貳拾

農業環境保護

一 不同農事操作的生態系服務價值估算

張仁育、陳琦玲、林盈甄、莊凱恩、黃家康、蔡正國、林語玥

進行「有機耕作柑橘園」及「水稻田不施用化學農藥及化學肥料」評估專案，以整合生態系服務價值評估計算施行操作後所改變的生態系服務價值。評估「有機耕作柑橘園」顯示該操作減少溫室氣體排放 (3.3 Mg GHGs)、增加土壤健康度 (增加10–60%土壤團粒度、減少12–16%土壤總體密度)、減少土壤流失 (預估減少沉積物沖蝕3,171–6,245 g m^{-2})、減少害蟲 (預估減少75%害蟲防治投入) 以及減少農藥殘留風險 (增加農藥抽驗合格率2.9%)，農作物產值視東西部地區而定 (參考批發市場交易行情，西部產值增加3萬3,933元/年、東部減少10萬4,919元/年)，綜合評估產生的生態系服務價值提升約–5萬4,265元/ha/yr至8萬4,587元/ha/yr間，屬公眾獲益價值為1,056元，其餘價值由生產者獲益。針對水稻田評估「不施用化學農藥及化學肥料」，結果顯示該操作減少水稻單位產量 (預估減少4,308 kg^{-1} yr^{-1})、增加野生食物量 (預估增加野菜淨採集量每分地約3.76–9.22 kg)、減少溫室氣體排放 (預估減少CO_2 17,394 kg^{-1} yr^{-1})、增加空氣汙染 (有機肥料揮散係數高於化學肥料0.1)、弱化生物防治 (預估強化害蟲族群量1.43倍)，綜合評估生態系服務價值減少約新臺幣1萬5,414元/ha/yr，其中屬公眾獲益價值為1,303元/ha/yr，其餘由生產者付出成本。

價值評估意在瞭解不同管理方式對生態系服務價值的影響，以便選擇對人類福祉和環境永續發展的最有利模式，而生態系服務給付旨在將生態系服務的價值內部化，使受益者能夠對供應方提供回饋金，形成正向循環，建議以多元的金融及技術支持，推動提升生態系服務的農業管理。

二 高污染風險農地輔導成果

許健輝、林毓雯、鄭佳怡

受農糧署委託執行農作物污染監測管制及損害查處計畫，在高污染風險農地利用低成本及農民可自行操作的農藝管理方法 (土壤酸鹼度調整、水分管理及品種選擇) 降低水稻重金屬鎘、鉛及砷超標之風險。輔導田區分別位於臺中市 (24塊)、新竹縣 (7塊)、新竹市 (4塊)、桃園市 (17塊)、彰化縣 (25塊)，兩期作共輔導77塊田 (約13.76 ha)，輔導結果驗證高污染風險農地提高土壤pH值、配合湛水管理及搭配種植低鎘、鉛吸收的水稻品種，可大幅降低鎘、鉛米產出的風險；含砷農田土壤則可透過水稻生長中後期乾溼交替之水分管理降低稻米無機砷累積。一期作輔導49塊田區全數合格，二期作輔導28塊田，其中桃園市八德區 (pH 6.6；2.97 mg Cd kg^{-1})、臺中市后里區 (pH 6.5；1.20 mg Cd kg^{-1}) 及新竹市香山區 (pH 6.2；1.09 mg Cd kg^{-1}) 各有1塊田區糙米鎘超標，未來將加強監控土壤酸鹼度及田間水分管理，並且評估是否改變種植之作物，以降低農作物重金屬超標之風險。

三 數位評估稻米無機砷累積風險

許健輝、廖晨羽

根據過去國內外研究，大尺度範圍下不易預測稻米砷濃度及超標風險，因此，本研究利用不同機器學習演算法建立糙米無機砷濃度預測模式，進而建立全臺農田稻米無機砷濃度分布圖。本研究使用111–112年共四期作852筆土壤物化性質及稻米無機砷分析數據，採樣點分布於全臺各個主要稻米生產鄉鎮，並且蒐集氣象及地形參數，取得共17個預測參數進行預測模式之建立。4種預測模式 (多元線性模式、Random Forest、Cubist及SVM) 結果顯示，Random Forest在交叉驗證下有最佳的預測表現，最低的RMSE (0.06 mg kg^{-1}) 及最高R^2：0.48，參數重要性中以氣象因子 (雨量、降雨天數、氣溫) 與地下水砷濃度影響最大，該結果指出糙米無機砷累積主要受水分及相關環境參數所影響，後續將持續累積田間採樣數據，並測試其他可能影響稻米砷累積直接或間接的參數，以精進模式預測表現。

