



農業環境蚯蚓多樣性調查研究

林芳妘¹、陳淑娟¹、林麗淑¹、謝玉貞^{1*}

¹ 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

* 聯繫人 e-mail:ych@tactri.gov.tw

摘要

參與9個農業環境監測站之蚯蚓生態多樣性調查，本研究於民國110年3月至9月間，陸續於各生態監測站調查採集152個樣點，共採得593隻蚯蚓，初步以外觀形態挑出150隻蚯蚓樣本，萃取全基因體核酸後，再以分子生物技術方法鑑定蚯蚓品種，利用線粒體細胞色素氧化酶I基因 (mitochondrial cytochrome oxidase subunit I, COI)、16S ribosomal RNA 基因 (16S rRNA) 基因和18S ribosomal RNA (18S rRNA) 基因可以對117隻蚯蚓樣本，得到8屬16種的鑑定結果，大多數的種類屬於巨蚓科 (Megascolecidae)，有6隻蚯蚓樣本只能鑑定至屬別，另有27隻蚯蚓樣本無法以這三種基因得到明確的鑑定結果。在蚯蚓品系的調查結果中，嘉義溪口的土後腔環蚓 (*Metaphire posthuma*) 出現頻率極高，在臺南麻豆僅調查到單一品系土後腔環蚓，此品種已成為臺南麻豆和嘉義溪口的優勢種，其餘地區的蚯蚓則較多樣性，且具有地緣品種特性，多為外來或全球廣佈種品系。臺灣特有種蚯蚓僅在苗栗西湖調查到福爾摩沙腔環蚓 (*Metaphire formosae*)。比較慣行農法、友善農法和有機農法，這三種栽培方式對蚯蚓的品系及數量並無明顯差異，反而是土壤性質、濕度與農耕在淺層地表擾動頻繁活動皆會影響蚯蚓數量與繁殖。

關鍵字：蚯蚓、農業環境、生物多樣性

引言

農業監測站樣區環境主要針對微生物、昆蟲、土壤重金屬進行調查，加入土壤環節動物可增加環境區域生物多樣調查之豐富性。參與臺灣地區監測站的長期生態學之研究，主要進行監測站蚯蚓生物多樣性之調查。由於蚯蚓對土壤環境與有毒化學品敏感，蚯蚓是土壤生態系統中的重要生物指標之一，希望藉由利用調查蚯蚓多樣性與繁殖特性來評估比較不同農法（慣行、有機、友善）對土壤生態環境影響程度。

研究方法

一、蚯蚓樣本採集

採樣時間為 110 年 3 月至 9 月，進行樣本採集的監測站有苗栗縣西湖鄉、新竹縣峨眉鄉、嘉義縣溪口鄉、臺南市麻豆區、屏東縣枋山鄉、高雄市燕巢區、臺東縣池上鄉、卑南鄉和花蓮縣富里鄉等 9 個監測站，監測站中的採集樣點的田區會包含有機、慣行和友善農法，田區數共計 75 個（表 1），採集點的選擇方式是先觀察土表是否有蚓糞土（圖 1），若無蚯蚓活動痕跡，則每種農法各隨機選擇 2~3 個採點，採樣的樣點數共計 152 個，調查樣點詳細資料如表一，蚯蚓的採集方式為挖掘法，每個採集點的面積為 45×45 公分，挖掘深度約 10~20 公分，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，測量蚯蚓體長與體重，並照相紀錄再進行冷凍保存。



