

拾玖 農業環境保護

一 農業生態系服務價值之初探

劉滄棪、張翊庭、許健輝、郭鴻裕

從歐洲、美國及其他先驅國家的政策與實務經驗，綜合評析適用於我國之農地資源評估方法與生態系服務價值量化工具，並透過定期舉辦之專家學者座談會與研討會，建立農業生態系服務量化指標與補償機制，研擬農業生態系服務價值之永續管理與策略規劃，以達到農業永續發展之目的。主要研究目標包括，(一) 彙整歐美及其他先進國家之永續農業政策與生態系服務相關制度；(二) 綜合比較農地資源評估方法與生態系服務價值量化工具；(三) 選定國內外示範場域，進行情境分析；(四) 研擬我國推動農業生態系服務價值提升之永續管理策略。根據本研究成果與相關會議辦理結論，綜合提出未來優先執行方向，包括：參考國際最新資訊與作為，建立我國健康農業 (土壤) 服務指標，並研擬農業生態系服務白皮書。選定數個示範區位，評估友善環境農法之效益，包括碳匯、水資源涵養、營養鹽循環等，並估算農地環境價值與綠色給付金額。結合生態系服務概念於發展農業土壤碳匯策略及應用負碳技術作為，鏈結農業淨零排放之願景與目標。

二 應用聯合國永續指標方法評估農業長期生態研究監測站永續農業進程

陳琦玲、張仁育、蔡正國

我國在95年建立亞熱帶農業生態系長期研究站，致力於探索農業生態系運作，累積長期監測資料提供政策分析、學術發表共享及發展農業永續經營。在109年擴及至16個農業監測站、2個漁業監測站，共13個機關參與此項計畫。為持續評估並促進農業運作朝向永續經營管理，以聯合國於104年所制定與發布之永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 之目標2.4.1 (SDG

Indicator 2.4.1)「生產性與永續農業下之農業面積比例」中做為農業永續性之指標評量工具，在SDG Indicator 2.4.1下可再細分3大次指標與11個評估指標，其中經濟面向包括土地生產力 (land productivity)、盈利能力 (profitability) 與韌性 (resilience)；環境面向包括土壤健康 (soil health)、水資源利用 (water use)、肥料污染風險 (fertilizer pollution risk)、農藥風險 (pesticide risk) 與生物多樣性 (biodiversity)；社會面向則包括尊嚴勞動 (decent employment)、糧食不安全經驗量表 (Food Insecurity Experience Scale, FIES) 與土地保有 (land tenur)。依據SDG Indicator 2.4.1第10版方法學 (FAO, 2020) 計算方法，各項次指標將永續性標準分成紅、黃、綠燈3級，初步應用於評估農業生態系長期研究核心站，結果顯示，韌性、肥料污染風險、農藥風險為多數農作模式具進步空間之次指標，土地生產力、盈利能力、水資源利用與尊嚴勞動則為特定農作模式具進步空間之次指標 (表19-1)。指標評量標準可擴及至盤點16個農業監測站永續性標準達成情形，以作為輔助發展農業永續經營之指引。

三 雲林土庫溫室氣體排放監測成果

林炯村、吳秉諭

109年10月13日至110年9月10日於雲林土庫農田，以傅立葉轉換紅外光譜分析儀 (FACE-EB3200) 與密閉罩法，對不同耕作制度 (TK1：大豆-玉米-水稻、TK2：花生-花

表19-1. 運用SDGs 2.4.1評估臺灣農業生態系長期研究站各次指標之燈號一覽表

指標	溪口農場					雲林分場				嘉義分所		古坑農場		名間茶園	
	LL			LU		LL		LU		CA	NE	CA	SA	CA	OA
	CA	SA	RCA	CA	SA	CA	SA	CA	SA						
1.1	🟢	🟢	🟢	🟠	🟠	🟢	🟢	🟠	🟠	🔴	🔴	🔴	🔴	🟢	🟢
1.2	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	🟠	🟢	🟢
1.3	🔴	🔴	🔴	🟠	🟠	🔴	🔴	🟠	🟠	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
2.1	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
2.2	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🔴	🟠	🟠	🟢	🟢
2.3	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟢	🟠	🟠	🟠	🟢
2.4	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟠	🟢	🟢	🟠	🟠	🟠	🟢
2.5	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
3.1	-	-	🟠	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	🟠	🟠
3.2	-	-	🟢	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	🟢	🟢
3.3	-	-	🟢	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	🟢	🟢

