

# 集集大地震後蚯蚓大量爬出現象之解析

廖光正<sup>1</sup> 李明進<sup>2</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

<sup>2</sup>屏東縣立興化國民小學 屏東縣萬丹鄉

## 摘要

1999年9月21日臺灣發生921集集大地震，其後在地震連連中，多處地方有大量蚯蚓出現於地面。民衆疑其為地震前兆，引起恐慌。以屏東為主的調查發現，含臺北在內，各地在10、11月大量爬出的蚯蚓均為同一種：*Metaphire posthuma* (Vaillant)，其發生地點都在學校或公共場所的開闊草地附近，容易引人注意。在屏東縣萬丹鄉興化國小操場找到大量*M. posthuma*藏身於草根下及排水溝中，這些蚯蚓有在夜間3:30以後爬出地面，於當天10:00左右再回到地下的日周性行爲。蚯蚓數與地震的相關係數未達顯著水準。時間序列分析之交叉相關函數顯示蚯蚓的大量爬出與其後25天內的有感地震的相關性都不顯著；蚯蚓爬出量與地溫、相對濕度及日照時數的相關性都很顯著( $p < 0.01$ )。於萬丹及萬巒實際挖掘到與*M. posthuma*共棲的多種蚯蚓，又訪查出半年以前在瑪家國中操場即曾二度有*M. posthuma*大量爬出。這些事實證明屏東有不只一種蚯蚓、不只一日爬出地面。此次蚯蚓事件，應是同樣天候條件籠罩臺灣之下，蚯蚓表現的自然行爲；*M. posthuma*在發生地為優勢種，其大量爬出地面之現象，雖於地震後人心驚惶時特別容易被人發現並予報導，但從其大量爬出的重複行爲和量變動，與地震發生時間比對並不足以論斷為地震前兆。追蹤2000年9-11月臺灣多處蚯蚓大量爬出，均佐証相同結論。

**關鍵詞：**蚯蚓、大量爬出、地震、時間序列分析、動物行爲

收件日期：2001年1月31日

接受日期：2001年11月5日

## 緒言

臺灣在1999年連續發生大地震。首先在9月21日發生規模7.3的集集大地震(921大地震)，在南投縣、臺中縣造成建築物廣泛倒塌及民衆慘重傷亡，其他縣市也有或多或少的災情，全省合計全倒房屋逾53,661戶，死亡2,456人；其後餘震不斷，10月22日發生規模6.4的嘉義大地震，再度造成龐大的財物損失；11月2日又於臺東縣成功東北方外海發生規模6.9的強震。在地震連續侵襲下，民衆不論受災與否，均談震色變，一些不尋常的現

象常被議論是否為地震前兆；其中野生動物活動相當受到注意，尤其地震前後發生多起蚯蚓大批出現地面的事例，發生地點分布甚廣，遍及臺北、宜蘭、臺南、高雄、屏東，在新聞及廣播電視頻頻報導之下，特別受到重視。因此蚯蚓大量出現地面的現象(以下簡稱大量爬出)是否為地震前兆，為急待查明之問題。