四 農業生態系蜘蛛多樣性與其功能研究

張仁育、蔡正國

111–113年間，在花蓮縣玉里鎮織羅部落水稻田及瑞穗鄉屋拉力部落文旦園，以掃網法調查蜘蛛組成，結果顯示累積之蜘蛛物種稀釋曲線已趨近平緩 (圖20–1)，代表調查結果已涵蓋該調查方式所能調查到的蜘蛛。比較不同管理方式的影響，水稻田中有機友善管理對蜘蛛物種豐度貢獻有限，但文旦園內有機管理能提升蜘蛛物種數約1.5倍。功能群分析顯示，水稻田與文旦園皆記

錄到7類功能群 (圖20–2)，分別為埋伏型、地面游獵型、圓網型、其它游獵型、敏感網型、立體網型與地面結網型等，其中圓網型蜘蛛，如長腳蛛科 (Tetragnathidae)、金蛛科 (Araneidae) 等，在有機水稻田中數量較多，為友善管理下的優勢類群；文旦園則以游獵型蜘蛛，如貓蛛科 (Oxyopidae)、狼蛛科 (Lycosidae) 等為主，顯示不同作物系統下有機管理對不同類群有影響。進一步分析科別 (圖20–3A–B)，水稻田中金蛛科、長腳蛛科、皿蛛科 (Linyphiidae) 等物種於有機田數量顯著較高 ($p < 0.05$)，其中金蛛科與長腳蛛科為主要優勢類群；文旦園則以貓蛛科、紅螯蛛科 (Cheiracanthiidae)、蠅虎科 (Salticidae) 等在有機管理下較為豐富。另以管理密集投入與否，區分不同月份的調查結果 (圖20–4A–D)，顯示貓蛛科蜘蛛數量在慣行水稻耕作期顯著較低 ($p < 0.0001$)，而文旦園的金蛛科與蟹蛛科 (Thomisidae) 亦顯示出與農業活動相關的數量變化，暗示人類活動的擾動或投入可能影響特定蜘蛛科別之族群量。

