

農業生態系長期生態監測-環節動物蚯蚓 (農藥所 2021 年新增)

112 農科-4.4.1-農-C4 (13)

謝玉貞¹、陳淑娟¹、林芳妘¹

¹農業部農業藥物試驗所 應用毒理組

*通訊作者：ych@acri.gov.tw

摘要

2021-2023 年配合農業生態系不同長期生態監測站進行蚯蚓多樣性之蚯蚓品種鑑定及數量調查，建立生物多樣性相關數據，進而瞭解不同農業作業模式之下其蚯蚓生態。2021 年調查監測站有：新竹峨眉區-桶柑、苗栗西湖區-文旦、嘉義溪口區-水稻、台南麻豆區-文旦、高雄燕巢區-印度棗、花蓮富里區-水稻、台東池上區-水稻及台東卑南區-番荔枝，2022 年新增：台東長濱區-芭蕉，2023 年再新增：南投埔里區-百香果、雲林古坑區-荔枝、嘉義分所區-荔枝、南投名間區-茶園。2021 年採得 691 隻蚯蚓，得到 6 科 10 屬 20 種的鑑定結果，2022 年採得 1000 隻蚯蚓，得到 6 科 10 屬 21 種的鑑定結果，2023 年採得 1147 隻蚯蚓，得到 6 科 9 屬 19 種的鑑定結果，累計 3 年共得到 6 科 11 屬 25 種蚯蚓，多為全球廣布種與外來種，本研究唯一調查到的臺灣特有種為福爾摩沙腔環蚓 (*Metaphire formosae*)，其僅在新竹峨眉、苗栗西湖和雲林古坑可調查到。依不同農法調查累計 3 年蚯蚓品種的結果，慣行農法與有機農法分別調查到 24 種與 19 種蚯蚓，數量優勢種皆為土後腔環蚓 (*Metaphire posthuma*)，友善農法共調查到 15 種蚯蚓，數量優勢種為黃頸蜷蚓 (*Pontoscolex corethrurus*)，其次為土後腔環蚓，顯示土後腔環蚓相當適應農業生態系環境，其族群數量在蚯蚓總種群中一直穩定存在，尤其此物種在台南麻豆近三年此物種群落生境 (biotope) 是較無變化，長期群落穩定在這些

區域。經過 3 年的實地調查發現，濕潤的黏壤土通常蚯蚓密度較高，但土壤不夠潮濕、多石頭、淹水或是耕地表面有經常施肥或除草等造成地表擾動的行為，皆是不利蚯蚓活動的環境因素，會影響蚯蚓調查數量。後續長期調查累積生物資訊提供國內外專家資訊交流，並分析氣候變遷對生態系服務影響，提供作為制定調適策略以減緩氣候變遷衝擊。

關鍵詞：農業生態、蚯蚓、生物多樣性、慣行農法、有機農法、友善農法

前言

農業生態系長期生態研究是一項大型長期研究計畫，自 2006 年起農業試驗所結合多個農業單位進行研究站設置 (Cheng *et al.* 2009)，藉由長期跨領域之不同時間與空間資料收集與調查，其目的為了解在不同農業作業模式下，同時探討農業生產量、生物多樣性、農業環境數據的相互影響性，期望透過整合跨領域研究，達到永續農業發展與生態環境保育能同時並行。本研究於 2021 年開始參與農業生態系長期生態蚯蚓調查研究，農業生態系長期生態研究原先主要針樣其監測站樣區之氣象、土壤微生物相、土壤性質與元素、水質、水量、植物營養與生長、生物多樣性(昆蟲)..等進行相關調查，然而蚯蚓對土壤環境變化及有毒化學品敏感，蚯蚓被認為是土壤生態系統中的重要生物指標之一 (Fründ *et al.* 2010)，加入土壤環節動物(蚯蚓)可增加農業環境區域生物多樣調查之豐富性，因此在不同農業作業模式(慣行農法、友善農法、有機農法)干擾行為下，進行各個監測站蚯蚓生物多樣性、族群密度及繁殖特性之長期調查，以評估不同農業作業模式之下對蚯蚓生態之友善程度及影響範圍，進而長期累積相關數據，提供農業土地利用的永續性參考。

蚯蚓在生物分類上屬於環節動物門 (Annelida) 環帶綱 (Clitellata)，目前全世界約有 5738 個物種 (Chaung *et al.* 2005; Misirlioğlu *et al.* 2023)。一般辨識蚯蚓的特徵為體形長條形，多個體節組成，多數體節上有短剛毛，性成熟的蚯蚓個體有一個環帶及背血管，體色依品種及棲地從紅褐色到黑褐色皆有。一般蚯蚓傳統分類鑑定的原則必須是基於成熟蚯蚓的形態才能被鑑定 (Chang *et al.* 2009; Lei & Chen 2018)，主要是利用解剖顯微鏡觀察蚯蚓外部型態及內部