## 材料與方法

一、資料收集

## (一) 蚯蚓資料

1. 調查地點：6處傳出有蚯蚓大量爬出的地方，包括屏東縣境內的萬丹鄉興化國小及附近作者(李明進)的一處檳榔園、潮州鎮潮昇國小、萬巒鄉萬巒國小、瑪家鄉瑪家國中、恒春鎮自來水廠，以及在臺北市的少年隊-女警隊隊部。其中以興化國小發現最早且方便觀察，而選為調查蚯蚓活動的地點。
2. 標本採集：(1)撿拾現場地面殘留的蚯蚓屍體，其中有些未完全乾癟者雖不易辨認微細分類特徵，但仍可看出長短粗細的外形輪廓。(2)在大量爬出現場土地挖掘20-30 cm深，以手分出蚯蚓。(3)在興化國小操場跑道內側排水溝內找到大量蚯蚓，不必挖掘，可直接撿取。上述蚯蚓均請當地曾目擊蚯蚓大量爬出之人士指認與大量爬出的蚯蚓在外形、大小、色澤、運動方式等相同之處，同時訪問大量爬出情形。
3. 蚯蚓的形態觀察與種類鑑定：蚯蚓水洗除去其體表附著的土壤後，以30% 乙醇(ethanol)麻醉，10% 福馬林(formalin)固定2-3天，水洗脫去formalin後，保存於70% ethanol中做成液浸標本(存放於特有生物中心)。在實體顯微鏡下觀察標本外部形態，並解剖部分標本，以供鑑定種類(岡田要 1965, Sims and Easton 1972)。
4. 蚯蚓活動之調查：自10月13日起至11月30日止在興化國小操場調查蚯蚓出沒的時間、數量及其行為：夜間調查於10月14、15日自23:00至翌晨8:00，每半小時巡視一次；17日以後為早上4:00-9:00，陰雨天延長至12:00。

興化國小操場有一圈周長200m的橢圓形跑道，舖赤紅色爐渣，跑道圈內為草地，種植假儉草(*Eremochloa*

*ophiuroides* (Munro) Hack.)、牛筋草(*Eleusine indica* (L.) Gaertn.)、竹葉草(*Microstegium nudum* (Trin.) A. Camus)、地毯草(*Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv.)及土香(*Cyperus rotundus* L.)。這些青草雖屢經踐踏，但因有噴灌，依然生長良好，高10-20 cm。跑道與草地之間有一圈水泥排水溝，深35 cm，寬30 cm，全部舖著35 cm寬的水泥方塊為溝蓋，約與草地齊平。溝蓋間有2 cm x 20 cm的落水縫。

## (二) 地震及氣象資料

地震資料根據交通部中央氣象局地震測報中心所發布的有感地震報告，另因興化國小本身無地震測站而取與其距離在8 km以內之10個測站(KU030內埔國小、KU031萬丹國小、KU035潮州國小、KU036新埤國小、KU073光春國小、KU074萬巒國小、KU075南州國小、KU076玉光國小、KU078北葉國小、KU083皇源聖殿)地震紀錄，整理如表2以供統計；10月22日及11月2日為KU076、KU083以外8測站平均值。氣象資料由高雄區農業改良場農業氣象站(屏東市內，距興化國小約9 km)提供。

## 二、相關分析

除以相關係數(Pearson's correlation coefficient)分析外，另據Box and Jenkins (1976)及林(1990)，利用交叉相關函數(cross correlation function，簡稱為CCF)做不同羈延時間(time lag)之時間序列相關分析。

## 結果

## 一、大量爬出動態及蚯蚓行為

興化國小師生於10月13日清晨7時40分打掃環境時，發現有上萬隻蚯蚓出現於操場地面；出現的蚯蚓爬行於青草間及水泥蓋上，

有些爬至周圍的跑道上，部分被晨跑者無意中踏死，或長久滯留以致乾死。跑道區土地太硬，不見蚯蚓鑽入，所以該區蚯蚓是來自草地，途中須經過水泥溝蓋，可能由隙縫掉落排水溝內。掀開溝蓋，果然在溝底發現大量蚯蚓；溝底累積約5 cm厚的濕潤草屑，成為蚯蚓良好的棲所(圖1A, B, C)。

於10月14日23:00至翌晨8:00觀察蚯蚓出現於操場草地的情形。蚯蚓在夜晚23:00至翌晨3:00之間尚無蹤影，3:30以後開始零星出現，數量隨時間漸增，5:30-6:00達最多，維持至7:30後漸減，至10:00後只剩零星數隻。以後連日觀察發現，每天清晨爬出地面的蚯蚓，都含無環帶的幼體及有環帶的性成熟個體，於當日午前消失。此數量增減現象呈日周性，惟陰雨天數量開始漸減的時間延後1-2 hr。