註：LL-雙期作水田、LU-水旱輪作、CA-慣行農耕、SA-永續農耕、RCA-農友慣行田、NE-荔枝自然保留園、OA-有機茶園；經濟面向指標：1.1-土地生產力、1.2-盈利能力、1.3-韌性；環境面向指標：2.1-土壤健康、2.2-水資源利用、2.3 肥料污染風險、2.4-農藥風險、2.5-生物多樣性；社會面向指標：3.1-尊嚴勞動、3.2-糧食不安全經驗量表、3.3-土地保有

生、TK3&4：大蒜&玉米-花生)、不同氮肥施用量 (TK1：20-140-70、TK2：100-20、TK3&4：320&130-45 kg N·ha^{-1}；以上均為監測期間施肥量)，各區布9點進行監測。儀器校正結果 (表19-2)，以380 μg·L^{-1}及1.7 mg·L^{-1}為基準分別推算氧化亞氮與甲烷每日通量變化結果 (圖19-1、圖19-2)；氧化亞氮及甲烷全年累積通量與二氧化碳排放當量換算 (表19-3)。旱作氧化亞氮排放峰值發生時機推測與前次氮肥施用日期遠近、降雨事件或水分管理相關，部分排放趨勢與土壤水分含量變化一致。直播水稻在播種兩週後的間歇性灌水期與曬田期，均能觀測到氧化亞氮排放峰值發生。110年旱作水稻均未監測到明顯甲烷排放，推測與上半年大旱缺水灌溉、夏季降雨未致旱作田區淹水，以及直播水稻播種兩週內不灌水、之後為間歇性灌水管理方式有關。

表19-2. 儀器校正後與標準氣體標示值誤差百分比列表

校正年月	109/9	109/9	110/3	110/3
有無過水	無	有	無	有
標準氣體與誤差	(%)	(%)	(%)	(%)
0.510 mg·L^{-1} N_2O	4.95	4.55	0.83	4.03
1.010 mg·L^{-1} N_2O	5.30	4.37	-0.30	2.35
2.938 mg·L^{-1} N_2O	3.58	1.01	1.23	-0.91
4.780 mg·L^{-1} N_2O	5.33	2.80	3.78	1.44
0.546 mg·L^{-1} CH_4	-6.85	-2.54	-1.85	7.61
1.000 mg·L^{-1} CH_4	5.04	3.30	1.44	5.02
5.240 mg·L^{-1} CH_4	4.76	2.96	3.53	2.05
10.10 mg·L^{-1} CH_4	3.87	2.12	1.96	1.16
252.0 mg·L^{-1} CO_2	3.35	1.82	2.29	-0.72
520.0 mg·L^{-1} CO_2	3.13	2.14	0.81	1.55

表19-3. 全年累積通量與二氧化碳當量

土庫田區	氧化亞氮累積通量 kg N_2O·ha^{-1}	氧化亞氮換算二氧化碳當量 kg CO_2-e·ha^{-1}	甲烷累積通量 kg CH_4·ha^{-1}	甲烷換算二氧化碳當量 kg CO_2-e·ha^{-1}	二氧化碳當量總和 kg CO_2-e·ha^{-1}
TK1	0.4128±0.2662	109.40	5.3560±2.0270	149.97	259.36
TK2	0.4751±0.3045	125.89	5.6286±2.1494	157.60	283.49
TK3&4	0.6055±0.2449	160.45	7.5659±2.7606	211.84	372.30