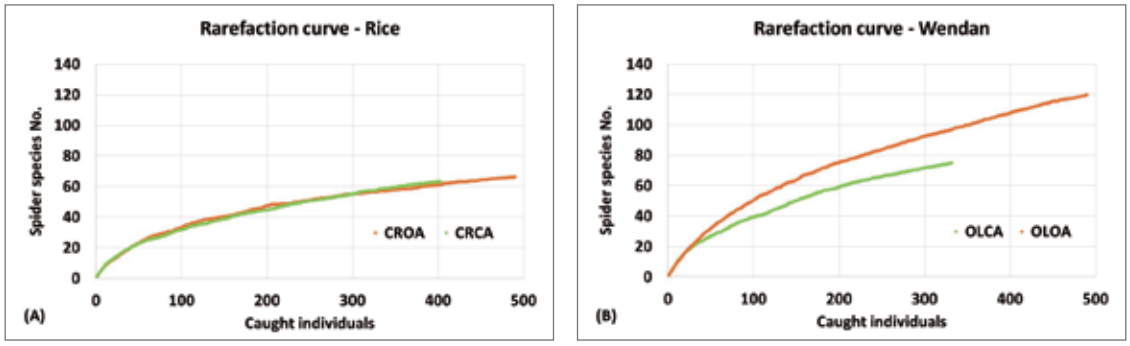


圖20–1. 本試驗蜘蛛採樣之稀釋曲線 (rarefaction curve)。(A) 春日織羅部落水稻田、(B) 屋拉力部落文旦園

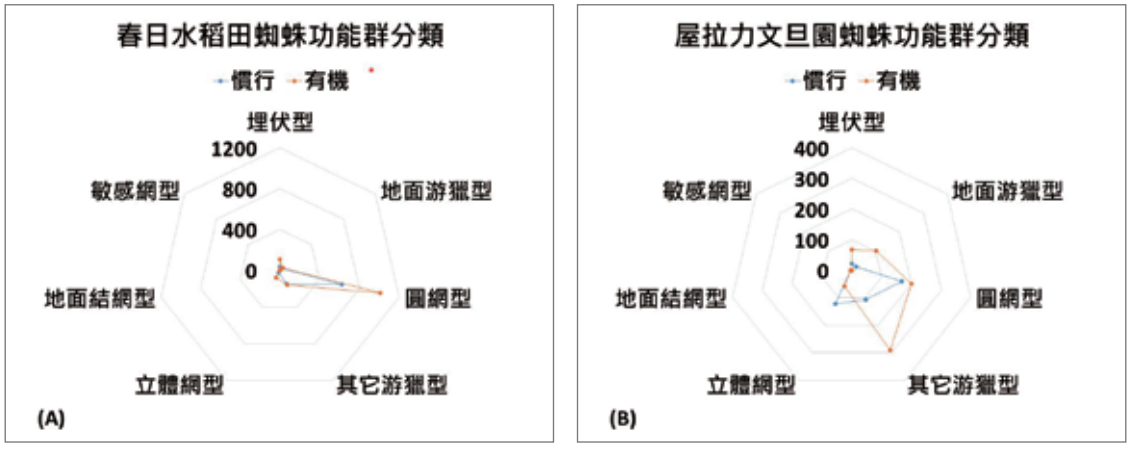


圖20–2. 111–113年慣行與有機農法之蜘蛛功能群分類圖。(A) 春日織羅部落水稻田、(B) 屋拉力部落文旦園

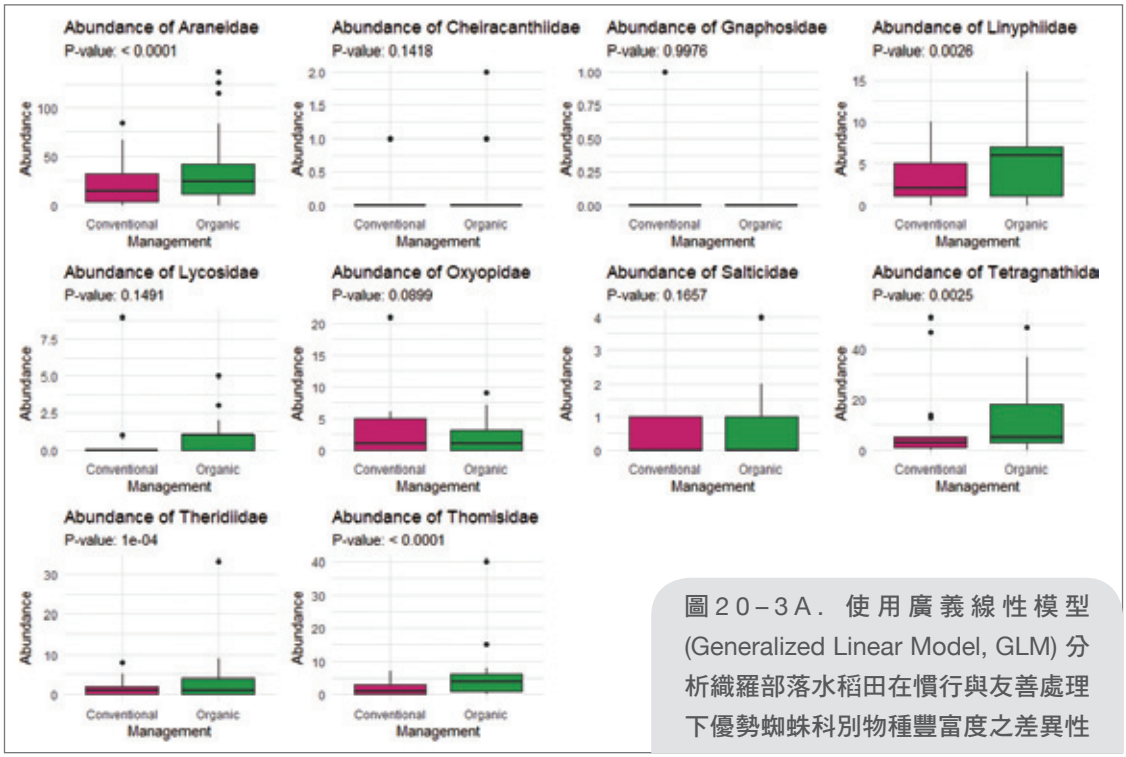


圖20–3A. 使用廣義線性模型 (Generalized Linear Model, GLM) 分析織羅部落水稻田在慣行與友善處理下優勢蜘蛛科別物種豐富度之差異性