採集出現於興化國小地面的蚯蚓，放入預置10 cm厚泥土的水族箱裡(45 cm x 30 cm x 40 cm)，在陰涼處飼養；這些蚯蚓的爬動於10:00以後即緩慢下來，但到了22:00以後又活躍起來，也表現出同樣的日周性。

由於青草間的蚯蚓較隱蔽不易點算隻數，為了解其出現數量之變動，在10月13日至11月底，每天早上6:30-7:00步行環繞操場

一圈(約需8 min)點算在水泥溝蓋上的蚯蚓數；惟其中自10月13-19日因數量過多採取目測概估。圖2為此期間蚯蚓每日出現數量變化，並標記興化國小附近有感地震強震紀錄(表2)及屏東地區氣象紀錄。藉由時序相關分析，發現這段期間蚯蚓每日出現數量與有感地震強震紀錄的相關性並未達到0.05顯著水準，如圖3所示(地震垂直向加速度)，另外南北向、東西向加速度，以及前述三向加速度平均值的相關分析結果均一致(未列出)。

10月13日起連續5天，都有大量蚯蚓爬出地面，溝蓋上的蚯蚓數均近2,000隻。10月14、15日白天高溫達32°C，但清晨天氣轉涼，6:30左右氣溫22°C，日夜溫差相當大；而清晨4:00-6:30草地露水很重，地面潮濕。然後10月15日晚上鋒面南下，中南部降溫3-4°C，南部氣溫21-27°C，凌晨開始夜雨，於16日清晨蚯蚓出現約3,000隻之大量。10月19日03:30-08:30，氣溫23°C，但少露水，出現的蚯蚓也少至500隻，到08:30，地面已經不見蚯蚓，但掀起水泥溝蓋可看到溝底有大量蚯蚓。其後蚯蚓出現地面隻數逐日遞減，至10月25日只出現175隻。

二、蚯蚓的形態觀察與種類鑑定

表1. 屏東興化國小蚯蚓發生量與氣象因子之相關性

Table 1. Correlations of the daily numbers of earthworms to meteorological variables at the Hsinhua Preliminary School, 13 October to 30 November 1999

Variables	r-value	p
Soil temperature (°C, 10 cm)	0.530	<0.01
Relative humidity (%)	0.448	<0.05
Air temperature (°C)	0.253	
Solar radiation (MJ/m <sup>2</sup> /day)	-0.090	
Evaporation (mm)	-0.092	
Sunshine duration (hr)	-0.227	
Air pressure (hpa)	-0.313	<0.05

d.f.=47

表2. 興化國小附近8公里範圍內自由場強震測站之地震紀錄

**Table 2.** Earthquakes recorded at the free field strong motion stations within the radius of 8 km to the Hsinhua Preliminary School, 13 October to 30 November 1999

Local time		Recording station	Distance to epicenter(km)	Peak ground acceleration (gal)			
Date	hr:min			Vertical	EW	NS	Average
Oct 22	10:18	average <sup>a</sup>	106.21	5.33	10.64	12.06	9.35
Oct 22	11:10	average <sup>a</sup>	107.87	3.37	7.90	8.63	6.64
Oct 24	01:08	KAU078	89.82	1.08	2.22	4.96	2.75
Oct 30	16:27	KAU074	177.38	1.14	3.22	4.24	2.87
Nov 02	01:53	average <sup>a</sup>	149.87	4.78	14.17	14.91	11.29

a. average of 8 stations, see text .

