育與管理挑戰，隨著氣候變

遷及人口增長，南佛羅里達的水資源管理面臨著巨大的挑戰，該局必須更加積極地操作與維護水資源管理系統，提升水資源保育工作，以滿足未來的用水需求並保護環境；另在管理水資源方面扮演著重要角色，通過多種措施保障區域內的水質、水量及生態系統的平衡與可持續發展，通過 Everglades 綜合復育計畫等重大環境工程，致力於恢復和保護南佛羅里達獨特的自然環境，確保未來世代的水資源需求。



圖 17-1 局長親自簡報介紹南水局





圖 17-2 簡報說明災害警戒等級

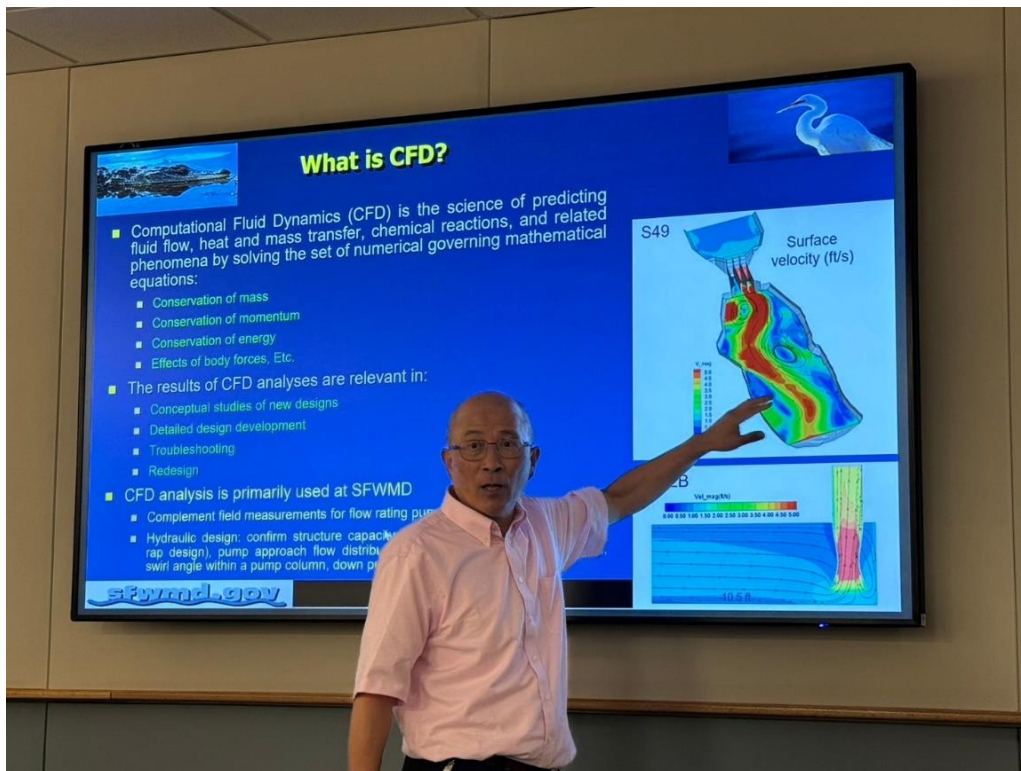


圖 17-3 金博士協助翻譯簡報內容



圖

17-4 緊急應變中心

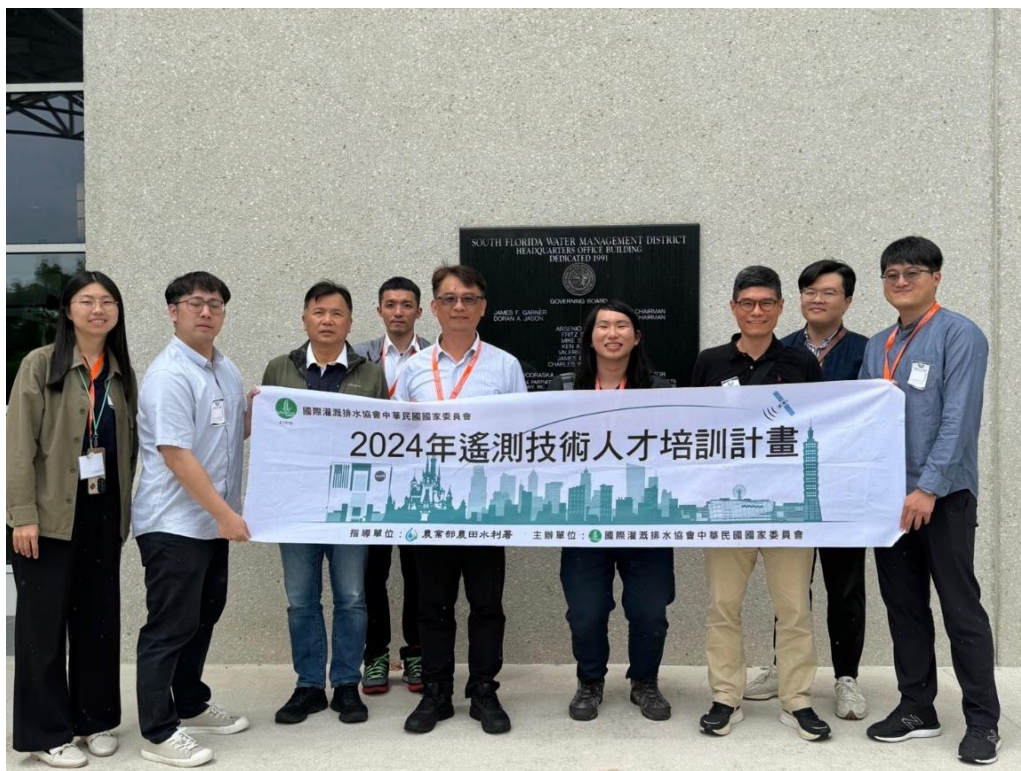


圖 17-5 團員於南佛羅里達水管理局前合影



圖 17-6 探勘南佛羅里達水管理局開鑿之地下水井

## 九、（二）拜會摘要與心得

### 阿拉楚郡環境保護局

阿拉楚縣（英語：Alachua County）是美國佛羅里達州中北部的一個縣，成立於 1824 年 12 月 29 日。該縣的面積約為 2,510 平方公里，縣政府坐落於蓋恩斯維爾（Gainesville），亦即佛羅里達大學的所在地。



圖 18-1 保護局人員簡報說明

阿拉楚縣政府的環境保護局（Alachua County Environmental Protection Department），負責監管和推動該縣的環境保護工作，主要業務範圍包含水和自然資源保護、雨水管理、土地保護、徵收與管理、環境規劃、環境審查、環境法規執行、污染防治、危險物質管理、石油污染清理及儲槽合規性檢查，期能在其兼顧自然系統與人類發展平衡之願景下，保留並保護水、空氣、土地及動植物等天然資源。