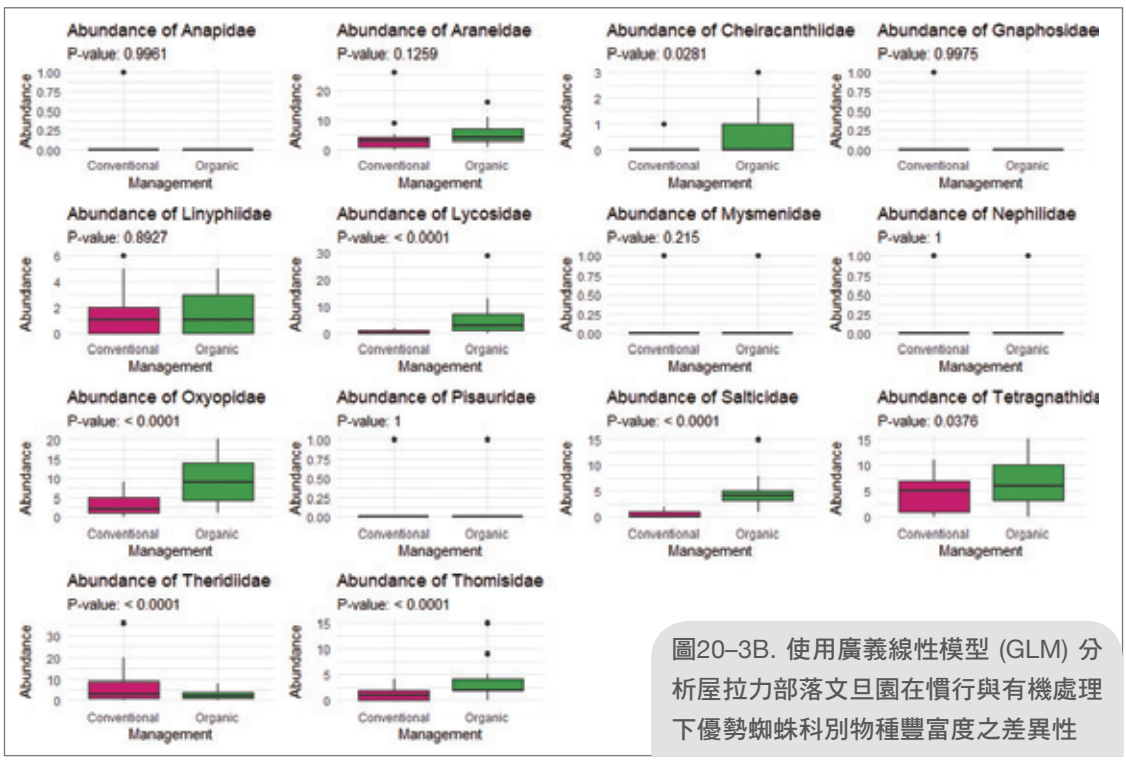


圖20–3B. 使用廣義線性模型 (GLM) 分析屋拉力部落文旦園在慣行與有機處理下優勢蜘蛛科別物種豐富度之差異性

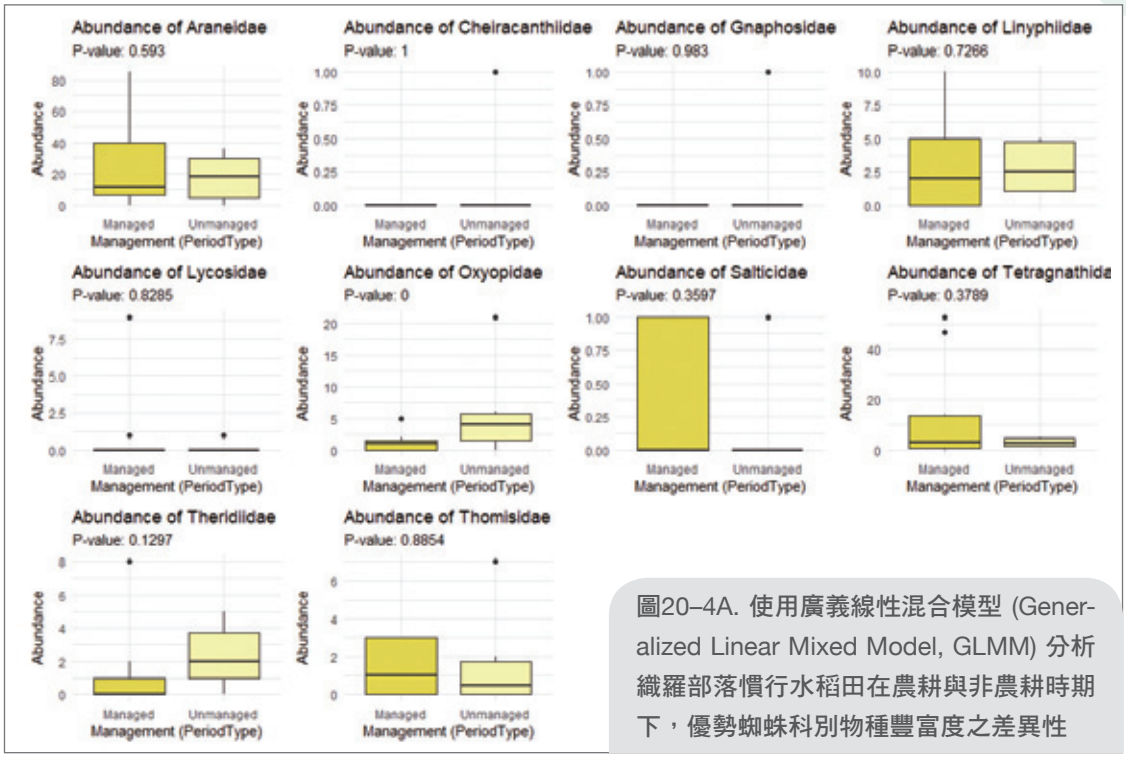


圖20–4A. 使用廣義線性混合模型 (Generalized Linear Mixed Model, GLMM) 分析織羅部落慣行水稻田在農耕與非農耕時期下，優勢蜘蛛科別物種豐富度之差異性