採集1999年10、11月在各地大量爬出地面的蚯蚓，經鑑定均為*Metaphire posthuma* (Vaillant)。在興化國小操場現場撿拾到爬出地面的蚯蚓，經鑑定都是*M. posthuma*。後來從該操場草地挖出，以及在其排水溝內找到的大量蚯蚓，經鑑定也都是*M. posthuma*；其活體爬動伸展時體長約15 cm，顏色暗褐，映著陽光隱現綠色金屬光澤，遇驚擾時有短縮捲曲的行爲。*M. posthuma*液浸標本縮短成棍棒狀，通體直徑均勻，暗褐而帶灰綠色，性成熟個體環帶特別明顯(圖1D, E)。

10月15日在興化國小操場第1次採樣(標本編號#1999-22)，含24隻有環帶(21%)，90隻無環帶(79%)。11月4日第2次採樣得標本65隻(標本編號#1999-27)，含15隻有環帶(23%，其中10隻環帶特別肥厚)，體長 $66 \pm 13$  mm，環帶直徑 $37 \pm 4$  mm，體重 $431 \pm 107$  mg (mean  $\pm$  SD, n=15)。有環帶的個體，其環帶在第14-16體節，單1雌孔在第14體節腹面中央；雄孔1對，在第18體節剛毛線上腹面兩側，呈圓形而中間凹陷(圖1E)。雄孔間剛毛數24支，第17、19體節在雄孔相對位置稍近腹中線各有1對圓形吸盤狀的性斑。在實體顯微鏡下解剖所見，受精囊(spermatheca) 4對，在第6-9體節腹面(圖1F)。前列腺長方形包在

腸管上(圖1G)，盲腸為簡單的三角形(圖1H)。

### 三、蚯蚓的族群量

為估計草地裡的蚯蚓密度，於10月24日在操場草地4角及中央取樣開挖5點，在每點於邊長50 cm之正方形範圍內，挖深30 cm，所得蚯蚓數為 $46.4 \pm 8.91$ 隻。11月4日同法取樣得平均36隻，取此較小值保守估算，相當144隻/m<sup>2</sup>；而當日環繞200m跑道一圈的水泥溝蓋上蚯蚓總數為294隻，相當4.2隻/m<sup>2</sup> (=294/(0.35 x 200))，即草地的蚯蚓密度約34倍於水泥溝蓋上的蚯蚓密度 (=144隻/4.2隻)。草地總面積1,785 m<sup>2</sup> (= 1,800 m<sup>2</sup> - 砂坑3x5 m<sup>2</sup>) 約有257,000隻。另外，排水溝內的蚯蚓數在60 cm x 30 cm的面積內採樣得200隻(N=2)，估算總數超過60,000隻。所以此操場內的蚯蚓數合計超過317,000隻 (= 257,000隻 + 60,000隻)。

### 四、蚯蚓大量爬出與地震之相關分析

10月13日至11月31日止在屏東興化國小操場地面都出現或多或少的蚯蚓，而且都是*M. posthuma*。於10月13日至18日，在操場跑道內側排水溝的溝蓋上約有2,000隻，在此期間屏東都沒有有感地震；甚至10月16日溝蓋

上多近3,000隻時，其前一天全省都沒有記錄到有感地震。可是10月22日嘉義烈震(10:19第88207號地震規模6.4, 11:10第88210號地震規模6.0)時，屏東震度分別為3級、2級，而興化國小爬出地面的蚯蚓卻少了(溝蓋上約500隻)；這天有17次有感地震發布(第88207-88223號)，蚯蚓並沒有隨著地震連連而一再爬出地面。事實上從10月19日至24日嘉義地區連續發生有感地震39次(第88199-88237號)，屏東其他地區也未傳出有大量蚯蚓出現地面。直到11月2日屏東發生3級有感地震(第88250)，溝蓋上蚯蚓數也僅有32隻。如此發生有感地震時蚯蚓未必大量爬出，而蚯蚓大量爬出時又未必發生有感地震，說明蚯蚓大量出現地面實不足為地震之前兆。依時間序列分析顯示，地震發生後7天以內，蚯蚓會大量爬出，但是蚯蚓大量爬出後25天內發生有感地震的相關性卻不顯著(圖3)。