圖 1、選擇土表有蚓糞土的區域作為挖掘採樣點。



表 1、110 年度蚯蚓調查 152 個採樣點

地點	作物	栽培農法	田區重複	GPS	採樣點總數
新竹峨眉	桶柑	慣行	CC1	24.686230, 121.011480	16
新竹峨眉	桶柑	慣行	CC2	24.685266, 121.011012	
新竹峨眉	桶柑	慣行	CC3	24.686978, 121.009988	
新竹峨眉	桶柑	慣行	CC4	24.684020, 121.013375	
新竹峨眉	桶柑	有機	OC1	24.689215, 121.035079	
新竹峨眉	桶柑	有機	OC2	24.688949, 121.035226	
新竹峨眉	桶柑	有機	OC3	24.688772, 121.035165	
新竹峨眉	桶柑	有機	OC4	24.688998, 121.034931	
苗栗西湖	文旦	慣行	CC1	24.541430, 120.783037	16
苗栗西湖	文旦	慣行	CC2	24.541694, 120.783079	
苗栗西湖	文旦	慣行	CC3	24.548869, 120.765405	
苗栗西湖	文旦	有機	OC1	24.533059, 120.779191	
苗栗西湖	文旦	有機	OC2	24.533441, 120.778852	
苗栗西湖	文旦	有機	OC3	24.547639, 120.771222	
臺南麻豆	文旦	慣行	CC1	23.145078, 120.230509	16
臺南麻豆	文旦	慣行	CC2	23.146469, 120.240360	
臺南麻豆	文旦	慣行	CC3	23.202489, 120.247172	
臺南麻豆	文旦	慣行	CC4	23.194877, 120.246278	
臺南麻豆	文旦	有機	OC1	24.145098, 120.231283	
臺南麻豆	文旦	有機	OC2	23.151393, 120.227382	
臺南麻豆	文旦	有機	OC3	23.202556, 120.247388	
臺南麻豆	文旦	有機	OC4	23.194734, 120.246972	
嘉義溪口	水稻	慣行	CA1	23.58271, 120.405864	20
嘉義溪口	水稻	慣行	CA2	23.581648, 120.404696	
嘉義溪口	水稻	慣行	CA3	23.581381, 120.404361	
嘉義溪口	水稻	友善	SA1	23.582398, 120.405514	
嘉義溪口	水稻	友善	SA2	23.58202, 120.405101	
嘉義溪口	水稻	友善	SA3	23.581114, 120.404048	
嘉義溪口	雜草區		Weed15		
嘉義溪口	雜草區		Weed16		
嘉義溪口	水稻	區外慣行	RCA1	23.586323, 120.404718	
嘉義溪口	水稻	區外慣行	RCA2	23.584859, 120.410729	
嘉義溪口	水稻	區外慣行	RCA3	23.586865, 120.410177	
高雄燕巢	印度棗	慣行	CC1	22.770597, 120.335706	16
高雄燕巢	印度棗	慣行	CC2	22.770283, 120.335758	
高雄燕巢	印度棗	慣行	CC3	22.770392, 120.335465	
高雄燕巢	印度棗	慣行	CC4	22.780704, 120.325424	
高雄燕巢	印度棗	有機	OC1	22.771014, 120.335745	
高雄燕巢	印度棗	有機	OC2	22.773575, 120.334827	
高雄燕巢	印度棗	有機	OC3	22.774236, 120.334593	
高雄燕巢	印度棗	有機	OC4	22.780455, 120.327749	