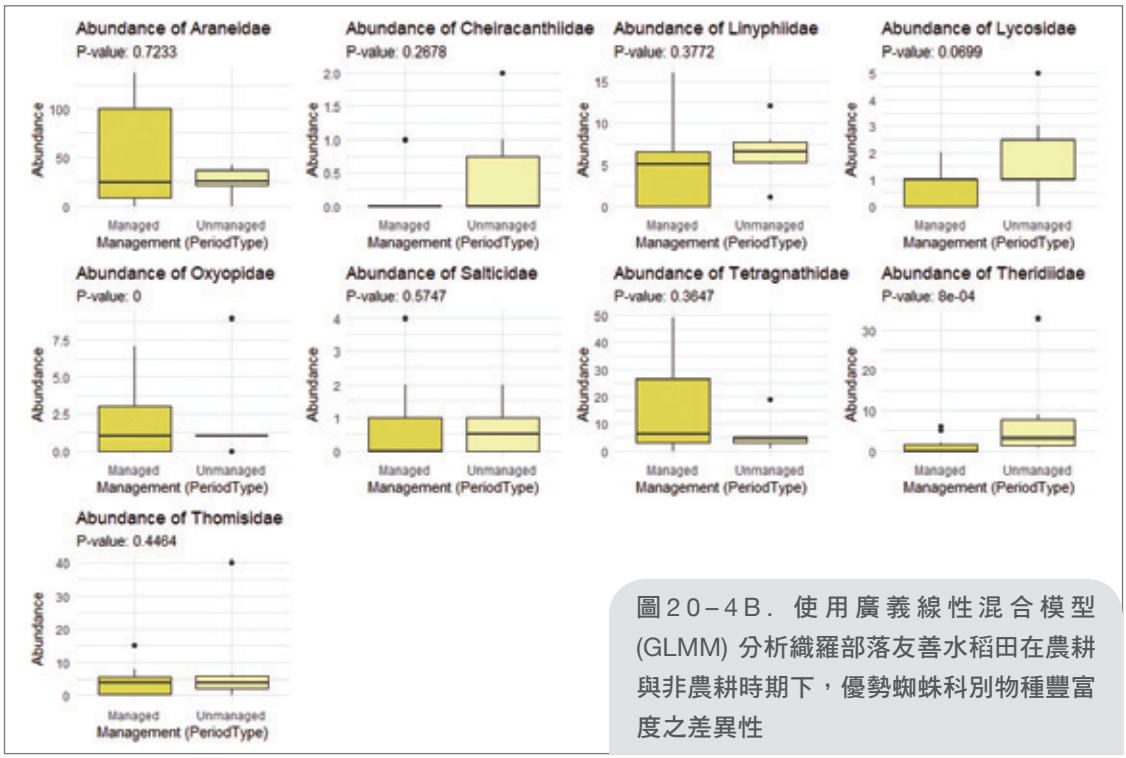


圖20–4B. 使用廣義線性混合模型 (GLMM) 分析織羅部落友善水稻田在農耕與非農耕時期下，優勢蜘蛛科別物種豐富度之差異性

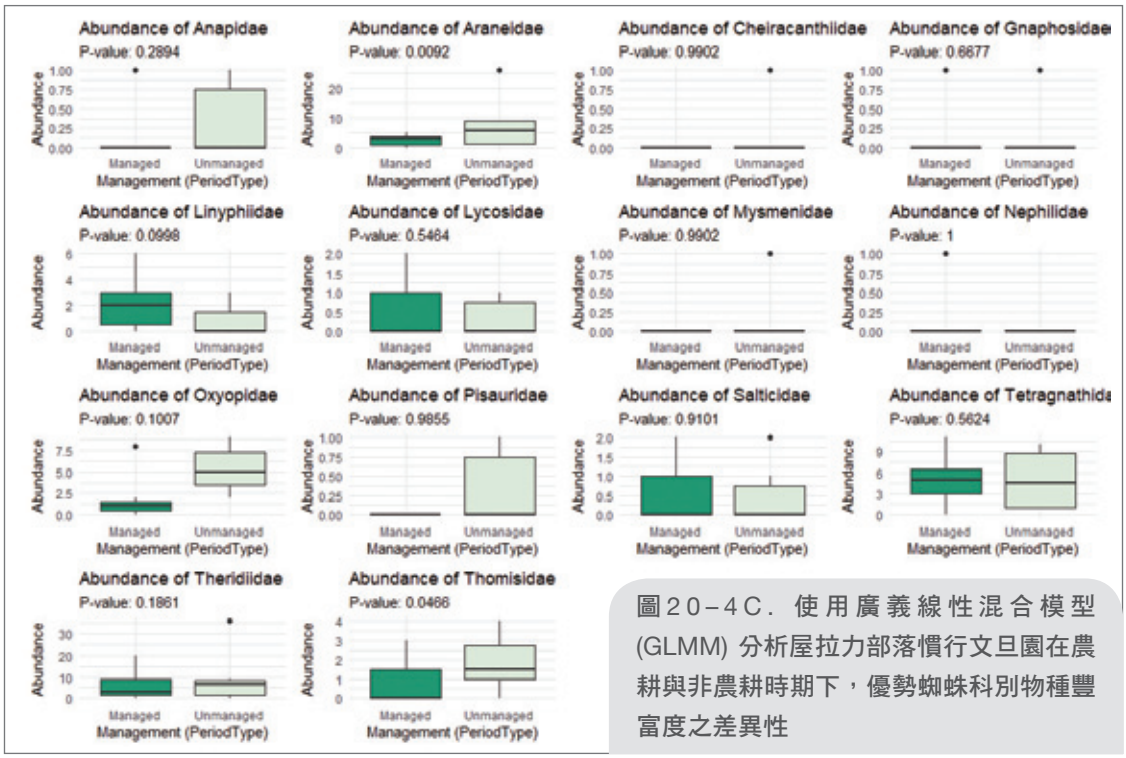


圖20–4C. 使用廣義線性混合模型 (GLMM) 分析屋拉力部落慣行文旦園在農耕與非農耕時期下，優勢蜘蛛科別物種豐富度之差異性

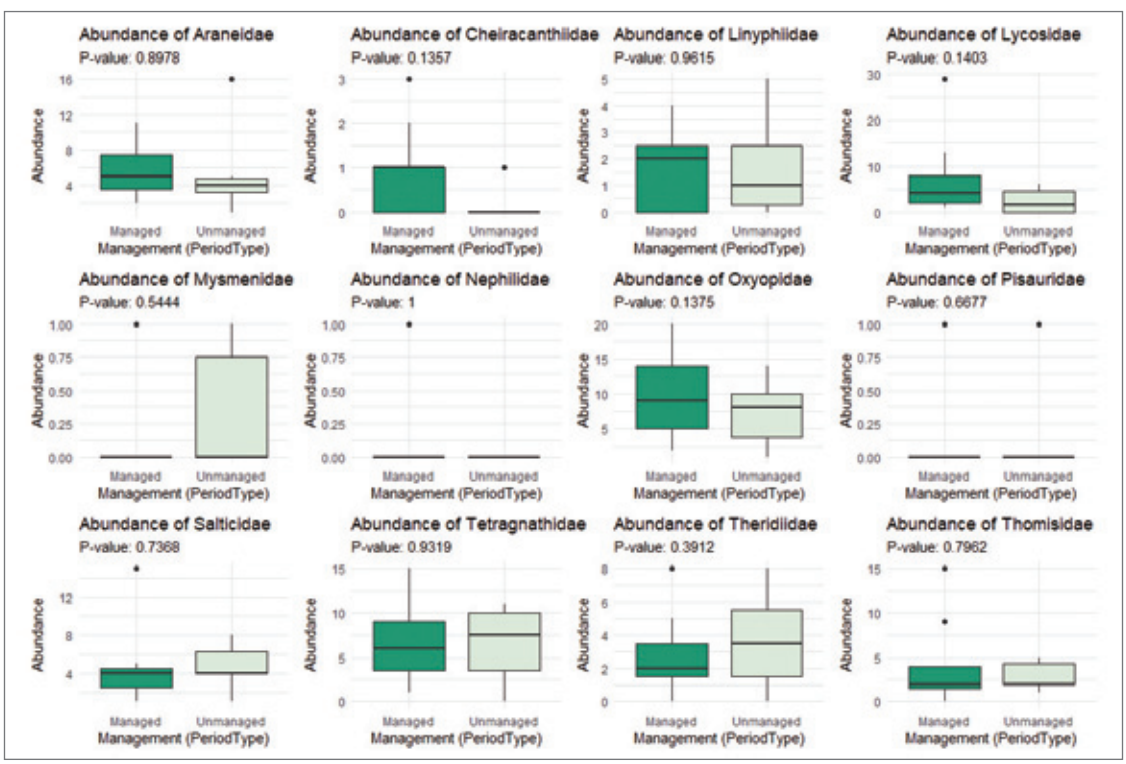


圖20–4D. 使用廣義線性混合模型 (GLMM) 分析屋拉力部落有機文旦園在農耕與非農耕時期下，優勢蜘蛛科別物種豐富度之差異性

五 土壤銅鋅濃度對水稻生育影響評估

林毓雯、柯弈瑄

本研究主要目的為以現地試驗現地試驗釐清土壤銅、鋅濃度對水稻生育及銅、鋅累積之影響，共篩選中部及北部地區銅、鋅濃度達土壤污染監測標準以上，或完成銅、鋅污染改善，或附近具有以上條件之農田共17處，做為調查對象，每個田區依土壤銅、鋅濃度梯度，共採取7組土壤與稻穀樣品，進行稻穀產量調查、土壤pH、CEC、銅、鋅濃度分析，及糙米銅、鋅濃度分析。累積3年田間調查數據顯示，糙米銅、鋅累積具有高原值 (圖20–5)；不同品種對銅、鋅累積能力不盡相同，以長糯品種具有較高的銅累積能力，‘台粳14號’則具有較高的鋅累積能力；各品種期作間之差異不明顯。試驗結果亦顯示，土壤銅、鋅濃度會影響稻穀產量，各品種稻穀減產之土壤銅、鋅濃度閥值不同。以栽培面積最廣的‘臺南11號’而言，其減產之土壤銅閥值約為280–305 mg kg^{-1}、鋅