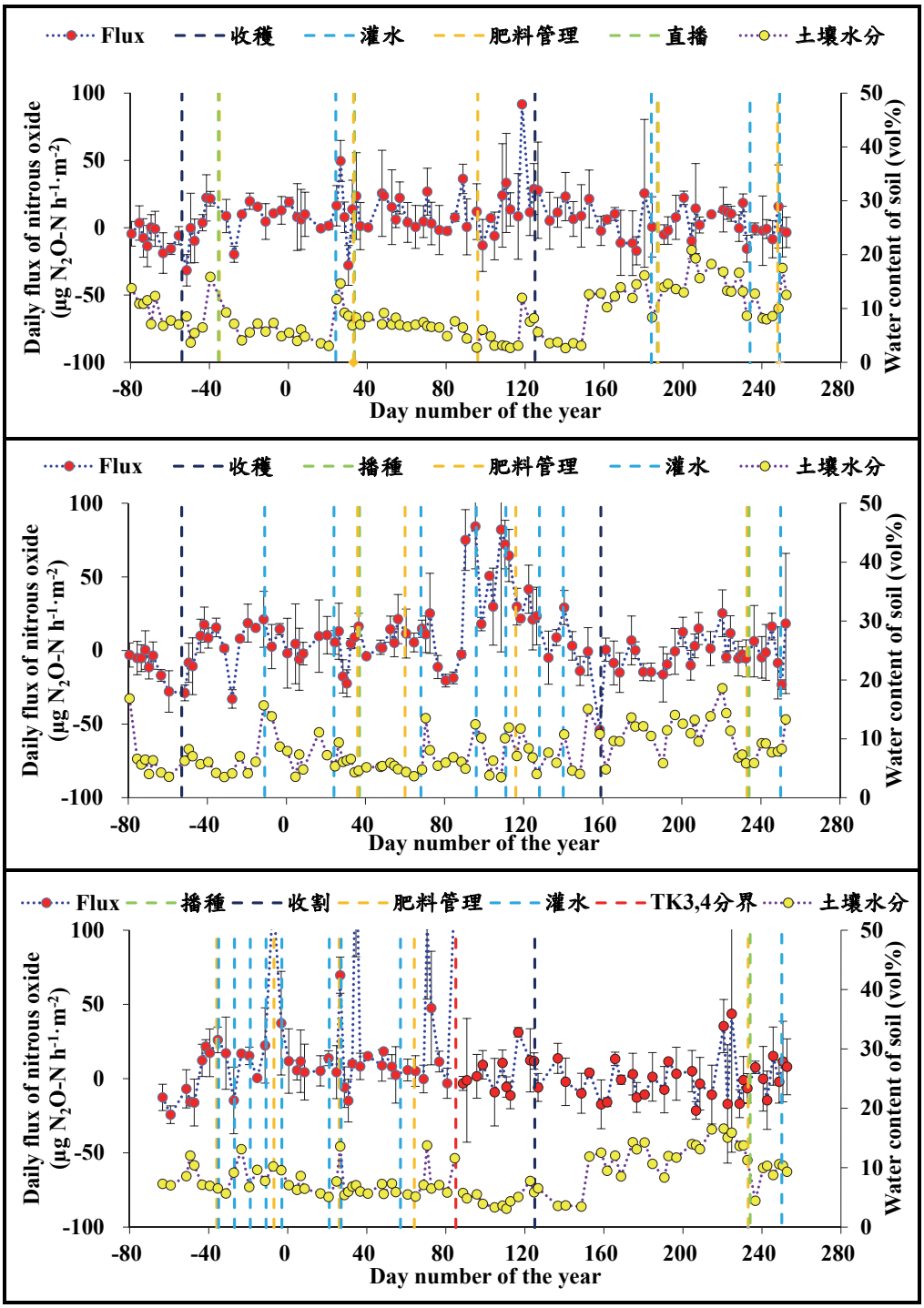


圖19-1. 109年10月13日至110年9月10日雲林土庫農田氧化亞氮每日通量趨勢變化圖
(上TK1、中TK2、下TK3&4)