地點	作物	栽培農法	田區重複	GPS	採樣點總數
屏東枋山	芒果	慣行	CC1	22.316027, 120.635997	12
屏東枋山	芒果	有機	OC1	22.322823, 120.632996	
屏東枋山	芒果	友善	FC1	22.344151, 120.627640	
屏東枋山	芒果	友善	FC2	22.344564, 120.629150	
屏東枋山	芒果	友善	FC3	22.344379, 120.629438	
屏東枋山	芒果	友善	FC4	22.344685, 120.629911	
臺東卑南	番荔枝	慣行	CC1	22.845805, 121.088113	16
臺東卑南	番荔枝	慣行	CC2	22.848785, 121.084623	
臺東卑南	番荔枝	慣行	CC3	22.834481, 121.093620	
臺東卑南	番荔枝	慣行	CC4	22.831568, 121.090200	
臺東卑南	番荔枝	有機	OC1	22.834699, 121.095357	
臺東卑南	番荔枝	有機	OC2	22.842962, 121.094027	
臺東卑南	番荔枝	有機	OC3	22.850375, 121.085549	
臺東卑南	番荔枝	有機	OC4	22.841233, 121.101050	
臺東池上	水稻	慣行	CC1	23.096127, 121.215970	16
臺東池上	水稻	慣行	CC2	23.093012, 121.214636	
臺東池上	水稻	慣行	CC3	23.090031, 121.209893	
臺東池上	水稻	慣行	CC4	23.098035, 121.207527	
臺東池上	水稻	有機	OC1	23.091748, 121.219499	
臺東池上	水稻	有機	OC2	23.091640, 121.220629	
臺東池上	水稻	有機	OC3	23.091873, 121.220949	
臺東池上	水稻	友善	FC1	23.095583, 121.215468	
花蓮富里	水稻	慣行	CC1	23.170309, 121.262897	24
花蓮富里	水稻	慣行	CC2	23.170779, 121.262464	
花蓮富里	水稻	慣行	CC3	23.170685, 121.262951	
花蓮富里	水稻	慣行	CC4	23.170816, 121.263189	
花蓮富里	水稻	有機	OC1	23.171997, 121.264072	
花蓮富里	水稻	有機	OC2	23.172262, 121.264341	
花蓮富里	水稻	有機	OC3	23.171219, 121.265124	
花蓮富里	水稻	有機	OC4	23.170524, 121.264280	
花蓮富里	水稻	友善	FC1	23.167731, 121.261927	
花蓮富里	水稻	友善	FC2	23.167925, 121.262094	
花蓮富里	水稻	友善	FC3	23.167602, 121.262539	
花蓮富里	水稻	友善	FC4	23.167401, 121.262235	

二、蚯蚓 DNA 萃取

蚯蚓以清水洗乾淨後，取蚯蚓部分身體組織約 25 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 (PureLink Genomic DNA Kits, Invitrogen)，參照 Mammalian Tissue and Mouse/Rat Tail Lysate 之萃取步驟操作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。



三、聚合酶連鎖反應 (Polymerase chain reaction, PCR)

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：5X PCR Taq mix (Protech)、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 94oC 預熱 5 分鐘，以 94oC 變性 (denaturation) 1 分鐘；51oC 煉合 (annealing) 45 秒；72oC 延展 (extension) 1 分鐘，共進行 35 個循環反應，之後續進行 72oC 最終延展 7 分鐘 (final extension)，及溫度降至 4oC 保存狀態，蚯蚓品種鑑定引子資料設計及預計所增幅之核酸序列長度可參照表 2。

表 2、蚯蚓品種鑑定引子資料^(4,7,8,9)

Primers	Sequence (5'-3')	Amplicons (bp) of target gene
Worm CO1 F	GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G	658~672
Worm CO1 R1	TAT ACT TCT GGG TGT CCG AAG AAT CA	(cytochrome c oxidase subunit I)
16Sar	CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT	403~502
16Sbr	CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T	(16S ribosomal RNA)
18S rRNA-F1	GTC ATA TGC TTG TCT CAA AGA TTA	861~864
18S rRNA-R1	TGT CCC TCT TAA TCA TTA CCT	(18S ribosomal RNA)

四、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。

結果與討論

本研究調查時間從 110 年 3 月開始，至 9 月底結束，針對苗栗縣西湖鄉、新竹縣峨眉鄉、嘉義縣溪口鄉、臺南市麻豆區、屏東縣枋山鄉、高雄市燕巢區、臺東縣池上鄉、