構造特徵，但是其外觀特徵會因環境或個體生長有所差異，而且在田間採集到的蚯蚓，即便是同一種蚯蚓，若屬於不同齡期，其形態特徵難以進行辨別，或是要在短時間內對採集到的大量蚯蚓進行分類鑑定，因此，本研究採用分子生物技術方法，利用不同的基因，例如粒線體細胞色素氧化酶 I (mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I, COI) 基因、16S ribosomal DNA (16S rDNA) 基因和 18S ribosomal DNA (18S rDNA) 基因來鑑別蚯蚓 (Pop *et al.* 2003)，目前，CO I 基因已被廣泛用作區分動物物種的分子標記，這個方法已經成功辨識亞洲、歐洲和美洲的蚯蚓種類，COI 基因、16S rDNA 基因和 18S rDNA 基因在 GenBank 資料庫也累積許多筆序列資料可供比對查詢，可藉由資料庫相互比對完成蚯蚓品種鑑定 (Chang *et al.* 2008; Gabriella *et al.* 2019)。

蚯蚓是最重要的土壤大型動物群，常被認為是土壤生態系統中的重要生物指標之一。它們透過在土壤中挖洞、進食和排放活動影響生態系統功能 (Singh *et al.*, 2019)，例如土壤的健康和生產力、水分調節、土地生產力下降的復育和溫室氣體的平衡 (Dewi & Senge 2015)。蚯蚓對土壤生態系統功能的總體影響取決於蚯蚓活動水準 (蚯蚓數量) 和功能結構 (蚯蚓種類的組成)。最近的研究結果表明，某些種類的蚯蚓在提高作物產量方面比其他種類更有效，而有些蚯蚓實際上可能導致產量降低。確切的影響機制仍然需要進一步的研究，因此，農業生產模式對蚯蚓實際上的影響，還是要取決於當地的土壤因素、氣候條件和耕作作業模式 (Chen 2001)。目前登錄在台灣蚯蚓誌 (Chang *et al.* 2009) 的蚯蚓有 73 種，截至 2024 年登錄在臺灣物種名錄線上資料庫 (Catalogue of Life in Taiwan) 的蚯蚓有 107 種，尚缺乏有關臺灣

農業環境的蚯蚓種類組成資料，本研究在 2021-2023 年間調查 13 個農業長期生態監測站，比較慣行農法、有機農法、友善農法與多種作物的田區，其所收集到的蚯蚓種類及族群數量，還需要長期觀察以了解蚯蚓在不同農業作業模式下，與土壤生態系的交互作用，並且收集與建立慣行、有機和友善農法的蚯蚓種群多樣性、密度、生物量和基礎地景的變化趨勢資料。

研究方法

調查監測站地點

2021-2023年連續調查的農業長期生態監測站地點為新竹峨眉區-桶柑、苗栗西湖區-文旦、嘉義溪口區-水稻、台南麻豆區-文旦、高雄燕巢區-印度棗、花蓮富里區-水稻、台東池上區-水稻及台東卑南區-番荔枝等8個監測站，2022年新增調查台東長濱區-芭蕉，2023年又增加調查南投埔里區-百香果、雲林古坑區-荔枝、嘉義分所區-荔枝、南投名間區-茶園等4個監測站，2022年度調查地點刪除屏東枋山，2023年度刪除苗栗苑里。監測站田區又依農業操作方式分成有機農法、慣行農法和友善農法，各監測站描述資料詳如表一，2021 - 2023年度進行調查的有機農法田區總數為40個，慣行農法田區為48個，友善農法田區為11個。

表一、2021-2023 年度進行蚯蚓調查之監測站及其不同農法田區數量資料。

Time of	Locality	Crop	Numbers of sampling sites for farming type
---------	----------	------	--

survey			Organic	Conventional	Friendly
2021–2023	Emei, Hsinchu County	Tankan	4	4	
2021–2023	Xihu, Miaoli County	Pomelo	3	3	
2021–2023	Sikou, Chiayi County	Rice		6	3
2021–2023	Madou, Tainan City	Pomelo	4	4	
2021–2023	Yanchao, Kaohsiung City	Jujube	2	3	
2021–2023	Beinan, Taitung County	Sugar apple	4	4	
2021–2023	Chishang, Taitung County	Rice	3	4	1
2021–2023	Fuli, Hualien County	Rice	8	4	
2022–2023	Changbin, Taitung County	banana	3		
2023	Puli, Nantou County	Passion fruit	1	5	
2023	Mingjian, Nantou County	Tea	8	6	
2023	Gukeng, Yunlin County	Litchi		3	3
2023	Chiayi City	Litchi		2	4
Total number of different field types			40	48	11