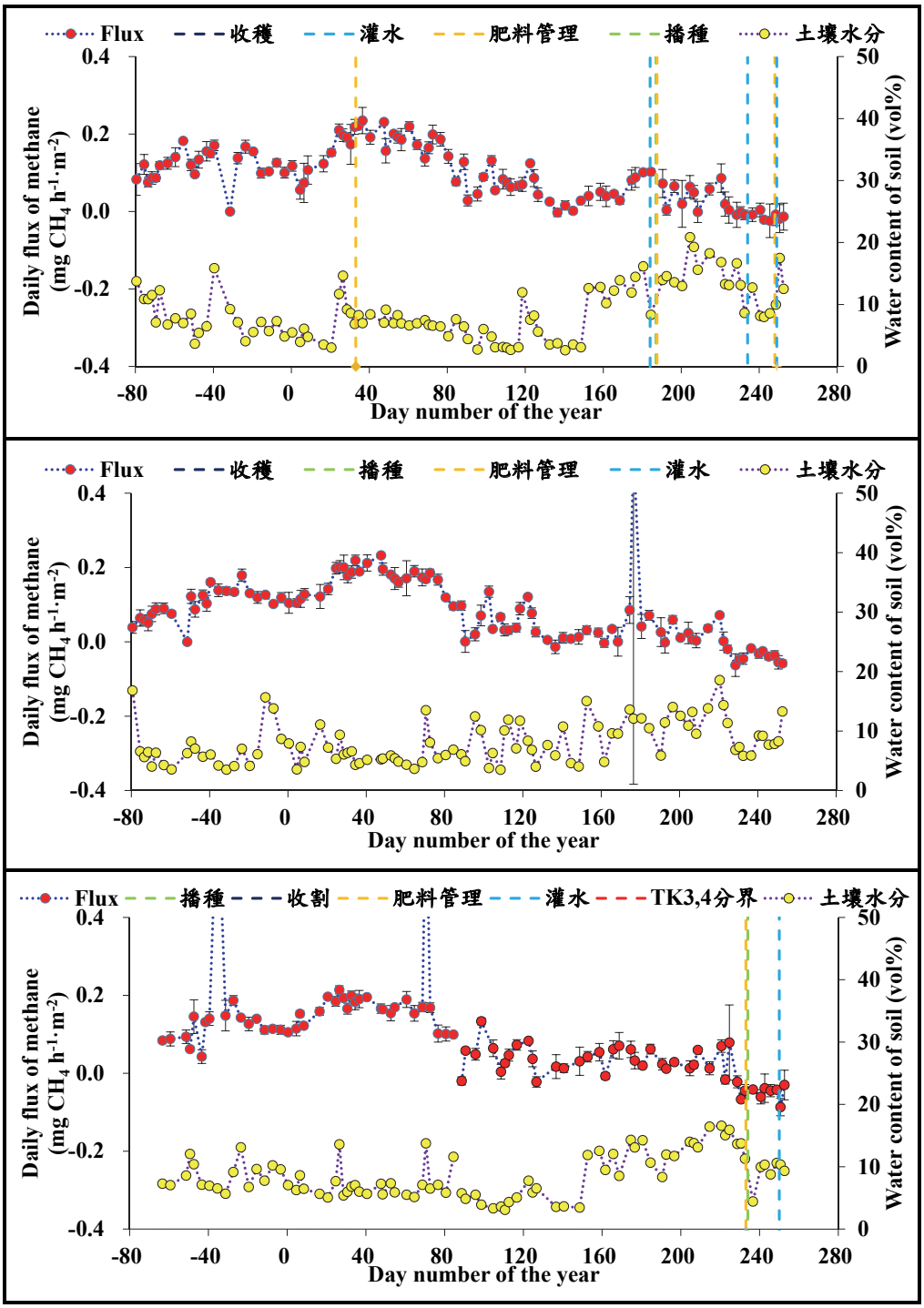


圖19-2. 109年10月13日至110年9月10日雲林土庫農田甲烷每日通量趨勢變化圖
(上TK1、中TK2、下TK3&4)