卑南鄉和花蓮縣富里鄉等 9 個監測站進行蚯蚓採集與品種調查，總共 152 個採樣點，挖掘採樣點如表一及圖一所示，這些採樣點中有 82 個採樣點有採到蚯蚓，共採得 593 隻蚯蚓，有 70 個採樣點沒有採到蚯蚓，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，其所調查到蚯蚓數量會較少，或是耕地表面有經常施肥或除草等造成地表擾動的行為，其蚯蚓數量也會較少，各監測站蚯蚓密度調查結果見表三，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，但是土壤性質或濕度會影響蚯蚓數量，濕潤的黏土通常蚯蚓密度較高（表 3）。

表 3、110 年各監測站之蚯蚓數量調查之結果

監測點 (調查時間)	作物	栽培方式	蚯蚓總數/ 採集點總數	蚯蚓平均密度 (隻/平方公尺)	土壤描述
苗栗西湖 110.03.15	文旦	有機農法	20/9	10.97	砂土，鬆軟
		慣行農法	9/7	6.35	砂土，略乾硬
新竹峨眉 110.03.17	桶柑	有機農法	34/8	20.99	砂土，鬆軟
		慣行農法	13/8	8.02	砂土，乾硬，石頭多
臺東池上 110.03.28	水稻	友善農法	8/2	19.75	黏土，土壤較濕
		有機農法	21/6	17.28	黏土，土壤較乾
		慣行農法	45/8	27.78	黏土，土壤較濕
花蓮富里 110.03.29	水稻	友善農法	26/8	16.05	黏土，土壤較乾
		有機農法	13/8	8.02	黏土，土壤較乾
		慣行農法	27/8	16.67	黏土，土壤較濕
臺南麻豆 110.04.19	文旦	有機農法	137/8	84.57	黏土，濕
		慣行農法	1/8	0.62	砂土，乾
嘉義溪口 110.04.21	水稻	友善農法	47/6	38.68	壤土，表土層龜裂
		慣行農法	130/12	53.50	壤土，略濕
高雄燕巢 110.09.14	印度棗	有機農法	63/8	38.89	黏土，濕
		慣行農法	58/8	35.80	黏土，濕
屏東枋山 110.04.15	芒果	友善農法	0/8	0	砂土，土壤乾硬
		有機農法	0/2	0	砂土，石頭多，土壤乾
		慣行農法	0/2	0	砂土，土壤偏乾硬
臺東卑南 110.09.23	番荔枝	有機農法	3/8	1.85	砂土，石頭多，土偏乾
		慣行農法	36/8	22.22	砂土多石頭偏乾，黏土偏濕



採集到的蚯蚓，初步以外觀形態陸續挑出 150 個蚯蚓樣本，萃取全基因體核酸後，再以分子生物技術方法鑑定蚯蚓品種，每種生物都具有自己獨特的 DNA 序列，因此，除了以形態學進行物種鑑定，還可以利用分子生物技術輔助，尤其是考量到蚯蚓種間差異取決於內部特徵或性成熟的個體中才能區分。目前，線粒體細胞色素氧化酶 I 基因 (mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I, COI) 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 ribosomal RNA 基因 (16S rRNA) 基因和 18S ribosomal RNA (18S rRNA) 基因在 GenBank 資料庫也累積許多筆序列資料可供比對查詢。