在與該局的交流中，我們瞭解了佛羅里達州水資源有 90%來自地下水，惟受到地下水污染及氣候變遷海平面上升的影響，許多地區在未來的 20 年間將面

臨嚴峻的供水挑戰，預估受影響者佔佛羅里達州總人口數 80%。

該局近年亦推動諸多節省水資源之措施，以因應未來的水資源供應議題，依據該局 2015 年估計結果，該區抽取地下水量除民生用水外，大宗為住家庭院草皮灌溉約 15.6(百萬加侖/日)，約佔總抽水量 34%。

近年住家庭院草皮的灌溉用水更有持續上揚的趨勢，為避免無謂的浪費，該局除訂立法規外，亦積極輔導民眾並提供獎勵，提高民眾節約用水意識，共同減少水資源浪費。

該局採行多元的輔導措施，例如：

1. 製作文宣並以淺顯易懂的文字，使民眾可以迅速理解自身節約用水的行為帶來的幫助。
2. 舉辦社區活動、網路研討會或以社群媒體廣為宣傳，增加相關資訊觸及率。
3. 提供改善灌溉系統之技術，並補助相關費用，輔導民眾改善自有草皮灌溉系統，使其能以適當的方式、在適當的時間、以適當的水量進行灌溉，以增加灌溉效率，減少浪費，同時成立「水警察」組織，定期巡查轄管區域民眾草皮灌溉系統之改善及維護運作情形。

除節約用水外，涵養地下水亦為該局的重點工作之一，而將處理後之回收水排放至濕地，藉由水生植物淨化水質的能力去除氮及磷等化學物質同時補注地下水，為佛羅里達州常見的手段。

斯威特沃特濕地公園(Sweetwater Wetlands Park)為蓋恩斯維爾近郊之一座濕地公園，該濕地主要功能為去除處理後的回收水剩餘的污染物，如沉積物、垃圾和過量的營養物（氮和磷），改善水質後補注地下水。