蚯蚓樣本採集方法

每年蚯蚓採樣時間約為 3 月至 10 月，依有機、慣行和友善農法的田區設置 2 個蚯蚓樣本採集點，採集點的選擇方式是先觀察土表是否具有蚯蚓糞土，若無蚯蚓活動痕跡，則選擇較為濕潤的土壤或土表有植體的地點。蚯蚓的採集方式為挖掘法，每個採集點的面積為 45 cm × 45 cm，挖掘深度約 15-20 cm (圖一)，計數每個採集點的蚯蚓數量，並且放入保存盒帶回實驗室，初步以清水洗淨蚯蚓後，測量蚯蚓體長，並照相紀錄再進行冷凍保存，部分蚯蚓則進行標本製作，先以 10-15%酒精進行麻醉，讓蚯蚓得以自然伸展，不捲曲樣態，再放置 95%酒精中以標本瓶保存 (Lai & Chen 2018)。



圖一、選擇地面具有蚓糞土的區域為蚯蚓採集點。

蚯蚓品種之分子鑑定

1. 蚯蚓 DNA 萃取

蚯蚓以清水洗乾淨後，取蚯蚓部分身體組織約30 mg，置入研鉢內，加入液態氮研磨成粉狀，再利用市售核酸萃取套組 (NautiaZ Tissue DNA Extraction Mini Kit , NAUTIAGENE)，參照該套組之操作步驟萃取純化蚯蚓全基因體核酸，將所萃取純化後之蚯蚓基因體核酸保存於-20°C冰箱備用。

2. 聚合酶連鎖反應 (Polymerase chain reaction, PCR)

透過PCR反應增幅蚯蚓基因體中的CO I基因和16S rDNA基因，CO I基因使用Worm COI F (5'- GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G -3') 和Worm COI R1 (5'- TAT ACT TCT GGG TGT CCG AAG AAT CA -3') 引子對，可增幅出658~672 bp核酸片段，

16S rDNA基因使用16Sar (5'- CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT -3') 和16Sbr (5'- CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T -3') 通用引子對 (Chang *et al.* 2008) , 可增幅出403~502 bp核酸片段, PCR之反應條件如下: 所有反應物混合加入0.2 mL微量離心管, 每支反應管含內容物之濃度如下: 2倍 PCR Taq mix (Invitrogen) 、 10 μ M primer mix 、 0.2 – 0.6 μ g genomic DNA , 反應總體積50 μ L 。 將配製完成之反應混合液置於PCR熱循環儀 (Applied Biosystems 2720 Thermal Cycler, USA) , 並依照下列設定條件完成PCR反應: 於94°C 預熱5分鐘, 以94°C 變性 (denaturation) 45秒; 51°C 煉合 (annealing) 30秒; 72°C 延展 (extension) 45秒, 共進行35個循環反應, 之後續進行72°C 最終延展7分鐘 (final extension) , 及溫度降至4°C保存狀態。

3. 核酸序列定序與分析

PCR反應完後以1.2 %瓊膠電泳分析, 來確認PCR產物的長度, 將預期核酸長度的膠體片段切下後, 進行核酸片段膠體純化回收, 利用核酸膠體萃取套組 (NucleoSpin Gel and PCR Clean-up Kit, MACHEREY-NAGEL) 回收DNA片段, 再委託明欣生物科技有限公司進行核酸定序, 解序完成的核酸序列使用NCBI網站中的BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>) 系統, 再利用系統中的Nucleotide Blast比對分析, 以了解定序的序列與GenBank中所發表的序列相似度, 以確認蚯蚓樣本的品種。

統計分析

針對不同農法田區所調查到的蚯蚓密度 (蚯蚓數量/每平方公尺), 利用SPSS統計軟體

(version 20)，進行單因子變異數分析 (One-Way ANOVA) 與多重比較，評估慣行農法、有機農法和友善農法的蚯蚓密度平均值是否有差異性。

結果與討論

本研究於 2021-2023 年在不同農業長期生態系監測站進行蚯蚓生態調查，2021 年度於 8 個監測站採得 691 隻蚯蚓，得到 6 科 10 屬 20 種的鑑定結果，2022 年度於 9 個監測站採得 1000 隻蚯蚓，得到 6 科 10 屬 21 種的鑑定結果，2023 年度於 13 個監測站採得 1147 隻蚯蚓，得到 6 科 9 屬 19 種的鑑定結果，累計 3 年於 13 個監測站總共採集到 2838 隻蚯蚓，其鑑定結果分屬 6 科 11 屬 25 種蚯蚓(表二)，有 228 隻只能鑑別至遠環蚓屬、環爪蚓屬和近環蚓屬，未能確認品種的蚯蚓有 121 隻，農業監測站大多數的蚯蚓的種類屬於巨蚓科(Megascolecidae)，多為廣布種與外來種，其中以巨蚓科 (Megascolecidae) 遠環蚓屬 (*Amyntas* sp.) 種類數 8 種較多，其次為腔環蚓屬 (*Metaphire* sp.) 種類有 4 種。在調查到的農田蚯蚓種類中，在農業生態系統中分布最廣的是參狀遠環蚓 (*Amyntas aspergillum*)，分布在 11 個監測站，參狀遠環蚓為大型蚯蚓，活動範圍屬於深層蚯蚓 (anecic) (Chatelain & Mathieu 2017)，可以在土壤中挖掘深達 3 公尺的垂直地道 (Lai & Chen 2018)，當有土壤有發生擾動 (除草管理) 或噴施農藥時，參狀遠環蚓可以往更深層土壤移動，參狀遠環蚓分布在慣行田區最多，反應了此品種相當適應農業生態環境，可能也是最能適應化肥與農藥的蚯蚓品種，但本研究的採樣深度為 15-20 公分，且採到的多為幼蚓，手動挖掘的過程中，成熟的參狀遠環蚓往更深的地下鑽動，可能