利用 COI、16S rRNA 和 18S rRNA 基因可以對本研究收集到其中的 117 個蚯蚓樣本，得到 8 屬 16 種的鑑定結果 (表 4)，8 個屬分別為遠環蚓屬、重胃蚓屬、Eukerria 屬、腔環蚓屬、環爪蚓屬、多環蚓屬、Pontoscolex 屬和 Gordiodrilus 屬，另外有 6 個蚯蚓樣本只能鑑定至屬別，另有 27 個蚯蚓樣本無法以這三種基因得到明確的鑑定結果。在比較各監測站不同農法所得到的蚯蚓品系調查結果中，臺南麻豆僅調查到單一品系為土後腔環蚓，其有機農法的蚯蚓平均密度為 84.57 隻 / 平方公尺，是蚯蚓數量最多的監測點，嘉義溪口所採集的蚯蚓樣本中，土後腔環蚓也是優勢種，出現頻率極高。王玉璽於博士論文內文提到 (2018) 臺灣地區對於蚯蚓種類分布的調查，多集中於遠環蚓屬與腔環蚓屬此兩屬^(1,10)，本研究採集到的蚯蚓種類也以此兩屬為最多，遠環蚓屬有 6 種 29 隻，腔環蚓屬則有 4 種 68 隻；另外，探討發現頻率較少的蚯蚓品種中，臺灣特有種蚯蚓僅在苗栗西湖有調查到福爾摩沙腔環蚓 (圖 3(1))⁽⁵⁾，舒氏腔環蚓大多群聚生活在肥沃壤土或有機層豐富的土壤表層⁽²⁾，在本研究的調查結果中，舒氏腔環蚓僅出現在新竹峨眉的有機桶柑園 (有機濃法)，亦屬為有機層豐富的土壤，其餘地區的蚯蚓品種則較多樣性，且具有地緣品種特性，但多為外來品系。Gabriella et al. 2019 提到，在烏拉圭境內，必需在有降雨的月份才能採集到蚯蚓⁽⁶⁾，因此需要在降雨正常的時間，再次進行調查，以比較土壤水分是否會對蚯蚓數量與品種有何差異，如屏東枋山的調查時間正逢缺水乾旱期，高溫與乾硬的土壤基質不適合蚯蚓生存，經調查此區完全無蚯蚓蹤跡。此外，蚯蚓分布種類通常與當地的人為開發程度有相關性，外來種或廣泛分布種為優勢族群⁽¹⁰⁾，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。110 年透過慣行、友善和有機農法等 3 種變項，對農田表層土壤的蚯蚓數量影響，進行單因子變異數分析，經由表五可了解到，蚯蚓數量在 3 種不同農法間 (ANOVA $F(2,15) = 3.68, p > 0.05$) 沒有顯著差異。另賴亦德、陳俊宏 (2018) 等人發表書中提到黃頸蝮蚓由於

蚓糞土質地細密且混合黏液，量大時遇水導致土壤孔隙減少及通氣排水不良，易造成土壤和農業有負面影響⁽³⁾，本研究亦有在苗栗西湖、新竹峨眉及高雄燕巢監測站調查到黃頸蝟蚓(圖3(2,3))。另薩爾塔細帶蚓在澳洲水稻田土壤中活動，使水質濁度上升、土壤緊實度下降，導致水稻幼苗發育不良而造成農損，因此被視為危害的外來入侵種⁽³⁾，薩爾塔細帶蚓(圖4)此品種在花蓮富里種植水稻區發現，後續需觀察是否造成水稻幼苗發育不良之影響。