#### 五、蚯蚓大量爬出與氣象因子之相關分析

觀察期間，地溫(地表下10 cm)都穩定在24-28°C之間。進一步由高雄區農業改良場取得在屏東市的氣象觀測紀錄(圖2)，將10月13日至11月30日的各氣象因子與排水溝蓋上蚯蚓出現量的49筆紀錄進行相關分析，結果(表1)顯示，蚯蚓數與地溫為正相關( $r=0.530$ ,  $p<0.01$ )，相對濕度亦為正相關( $r=0.448$ ,  $p<0.05$ )，與氣壓為負相關( $r=-0.313$ ,  $p<0.05$ )，但與早上9時氣溫的相關性未達0.05的顯著水準。蚯蚓出現量與氣象因子之時間序列分析結果見圖3。

時間序列分析顯示蚯蚓的大量爬出與地溫、相對濕度及日照時數的相關性都很顯著( $p<0.01$ )。其中以地溫效應最明顯，遠在17天前以來正相關即日漸明顯，當天達到最顯著，更延至3天後。蚯蚓直接感受到貼身土壤的溫度。地溫變化量小於氣溫，於白天略低於氣溫，但於蚯蚓開始爬出地面的凌晨

3:30，地溫則高於氣溫，因此可解釋為蚯蚓偏好較低溫度而爬出地面。不過蚯蚓本身必須保持體表潤濕，相對濕度高對此有利。

蚯蚓出現數量與相對濕度呈3天前正相關，與日照時數則為3天前的負相關( $p<0.01$ )，顯示當日照時數逐漸縮短而相對濕度增加時蚯蚓會大量爬出。另外，蚯蚓數與氣壓稍呈負相關( $r=-0.313$ ,  $p<0.05$ )，而時間序列分析也顯示為5天以來的負相關，即低壓時出來的蚯蚓較多。

## 討 論

蚯蚓是常見的土棲動物，對溫度、濕度、CO<sub>2</sub>及SO<sub>2</sub>敏感，也能感受電流(Edwards and Bohlen 1996)，所以假如地底溫度、濕度發生變化，影響到蚯蚓居住環境，甚至損毀蚯蚓在地下的坑道，蚯蚓可能因而不適，集體爬出地上。興化國小的蚯蚓出現地面呈現規則的日周性，即早上3:30以後漸出，天亮後漸少，至遲到10:00左右都會消失在草地上。但前述各地震之發生時間或早或晚，無規則性可言，亦可佐証不足為前兆。仔細觀察可看到消失的蚯蚓是鑽入草地下，挖開草地發現其藏身在草根下面距地表約10 cm處。即每天至少有其中一部分清晨出土，當日再度回到地下，翌日又重複此行為。所以蚯蚓之大批出現地面，不能以害怕地震或是忌避地震引起的地底環境變化而一起逃離地下來解釋，否則那些蚯蚓就不會一再爬出地面又爬回地下了。

根據萬丹鄉當地民衆的流傳，往年在白露(9月7或8日，水蒸氣到達飽和，凌晨在植物葉面上出現露水)到霜降(10月23日或24日，霜開始出現)期間，當天氣轉寒或下一陣雨(當地叫小港雨)後，也會有蚯蚓出現地面，惟只1天，數量不多，且包含大小色澤不一的幾種蚯蚓；當地並認為出現大批蚯蚓表