經參訪現場導覽人員詳細介紹後瞭解該處最初曾為濕地，惟 1920 年代因開發用以建立養牛場而消失，現經移除相關設施並復育濕地，除了提供良好的賞鳥地點及其他野生動物的棲息地外，亦有助於恢復自然的水環境，補注含水層，在成本方面，與污水廠升級耗資 5000 萬美元相比，可說是相當具有效益。

該濕地的主要水源為回收水(符合特定標準的高度處理過的住宅、商業及工

業廢水，可用於灌溉或其他非飲用用途)，經由排放至濕地後有減緩流速之效果(約停留 6 至 8 小時)，可增加沉澱和營養物去除的時間，在此過程中，植物及微生物扮演了相當重要的角色。

在濕地設計方面，亦參考過去的經驗，以不同的深度及水生植物，打造不同野生動物如蒼鷺、魚鷹及鱷魚等適合的棲息地，同時亦要以適當的強度，確保抵抗強烈颶風的能力。

### 九、（三）拜會摘要與心得

#### 聖約翰水管理局

聖約翰水管理局（St. Johns River Water Management District）為佛羅里達州於 1972 年由州立法機構通過《水資源法》後設立的五個區域水管理區之一，管轄範圍為聖約翰河流域，面積約 12,283 平方英里（780 萬英畝），該地區的主要水體為向北流動的聖約翰河，是佛羅里達州最長的河流。

該機關主要任務為保護、管理和恢復聖約翰河及其流域的水資源，包括地下水、河流、湖泊和濕地等，為確保水資源的可持續利用，同時保護自然生態系統和生態多樣性，除收集數據、進行學術研究、恢復並保護地上和地下水同時兼顧保護生態及用水需求外，亦透過教育公眾節水、制定用水規則等節省水資源。故其業務範圍從水質改善、防洪減災、供水計畫、生態復育至通過科學研究、教育宣傳和合作交流等無所不包，致力於推動水資源管理和保護工作的同時，與其他政府部門、非政府組織、學術界和社區保持密切合作，共同保護佛羅里達州寶貴的水資源，促進永續發展。

水質改善方面，監測污染同時研擬精進水質之機制，淨化氮磷、清除鱒魚改善生態系統、在阿波卡湖取得了豐碩的成果。

防洪減災方面，佛羅里達州常有颶風侵襲，亦藉由遙測等技術，進行洪水預測並加以防範。

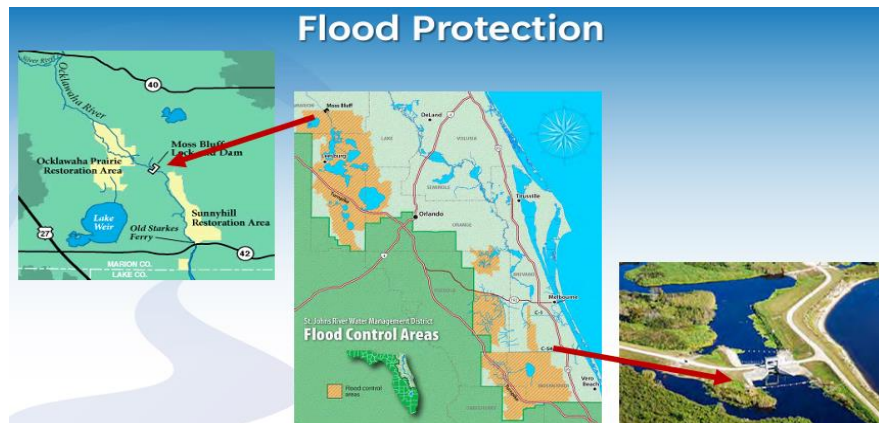


圖 19-1 水災防治

供水計畫方面，更劃分不同計畫區，擬定 20 年長期計畫，並藉由遙測科技進行地下水監測，同時積極尋找替代水源，如回收水之利用、雨水貯留、地表水及海水之利用等。



圖 19-2 雨水收集與重複利用

生態復育方面，藉由復育濕地，除提供原生物種棲地外，亦有減洪、淨化水質、減緩氣候變遷、文化與生活及生態教育等功能，期間亦藉由遙測結合機器學習技術，幫助生態調查，強化復育之績效。