表 4、110 年各監測點之蚯蚓品種調查之結果

監測點	栽培方式		鑑定結果	鑑別基因
苗栗西湖 文旦	有機農法	毛利遠環蚓	<i>Amyntas morrisi</i>	18S
		黃頸蝟蚓	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	16S
		福爾摩沙腔環蚓	<i>Metaphire formosae</i>	16S
	慣行農法	遠環蚓屬	<i>Amyntas sp.</i>	16S
		福爾摩沙腔環蚓	<i>Metaphire formosae</i>	16S
新竹峨眉 桶柑	有機農法	黃頸蝟蚓	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	CO1
		壯偉遠環蚓	<i>Amyntas robustus</i>	CO1
		遠環蚓屬	<i>Amyntas sp.</i>	16S
		優雅遠環蚓	<i>Amyntas gracilis</i>	CO1
		舒氏腔環蚓	<i>Metaphire schmardae</i>	CO1
	慣行農法	黃頸蝟蚓	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	CO1
		壯偉遠環蚓	<i>Amyntas robustus</i>	CO1
臺東池上 水稻	友善農法	加州腔環蚓	<i>Metaphire californica</i>	CO1
		遠環蚓屬	<i>Amyntas sp.</i>	18S
	慣行農法	湖北遠環蚓	<i>Amyntas hupeiensis</i>	CO1
		加州腔環蚓	<i>Metaphire californica</i>	CO1
		土後腔環蚓	<i>Metaphire posthuma</i>	CO1
花蓮富里 水稻	友善農法	皮質遠環蚓	<i>Amyntas corticis</i>	CO1
		湖北遠環蚓	<i>Amyntas hupeiensis</i>	CO1
	有機農法	遠環蚓屬	<i>Amyntas sp.</i>	18S
		皮質遠環蚓	<i>Amyntas corticis</i>	CO1
		加州腔環蚓	<i>Metaphire californica</i>	CO1
		優雅遠環蚓	<i>Amyntas gracilis</i>	16S
		湖北遠環蚓	<i>Amyntas hupeiensis</i>	16S
		優雅遠環蚓	<i>Amyntas gracilis</i>	CO1
		湖北遠環蚓	<i>Amyntas hupeiensis</i>	CO1
	慣行農法	薩爾塔細帶蚓	<i>Eukerria saltensis</i>	16S
		皮質遠環蚓	<i>Amyntas corticis</i>	CO1
臺南麻豆 文旦	有機農法	土後腔環蚓	<i>Metaphire posthuma</i>	CO1
	慣行農法	土後腔環蚓	<i>Metaphire posthuma</i>	CO1



嘉義溪口水稻	友善農法	土後腔環蚓	<i>Metaphire posthuma</i>	16S
		長形多環蚓	<i>Polypheretima elongata</i>	CO1
		遠環蚓屬	<i>Amyntas</i> sp.	CO1
	慣行農法	土後腔環蚓	<i>Metaphire posthuma</i>	CO1
		掘穴環爪蚓	<i>Perionyx excavatus</i>	CO1
高雄燕巢印度棗	有機農法	長形多環蚓	<i>Polypheretima elongata</i>	CO1
		黃頸蝟蚓	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	16S
		多環蚓屬	<i>Polypheretima</i> sp.	16S
	慣行農法	土後腔環蚓	<i>Metaphire posthuma</i>	16S
		長形多環蚓	<i>Polypheretima elongata</i>	CO1
		多環蚓屬	<i>Polypheretima</i> sp.	16S
臺東卑南番荔枝	有機農法	包氏重胃蚓	<i>Dichogaster bolau</i>	CO1
	慣行農法	彈跳重胃蚓	<i>Dichogaster saliens</i>	16S



圖 2、臺南麻豆有機農法採樣點所採集之部分蚯蚓，外觀都很相似，採到皆為環帶不明顯的蚯蚓幼體，不易從外觀辨別，但是經分子技術方法鑑定後，均為同一種土後腔環蚓之蚯蚓品種。



圖 3、苗栗西湖所採集之蚯蚓主要為 2 個品種，臺灣特有種的福爾摩沙腔環蚓 (1)，另一種為黃頸蝟蚓 (2 與 3)，其易分辨的特徵為口前葉極尖細而長，具有白色三對鈣腺。



圖 4、花蓮富里水稻所採集之易造成危害薩爾塔細帶蚓之蚯蚓品種。

結語

由於臺灣 110 年上半年各地降雨情況不佳，土壤較為乾硬，造成研究人員前往監測調查時，部分採樣點蚯蚓數量極少，在屏東枋山甚至挖不到蚯蚓，但也由此可知道，蚯蚓數量主要與當地土壤水分是否充分及土壤性質有關。除了臺南麻豆監測站蚯蚓物種單一，其他不同地區監測站蚯蚓品系有其多樣性，具地緣蚯蚓品系特性，但同一小樣區蚯蚓品系則差異不大。且經 110 年調查此 9 個監測站之綜合結果，蚯蚓數量與繁殖特性主要與當地水分是否充分、土壤性質及從事農耕活動頻率有關，以依農業不同作業模式導致干擾影響生長與繁殖，需再長期監測觀察與資料收集。