影響到其數量結果，參狀遠環蚓在調查蚯蚓總數量的佔比僅 3.5%。農業生態系統中調查數量最多的土後腔環蚓 (*Metaphire posthuma*)，佔調查總數的 33.9%，臺灣特有種蚯蚓僅調查到福爾摩沙腔環蚓 (*Metaphire formosae*)，分別出現於 2021 年的苗栗西湖-文旦有機田區、2023 年的新竹峨眉-桶柑有機田區及雲林古坑-荔枝慣行田區，以上採樣點皆是接近丘陵地形的區域。此外，蚯蚓分布種類與數量通常與當地的人為開發程度有相關性，本研究調查發現臺灣農業環境的蚯蚓品種以外來種或廣泛分布種為優勢族群，人為干擾導致本土特有種蚯蚓豐度和多樣性減少，全球貿易發達與人為開發活動建立了外來種群。外來蚯蚓物種在城市和農村地區的土壤中佔主導地位，而本地物種則在受人為干擾較少的棲息地中生存 (Tsai *et al.* 2000 & Winsome *et al.* 2006)。

比較 2021 年至 2023 年慣行、有機和友善農法的蚯蚓多樣性結果方面如表三，慣行農法和有機農法的蚯蚓品種數差異不大，各為 24 種與 19 種，友善農法因採樣田區數較少，蚯蚓品種也較少，只有 15 種蚯蚓，慣行農法的數量優勢種為土後腔環蚓，主要是池上、溪口和燕巢連續三年採集到較多的土後腔環蚓，而有機農法的數量優勢種為土後腔環蚓和黃頸蜷蚓 (*Pontoscolex corethrurus*)，在麻豆持續穩定採集到土後腔環蚓，黃頸蜷蚓則是在分布在多個有機田區並且為該田區的數量優勢種，尤其在西湖已穩定三年為優勢種，友善農法的數量優勢種也是黃頸蜷蚓，主因是在嘉義分所和古坑調查到大量的黃頸蜷蚓，同時也採集到多顆黃頸蜷蚓的卵繭，依據前人研究，黃頸蜷蚓為非常活躍的入侵種，活動範圍屬於中層內棲類 (endogeic) 之蚯蚓 (Ortiz-Ceballos *et al.* 2019)，喜歡在有機質豐富的土壤中生長良好，且對土

壤擾動具有很強的適應能力，對土壤的溫度和濕度的變化具有很高的耐受性，也可棲息在許多不同的土壤類型中，繁殖能力高，可以達到每平方公尺 400 隻的密度 (Chen *et al.* 2004 ; Zhang *et al.* 2020)，由上述這些特性推測黃頸蜷蚓在有機與友善農法田區適應良好並為優勢種或單一品種的原因。比較不同農法的蚯蚓密度調查結果上，慣行農法、友善農法和有機農法 3 年的蚯蚓平均密度如表四所示，針對慣行農法、友善農法和有機農法等 3 種變項，了解不同農業操作模式對農田表層土壤的蚯蚓數量影響，進行單因子變異數分析，2021 年至 2023 年的蚯蚓密度在 3 種不同農法間沒有顯著差異($p > 0.05$)，雖 2023 年的友善農法的蚯蚓平均密度 81.5 ind. m^{-2} 是 3 年中調查到最高的蚯蚓密度平均值，但友善農法僅 4 個監測站，多重比較分析結果顯示 3 種農法之無顯著差異($p > 0.05$)，綜觀全部監測站的蚯蚓密度調查結果，慣行農法、友善農法和有機農法對蚯蚓數量無明顯的相對關係，依農業作業模式不同干擾，導致影響蚯蚓生長與繁殖，品種差異性，皆需長期監測觀察。