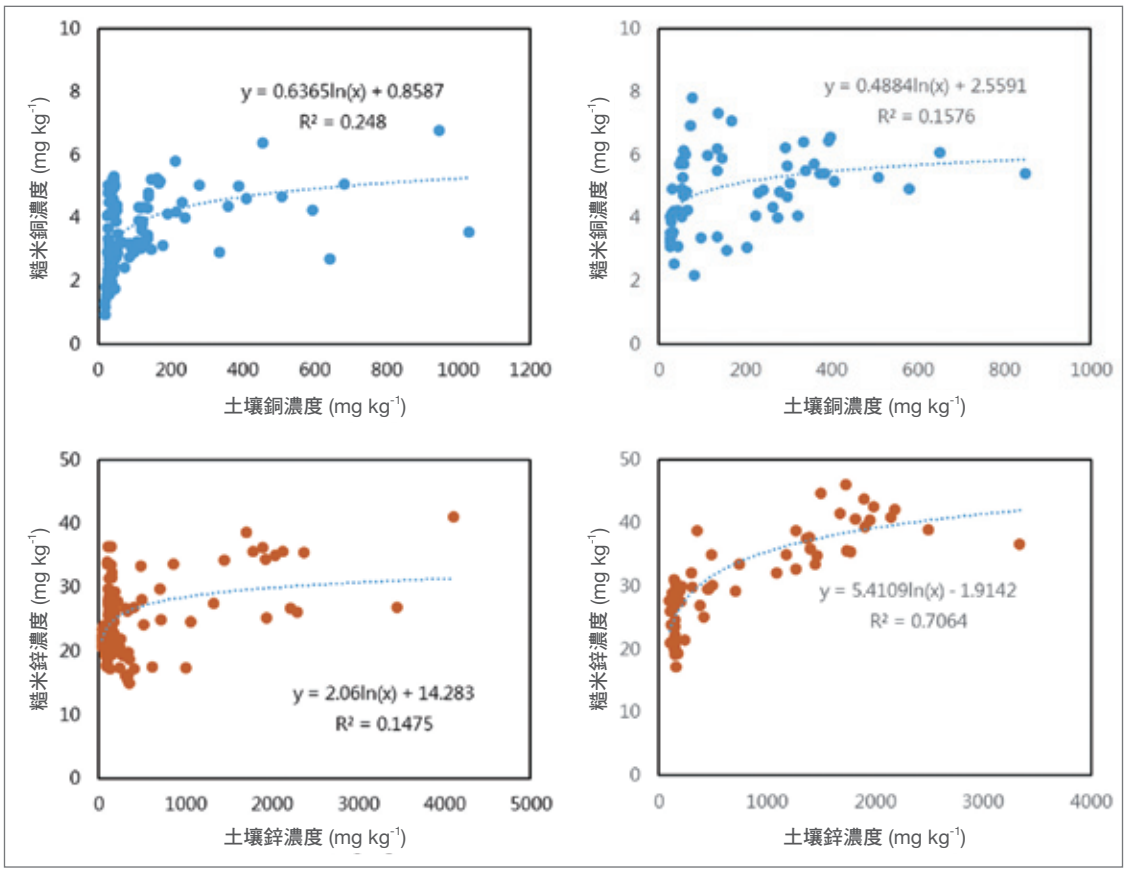


圖20–5. ‘臺南11號’歷年不同期作糙米銅、鋅濃度與土壤銅、鋅濃度關係圖 (左：一期作；右：二期作)

閥值約為1,400–1,700 mg kg^{-1}，現行之食用作物農地土壤污染管制標準值足以保障其稻穀產量不受影響。然對於一期作之長糯、‘台中秈10號’、‘台中192號’而言，現行土壤銅、鋅管制標準值則不足以保障稻穀產量 (表20–1)。由於這些品種所採得樣品數量較少，仍須後續持續調查或進行田間試驗以擴充樣品數量加以釐清。

表20–1. 各品種水稻減產之土壤銅、鋅濃度閥值

品　　種	樣點數[z]	減產閥值 (mg kg^{-1})	
		銅	鋅
‘臺南11號’一期	112	280	1,700
‘臺南11號’二期	63	305	1,400
長糯一期	28	137	368
‘台中秈10號’一期	28	150	270
‘台中192號’一期	7	185	177
食用作物農地土壤管制標準		200	600

[z] 每坵塊採7點

六 畜牧糞尿水農田施灌案場土壤銅鋅濃度監測

林毓雯、柯弈瑄

為促進畜牧肥水資源化利用及輔導產業永續發展，農業部與環境部分別推動「農業事廢棄物個案再利用」與「沼液沼渣農地肥分使用」工作，推廣並媒合農民使用糞尿水澆灌農作，除使養分回歸農田再利用外，亦減少糞尿水排放所造成的環境負荷。為確保糞尿水施灌農地土壤及地下水品質，本所與臺南區農業改良場協助監測上述再利用案場糞尿水、土壤、地下水品質，項目包括：土壤電導度及銅、鋅濃度，地下水電導度與氨氮濃度，以及糞尿水pH、電導度、總氮、總磷、銅、鋅。本所共執行土壤監測1,480件及地下水監測1,245件。土壤樣品測值敘述統計 (表20–2)，其中4件土壤樣品銅濃度及8件土壤樣品鋅濃度超過土壤污染管制標準，已移請地方環保單位進行後續裁處。