參考文獻

- 王玉璽。2018。臺灣蚯蚓之分類與東亞蚯蚓地理之分布探討。國立中興大學博士論文。
- 陳泓文。2017。以蚯蚓為友善耕作果園土壤生物指標之可行性研究。國立宜蘭大學碩士論文。
- 賴亦德、陳俊宏。2018。臺灣常見蚯蚓、蛭類圖鑑。遠足文化出版社。
- Chang, C.H.; Lin, S.M.; Chen, J.H. 2008. Molecular systematics and phylogeography of the gigantic earthworms of the *Metaphire formosae* species group (Clitellata, Megascolecidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 49:958-968.
- Chang, C.H.; Chuang, S.C.; Wu, J.H.; Chen, J.H. 2014. New species of earthworms belonging to the *Metaphire formosae* species group (Clitellata: Megascolecidae) in Taiwan. *Zootaxa* 3774:324-332.
- Gabriella, J.E.; Jan, L.; Claudio, M.D.; Alberto, P.C. 2019. Identification of Earthworm Species in Uruguay Based on Morphological and Molecular Methods. *Agrociencia*. 23:37-46.
- Noren, M.; Jondelius, U. 1999. Phylogeny of the Prolecithophora (Platyhelminthes) Inferred from 18S rDNA Sequences Cladistics. 15:103-112.
- Pop, A.A.; Wink, M.; Pop, V.V. 2003. Use of 18S, 16S rDNA and cytochrome c oxidase sequences in earthworm taxonomy (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia*. 47:428-433.
- Sun, J.; James, S.W.; Jiang, J.; Yao, B.; Zhang, L.; Liu, M.; Oiu, J.; Hu, F. 2017. Phylogenetic evaluation of *Amyntas* earthworms from South China reveals the initial ancestral state of spermathecae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 115:9106-9114.
- Tsai, C. F.; Shen, H.P.; Tsai, S.C. 2000. Native and exotic species of terrestrial earthworms (Oligochaeta) in Taiwan with reference to Northeast Asia. *Zoological Studies*. 39(4): 285-294.



Investigation and research on earthworm diversity in agricultural environment

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

¹Taiwan Agricultural Chemical Toxic Substances Research Institute.

*Correspondence: ych@tactri.gov.tw

Abstract

Investigation of earthworm diversity in 9 agricultural environment monitoring stations. From March to September 2021, this study investigated 152 samples in each ecological monitoring station, and collected 593 earthworms. 150 earthworm samples were initially selected based on their appearance, and was extracted the whole genome nucleic acid, and identified by molecular biotechnology (PCR). The primers designed of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI), 16S ribosomal RNA (16S rRNA) gene and 18S ribosomal RNA (18S rRNA) gene. The using PCR can identify 117 earthworm samples, and results of 8 genera and 16 species, most of which belong to Megascolecidae, but 6 earthworm samples can only Identifying to the genus, another 27 earthworm samples could not identification with these three genes. In the investigate results, the *Metaphire posthuma* can be finding in Chiayi County Xikou Township, and only a single strain in Madou Dist Tainan City. The *Metaphire posthuma* become dominant species in Xikou Township Chiayi County and Madou Dist Tainan City, the earthworms in other areas are more diverse, and geographical species, most of which are foreign or globally widespread species. The endemic species of earthworms in Taiwan, *Metaphire formosae* was only investigated in Xihu Township Miaoli County. Comparing conventional farming methods, friendly farming methods and organic farming methods, these three cultivation methods have no significant difference in the strains and numbers of earthworms. Instead, soil properties, humidity and frequent disturbance of farming activities on the shallow surface will affect the number and reproduction of earthworms.

Keywords: earthworm; biodiversity; agricultural environment