在比較不同栽培作物對蚯蚓影響方面(圖二)，水稻有 3 個監測站，累計 3 年其調查到得蚯蚓數量與種類最多，共有 16 種蚯蚓及 865 隻蚯蚓，另外還有調查發現到寒蟪蚓科的薩爾塔細帶蚓 (*Eukerria saltensis*)、西土寒蟪蚓 (*Ocnerodrilus occidentalis*)、*Eukerria kuekenthali* 和 *Gordiodrilus elegans*，此科的蚯蚓為半水生 (semiaquatic) 絲狀蚯蚓，皆是連續 3 年僅在水稻田發現。其次為文旦果園，累計有 11 種蚯蚓及 539 隻蚯蚓，桶柑果園僅有新竹峨眉區 1 站，累計調查到 12 種蚯蚓及 234 隻蚯蚓，是所有監測站中蚯蚓多樣性最佳的作物別。台東長濱區芭蕉與南投埔里區百香果則各僅調查到 3 種蚯蚓，且台東長濱區芭蕉的蚯蚓數量是最

少的。分析不同作物的優勢種方面，文旦、水稻和印度棗為土後腔環蚓，而且其他作物皆沒有調查到土後腔環蚓，桶柑、荔枝和百香果皆為黃頸蝟蚓，番荔枝為巴氏杜拉蚓 (*Drawida barwelli*)，芭蕉為長形多環蚓 (*Polypheretima elongata*)。

在 2021 年到 2023 年的調查期間，2021 年上半年臺灣各地降雨情況不佳，土壤因缺乏水分而有質地硬化的情況，所以部分採樣點蚯蚓數量極少，在屏東枋山芒果果園更沒有採集到蚯蚓，2023 年調查南投名間茶園時，雖然茶園會視土壤濕度進行灌溉，但是茶園土質為紅土，本研究進行調查時，有機茶園土壤質地乾硬，慣行茶園地表會覆蓋一層有機肥料，但土壤質地也是偏乾硬，因此也沒有採集到蚯蚓，由此可知，蚯蚓的活動與種群數量主要與當地土壤水分是否充分及土壤性質有關。實地進行調查時發現，不論是有機或慣行農法，採集點若是土壤乾硬、多石頭等不利蚯蚓活動的環境，會使蚯蚓的數量較少，這種環境採到的多是較小隻的蚯蚓，或是耕地表面有經常施肥、除草或重新栽種作物的翻田鬆土等造成地表擾動的行為，其蚯蚓數量會更少，通常降雨量正常的氣候進行採集工作，土壤水分提高，質地變鬆軟，以及地表有豐富的腐植質 (落葉和落果)，通常蚯蚓密度較高。

表二、2021-2023 年度於農業環境 15 個監測站共調查到蚯蚓品種種類、各品種佔比及分布站數。

Family	Genus	Species	Chinese common name	Time of Survey			Earthworm population (%)	Number of distributed stations
				2021	2022	2023		
Lumbricidae 正蚓科	<i>Bimastos</i> 雙胸蚓屬	<i>Bimastos parvus</i>	小雙胸蚓	+	+	+	1.3	4
Megascolecidae 巨蚓科	<i>Amyntas</i>	<i>Amyntas asacceus</i> [‡]			+		0.1	1
巨蚓科	遠環蚓屬	<i>Amyntas aspergillum</i>	參狀遠環蚓	+	+	+	3.5	12
		<i>Amyntas corticis</i>	皮質遠環蚓	+	+	+	1.8	4
		<i>Amyntas gracilis</i>	優雅遠環蚓	+	+	+	3.3	4
		<i>Amyntas hupeiensis</i>	湖北遠環蚓	+	+	+	3.8	3
		<i>Amyntas incongruus</i>	異駢遠環蚓		+	+	0.2	3
		<i>Amyntas morrisi</i>	毛利遠環蚓	+	+	+	3.7	3
		<i>Amyntas robustus</i>	壯偉遠環蚓	+	+	+	1.0	2
	<i>Metaphire</i>	<i>Metaphire californica</i>	加州腔環蚓	+	+	+	2.8	4
	腔環蚓屬	<i>Metaphire formosae</i> [#]	福爾摩沙腔環蚓 [#]	+		+	0.4	3
		<i>Metaphire posthuma</i> [*]	土後腔環蚓 [*]	+	+	+	33.9	3
		<i>Metaphire schmardae</i>	舒氏腔環蚓	+		+	0.2	1
	<i>Polypheretima</i>	<i>Polypheretima elongata</i>	長形多環蚓	+	+	+	4.2	6
	多環蚓屬							
	<i>Perionyx</i>	<i>Perionyx excavatus</i>	掘穴環爪蚓	+			0.1	1
	環爪蚓屬							
Ocnerodrilidae 寒蟪蚓科	<i>Eukerria</i>	<i>Eukerria saltensis</i>	薩爾塔細帶蚓	+	+		0.2	2
		<i>Eukerria kuekenthali</i> [‡]		+	+	+	0.8	1