地下水樣品測值敘述統計 (表20–3)，其中電導度超過灌溉水質基準值之品質項目電導度基準值者795件，氨氮超過灌溉水質基準值之品質項目氨氮基準值者75件。以上監測結果除提供地方政府做為核定再利用案參考外，並可配合施灌案之背景資料，建立大數據資料庫進行研析，就糞尿水施灌相關政策提出建議。

表20–2. 土壤樣品測值之敘述統計及超過土壤污染管制標準及土壤污染監測標準樣品數

	樣品數	最小值	最大值	平均值	中數值	超過土壤污染管制標準[z]樣品數	超過土壤污染監測基準[y]樣品數
電導度 (μS cm^{-1})	1,405	28.4	3,006	426	244	-	-
銅 (mg kg^{-1})	1,413	0.32	145	25.9	21.8	4	7
鋅 (mg kg^{-1})	1,413	29.8	644	105	91.8	8	45

[z] 食用作物農地土壤銅、鋅管制標準分別為200 mg kg^{-1}、600 mg kg^{-1}

[y] 食用作物農地土壤銅、鋅監測基準分別為120 mg kg^{-1}、260 mg kg^{-1}

表20–3. 地下水樣品測值之敘述統計及超過水質標準樣品數

	樣品數	最小值	最大值	平均值	中數值	EC > 750 μS cm^{-1} 樣品數[z]	氨氮 > 3 mg L^{-1} 樣品數[z]
電導度 (μS cm^{-1})	1,245	4.8	7,410	1,170	1,067	795	-
氨氮 (mg L^{-1})	1,245	NDy	149	1.12	0.37	-	75

[z] 750 μS cm^{-1}為灌溉水質基準值之品質項目電導度基準值，3 mg L^{-1}為氨氮之基準值

[y] 檢測結果中"ND"代表該項目未檢出。氨氮MDL為0.04 mg L^{-1}