四 深度學習技術應用於荔枝與番石榴災損判釋

陳琦玲、張立詳、胡正宏

近年全球氣候變遷影響，極端性氣候災害不斷發生，農業成為經常受災嚴重的產業，不僅農民財產損失，政府更投入許多人力進行勘災，因此發展以無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 拍攝農作物災損影像進行勘災，以降低人力投入。然而以UAV勘災時，大部分還是以人工數化災損影像，或應用影像分析軟體進行分析，以估計災損面積，雖然可減少現場勘災成本，但仍需耗費不少人力成本。因此，本研究應用深度學習 (Deep Learning) 技術進行農業災害人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 自動判釋，以卷積神經網路 (Convolutional Neural Networks, CNN) 作為影像分類架構，可較以往搭配地理資訊套裝軟體之勘災方式更加省時。針對暖冬使荔枝休眠不足導致開花減少，進而降低當季果實產量，則航拍荔枝果樹影像進行開花面積判釋，以影像分割 (Segmentation) 方法使用U-Net模型深度學習訓練，荔枝花序自動判釋準確率為70% (圖19-3左)。而風災導致番石榴落果，則航拍番石榴果樹進行地面落果判釋，以物件偵測 (Object detection) 方法使用YOLOv4模型深度學習訓練，番石榴落果自動判釋準確率為72% (圖19-3右)。

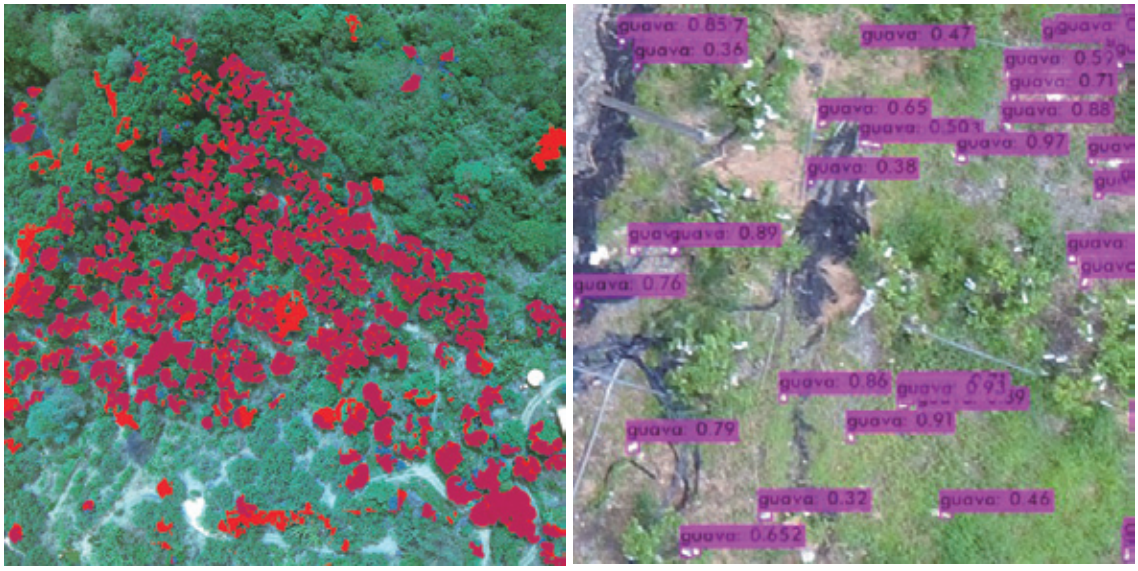


圖19-3. 深度學習技術應用於航拍影像自動判釋荔枝花序 (左) 與番石榴落果 (右)