	<i>Gordiodrilus</i>	<i>Gordiodrilus elegans</i> [‡]		+	+	+	0.8	2
	<i>Ocnerodrilus</i>	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>	西土寒蟻蚓		+	+	3.0	2
	寒蟲憲蚓屬							
Octochaetidae 八毛蚓科	<i>Dichogaster</i>	<i>Dichogaster bolau</i>	包氏重胃蚓	+	+		0.5	3
	重胃蚓屬	<i>Dichogaster saliens</i>	彈跳重胃蚓	+	+		0.4	2
		<i>Dichogaster modigliani</i> [‡]			+		0.1	1
Rhinodrilidae 吻蚓科	<i>Pontoscolex</i>	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	黃頸蝟蚓	+	+	+	23.4	8
Moniligastridae 鏈胃蚓科	<i>Drawid</i>	<i>Drawida barwelli</i>	巴氏杜拉蚓	+	+	+	4.0	5
	杜拉蚓屬	<i>Drawida impertusa</i> [‡]				+	1.6	1
6 families	11 genera	25 species		20	21	19	100	13

*dominant species

endemic species

‡ new record of exotic earthworm

表三、累計3年比較不同農法之蚯蚓品種及數量百分比(%)。

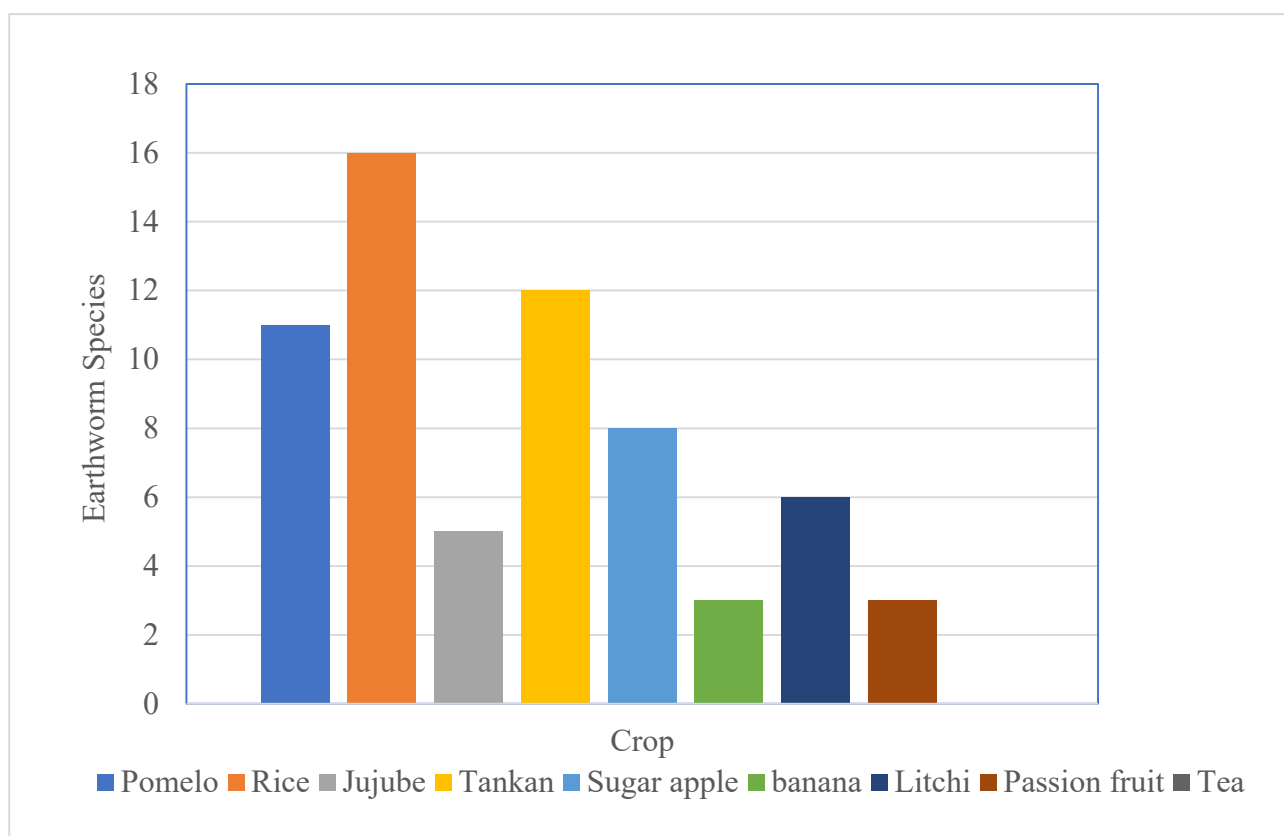
Species	Faming type		
	Convventional	Organic	Friendly
小雙胸蚓	2.4		1.8
<i>Amyntas asacceus</i>		0.3	
參狀遠環蚓	4.3	3.4	0.8
皮質遠環蚓	0.6	2.7	2.9
優雅遠環蚓	0.7	9.2	
湖北遠環蚓	7.8	0.7	0.8
異駢遠環蚓	0.3	0.1	
毛利遠環蚓	4.3	5.1	1.3
壯偉遠環蚓	0.6	2.3	
加州腔環蚓	3.6	2.7	1.3
福爾摩沙腔環蚓	0.6	0.3	
土後腔環蚓*	43.6*	29.1*	38.3
舒氏腔環蚓	0.2	0.5	
長形多環蚓	1.3	7.9	2.1
掘穴環爪蚓	0.3		
薩爾塔細帶蚓	0.6		
<i>Eukerria kuekenthali</i>	1.4		1.3
<i>Gordiodrilus elegans</i>	1.1	0.3	0.8
西土寒蟻蚓	0.4	0.3	0.5
包氏重胃蚓	0.6	0.9	
彈跳重胃蚓	0.7		0.3
<i>Dichogaster modigliani</i>	0.1	0.3	
黃頸蝟蚓*	20.8	21.0	44.5*
巴氏杜拉蚓	1.0	11.2	0.5
<i>Drawida impertusa</i>	2.8		2.9