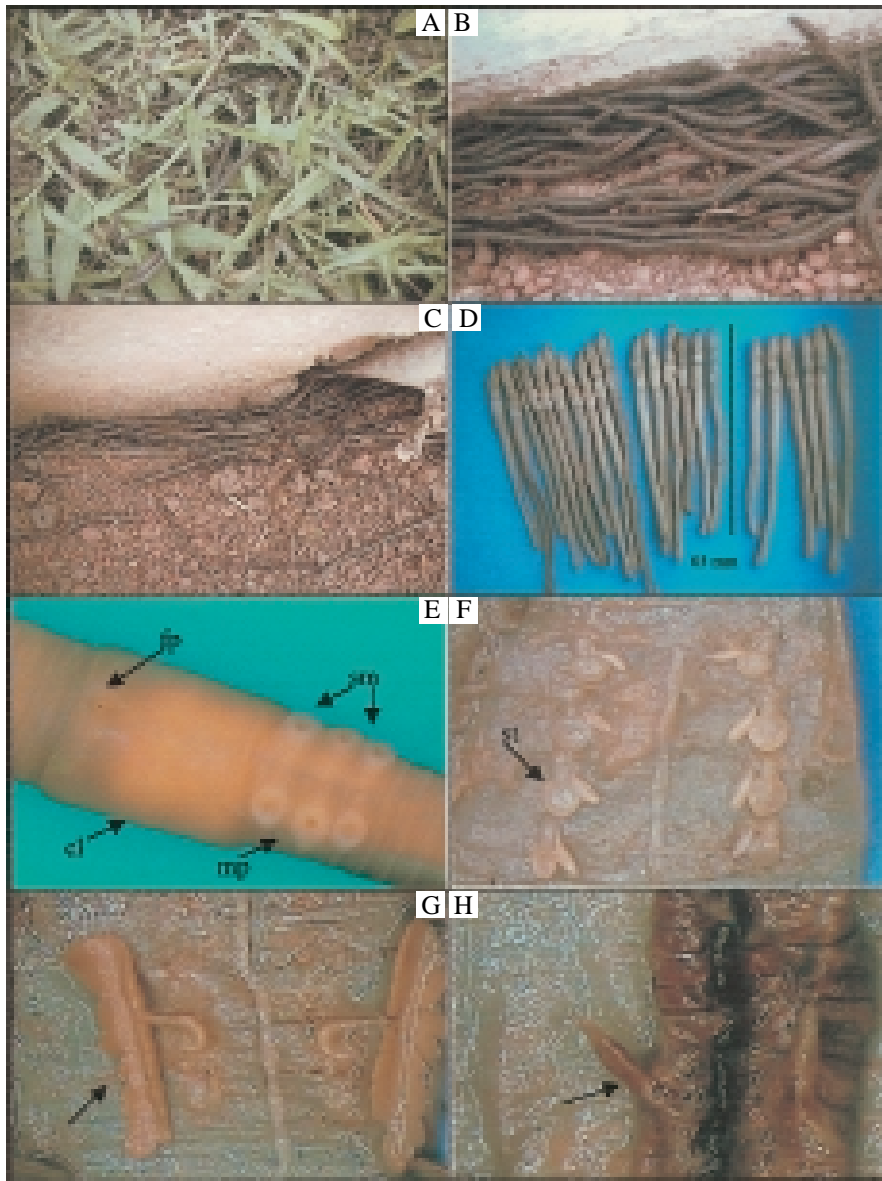


圖1. 大批出現於屏東縣萬丹鄉興化國小操場地面的蚯蚓。A.在中央草坪。B.在砂坑邊。C.在環繞草坪的排水溝內。D.個體標本。E.環帶 (cl)、雌孔 (fp)、雄孔 (mp) 及性斑 (sm)。F.第6-9體節內有4對儲精囊 (st)。G.前列腺 (箭頭)。H.盲腸 (箭頭)。

**Fig. 1.** An earthworm outbreak at the playground of the Hsinhua Preliminary School (A, in the central lawn area; B, at the side of the broad jump pit; C, in the ditch around the central lawn area; D, the specimens of the earthworm *M. posthuma* collected; E, ventral view of the earthworm (cl, clitellum; fp, female pore; mp, male pores; sm, genital papillae); F, four pairs of spermatheca (st); G, prostates; H, caecum.