教育宣傳及合作交流方面，藉由成本分攤計畫，並時推廣回收水、自動抽水規劃及精準農業等技術協助農民強化耕作效率。



## 十、結論與建議

### 結論

1. 佛羅里達大學遙測中心精心安排了為期 2 週的研習課程，內容豐富且實用。課程不僅涵蓋了遙測和地理資訊系統等高科技的基礎知識，還通過電腦操作、儀器實習和野外調查等實踐活動，讓學員深入理解遙測技術在水資源管理中的應用。這對學員回國後的工作和研究提供了很大的幫助。
2. 參訪佛羅里達州的水資源管理經驗，使我們了解到他們在多元化管理和明確區域目標方面的優勢。這些成功經驗可以為臺灣水資源管理提供寶貴的借鑒，特別是在統一管理機構和有效運用水資源方面。
3. 佛羅里達州的地理和水文條件與臺灣有很大不同，但他們的水資源管理重點已轉向生態和環境保護。臺灣在這方面起步較晚，但現在已經慢慢跟上，政府單位正在推動遙測技術在水資源領域的應用，以解決水資源保育、調配及排水等問題。
4. 遙測技術能迅速獲取大範圍的地理資訊，尤其是衛星影像成本較低，應用廣泛。結合地理資訊系統（GIS）和全球定位系統（GPS），可在土地利用監測、災害調查、水資源管理等方面發揮重要作用，實現國土資源的全面整合。
5. 佛羅里達州每個開發計畫都需進行水文分析，只要該開發案有讓溼地或蓄水池減少的可能性，在開發時則需引進生態環境的補償概念，在附近興建因開發而失去的溼地或蓄水池，並設計滯洪池和污水處理設施，以減少對環境和排水系統的衝擊，這些經驗也值得臺灣借鑒。
6. 佛羅里達州的水管理局在徵收私有土地上效率非常好，據官員所述，幾乎並無遇到困阻，其原因為徵收私有土地的價格讓地主滿意，這點與臺灣不盡相同。

## 建議

1. 為應對臺灣不斷增長的用水需求，建議相關單位利用遙測和地理資訊技術，提升農田水利和水資源管理的效率，特別是在乾早期的水資源調配方面。
2. 遙測技術在臺灣的發展需要進一步加強，除了原有 GIS 及 GPS 的整合外，應加入 AI 技術精確監測與預測作物健康及土壤濕度，並優化灌溉系統及智能灌溉管理，以大數據分析及實時數據處理提升灌溉用水、農田管理及病蟲害防治。
3. 台灣應積極引進先進的灌溉管理技術，並結合台灣在地的氣候、土壤、作物特性進行調整與優化，發展出符合台灣農業需求的灌溉管理系統。政府可透過政策鼓勵、補助等方式，協助農民導入灌溉管理系統，並提供相關的技術培訓與支援，降低農民的導入門檻。
4. 台灣應建立全國性的農業數據平台，整合各地的氣象、土壤、作物生長等數據，並利用人工智慧、大數據分析等技術，提供更精準的灌溉決策參考，提升整體農業生產效率。並且，可鼓勵農民、科技研發機構、政府部門之間的合作，共同推動智慧農業的發展，加速農業技術的創新與應用。
5. 台灣在推廣灌溉管理技術的同時，應兼顧環境永續發展，鼓勵農民採用節水、保護水資源的耕作方式，降低農業對環境的衝擊。

## 十一、誌謝

本次研習首先感謝國際灌溉排水協會中華民國國家委員會的安排，以及農田水利署及各單位對國內遙測人才培訓的鼎力支持，讓代表團團員有此機會得以增長見識。感謝陳志昇秘書長領團前往佛羅里達，帶領團員快速有效的學習，也體驗美國在地文化。

其次感謝佛羅里達大學農業及生物工程學系遙測中心主任 Dr. Jasmeet Judge 用心安排課程，也規劃了充實的參訪與拜會行程，幫助團員實地了解佛州自然環境，以及當地水資源管理單位對佛州水資源之實務操作。另，感謝施孫富教授夫人－彭文富女士，親自參與結訓典禮，聆聽學員的心得分享，對於學員的收穫表示欣慰。

最後，全團成員向所有曾經協助本次研習的諸位，致上最深的謝意。有了大家的幫助，本次研習才得以順利完成。團員期盼透過本次研習所得之經驗，對於未來個人及工作或管理方面有所應用及提升。