*: dominant species

表四、2021-2023 年不同農法的蚯蚓平均密度之 ANOVA 分析結果。

Time	Farming type	No. of monitoring stations	Average density (ind. m ⁻²)	F value	P
2021	Organic	7	26.1	0.09	0.91
	Conventional	8	21.4		
	Friendly	3	24.8		
2022	Organic	8	45.2	0.37	0.69
	Conventional	8	32.0		
	Friendly	3	33.6		
2023	Organic	10	26.3	2.65	0.09
	Conventional	12	32.7		
	Friendly	4	81.5		

*表 P < 0.05 呈顯著性差異。



圖二、累計 3 年在不同作物別的蚯蚓調查種類。

誌謝

本研究由農業部研究計畫經費補助，及農業試驗所與各個改良場所農業生態系長期生態監測站提供，並承蒙特有生物保育中心動物組無脊椎研究室沈慧萍助理研究員與台灣大學生命科學系張智涵助理教授協助標準製作、蚯蚓形態傳統鑑定技術之指導，及分子生物鑑定技術之交流，謹此致謝。

引用文獻

Catalogue of Life in Taiwan. <https://taicol.tw/zh-hant/taxon/t0091578>. (visit on 06/17/2024).

Chatelain, M. and J. Mathieu. 2017. How good are epigeic earthworms at dispersing? An investigation to compare epigeic to endogeic and anecic groups. *Soil Biol. Biochem.* 111:115-123.

Chan, K.Y., 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity-implications for functioning in soils. *Soil Till. Res.* 57:179 – 191.

Chang, C. H., S. M. Lin, and J. H. Chen. 2008. Molecular systematics and phylogeography of the gigantic earthworms of the *Metaphire formosae* species group (Clitellata, Megascolecidae). *Mol. Phylogenet. Evol.* 49:958 – 968.

Chang, C. H., H. P. Shen, and J. H. Chen. 2009. Earthworm fauna of Taiwan. National Taiwan University Press. Taipei. Taiwan. 174 pp.

Chen, I. H., C. H. Chang, S. C. Chuang, Y. H. Lin, and J. H. Chen. 2004. The distribution of the

exotic earthworm *Pontoscolex corethrurus* in northern Taiwan and its potential impacts on soil and native earthworm populations. *Chinese Bioscience*. 47(1):117 – 126. (in Chinese with English abstract) doi:10.29981/CB.200412.0008

Chen, C. L., B. H. Chen, S. N. Huang, H. B. King, W. C. Sun, ... Z. S. Chen. 2009. Establishment and perspectives of a long term ecological research in agricultural ecosystem in subtropics. *Crop, Environment & Bioinformatics*. 6(4):233 – 246. (in Chinese with English abstract) doi:10.30061/CEB.200912.0004

Chuang, S. C., C. H. Chang, and J. H. Chen. 2005. A review of earthworm systematics from Taiwan. *Notes and Newsletter of Wildlifers*. 9(4):2–5. doi:10.6496/NOW.200512_9(4).0002

Dewi, W. and M. Senge. 2015. Earthworm diversity and ecosystem services under threat. https://www.researchgate.net/publication/332063471_EARTHWORM_DIVERSITY_AND_ECOSYSTEM_SERVICES_UNDER_THREAT (visit on 07/11/2023)

Fründ, H. C., U. Graefe and S. Tischer. 2010. Earthworms as bioindicators of soil quality . <https://www.researchgate.net/publication/226337560> (visit on 05/17/2023).

Gabriella, J. E., L. Jan, M. D. Claudio and P. C. Alberto. 2019. Identification of earthworm species in Uruguay based on morphological and molecular methods. *Agrociencia*. 23(1):1 – 10.

Lei, Y. T., and J. H. Chen. 2018. Handbook of the common earthworms of Taiwan. Walkers Cultural Enterprise Press. Taipei. Taiwan. 187 pp. (in Chinese)

Misirlioglu, M., J. W. Reynolds, M. Stojanović , T. Trakić , J. Sekulić , ... G. G. Brown. 2023.

Earthworms (Clitellata, Megadrili) of the world: an updated checklist of valid species and families, with notes on their distribution. *Zootaxa*. 5255(1):417 – 438.

Ortiz-Ceballos, A. I., D. Ortiz-Gamino, A. Andrade-Torres, P. Pe rez-Rodri guez and M. pez-

Ortega. 2019. *Pontoscolex corethrurus*: A homeless invasive tropical earthworm?

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0222337> (visit on 06/20/2023)

Pop, A. A., M. Wink and V. V. Pop. 2003. Use of 18S, 16S rDNA and cytochrome c oxidase

sequences in earthworm taxonomy (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia*. 47: 428 – 433.

Singh, J., M. Schädler, W. Demetrio, G. G. Brown, and N. Eisenhauer. 2019. Climate change effects

on earthworms - a review. *Soil Org*. 91(3): 114 – 138.

Tsai, C. F., H. P. Shen and S. C. Tsai. 2000. Native and exotic species of terrestrial earthworms

(Oligochaeta) in Taiwan with reference to Northeast Asia. *Zoological Studies* 39 (4): 285 – 294.

Winsome, T., L. Epstein, P. F. Hendrix and W. R. Horwath. 2006. Competitive interactions between

native and exotic earthworm species as influenced by habitat quality in a California grassland.

Appl. Soil Ecol. 32: 38 – 53.

Zhang, W., J. Li, M. Guo, C. Liao, X. H, Y. Lin and S. Fu. 2020. The presence of earthworm

Pontoscolex corethrurus rather than organic matter sources indirectly controls N₂O flux in tropical plantation soils. European J. Soil Biol. 96. 103150.

Long-term ecological monitoring of agricultural ecology system - Annelida earthworms

Yu-Chen Hsieh^{1*}, Shu-Chuan Chen¹, Fang-Yun Lin¹

¹Applied Toxicology Division, Agricultural Chemicals Research Institute, Ministry of Agriculture

Abstract

From 2021 to 2023, we were cooperated with different long-term ecological monitoring stations of the agricultural ecology department to conduct earthworm species identification and quantitative surveys of earthworm diversity, establish biodiversity-related data, and then understand the situation of the soil ecological environment under different agricultural operation modes, and provide reference for ecological and environmental biological information. The agricultural monitoring stations in 2021 : Hsinchu Emei District- Tankan, Miaoli Xihu District- Pomelo, Chiayi Sikou District-Rice, Tainan Madou District- Pomelo, Kaohsiung Yanchao District- Jujube, Hualien Fuli District-Rice, Taitung Chishang District- Rice and Beinan District- Sugar apple, and new additions stations in 2022 : Taitung Changbin District - Banana, new stations in 2023 : Nantou Puli District - Passion Fruit, Yunlin Gukeng District - Litchi, Chiayi City District - Litchi, Nantou Mingjian District-Tea. In 2021, 691 earthworms were collected, with identification results of 20 species in 6 families, 10 genera. In 2022, 1000 earthworms were collected, with identification results of 21 species in 6 families, 10 genera. In 2023, 1147 earthworms were collected, with 9 species in 6 families. The identification results of 19 genera have resulted in a total of 25 species of earthworms from 11 genera and 6 families during these three years, most of which are globally distributed and exotic species. The only species endemic to Taiwan investigated in this study is *Metaphire formosae*, which can only be investigated in Hsinchu Emei, Miaoli Xihu and Yunlin Gukeng. According to the results of a three-year investigated of earthworm species based on different agricultural methods, 24 species and 19 species of earthworms were investigated under conventional farming methods and organic farming methods respectively. The numerically dominant species is *Pontoscolex corethrurus*, followed by *Metaphire posthuma*, which shows that *Pontoscolex corethrurus* is quite adaptable to the agricultural ecosystem environment, and its population is the largest among the total earthworm population. Especially in Tainan Madou District, the biotope of this species has remained relatively unchanged in the past three years, and the long-term community is stable in these areas. After three years of field investigation, it was found that moist clay loam soil usually has a higher density of earthworms, but the soil is not moist enough, is rocky, is waterlogged, or has surface disturbances such as frequent fertilization or weeding on the farmland surface, all of which are detrimental to earthworm activity. Environmental factors will affect the number of earthworm surveys. The accumulated biological information from

subsequent long-term surveys provides information exchange between domestic and foreign experts, analyzes the impact of climate change on ecosystem services, and provides information for formulating adaptation strategies to mitigate the impact of climate change.

Key words: agricultural ecological environment, earthworm, biodiversity, conventional farming methods, organic farming methods, friendly farming methods