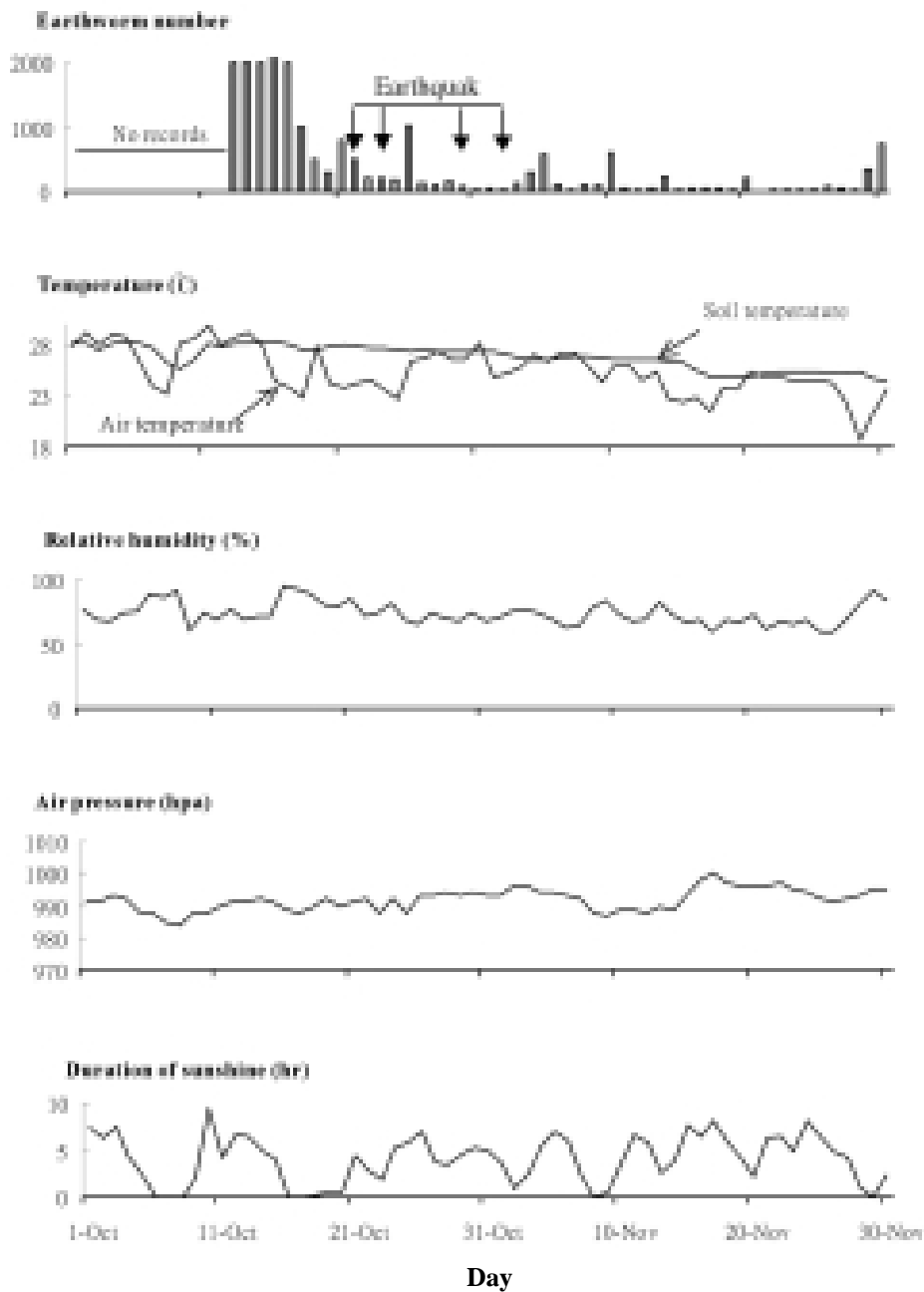


圖2. 1999年10月13日至11月30日期間，屏東興化國小操場草地排水溝的水泥蓋子上的蚯蚓數與環境情況。

**Fig. 2.** The time series of daily meteorological conditions and numbers of the earthworms appeared on the concrete covers of the ditch around the playground of the Hsinhua Preliminary School, 13 October to 30 November 1999.

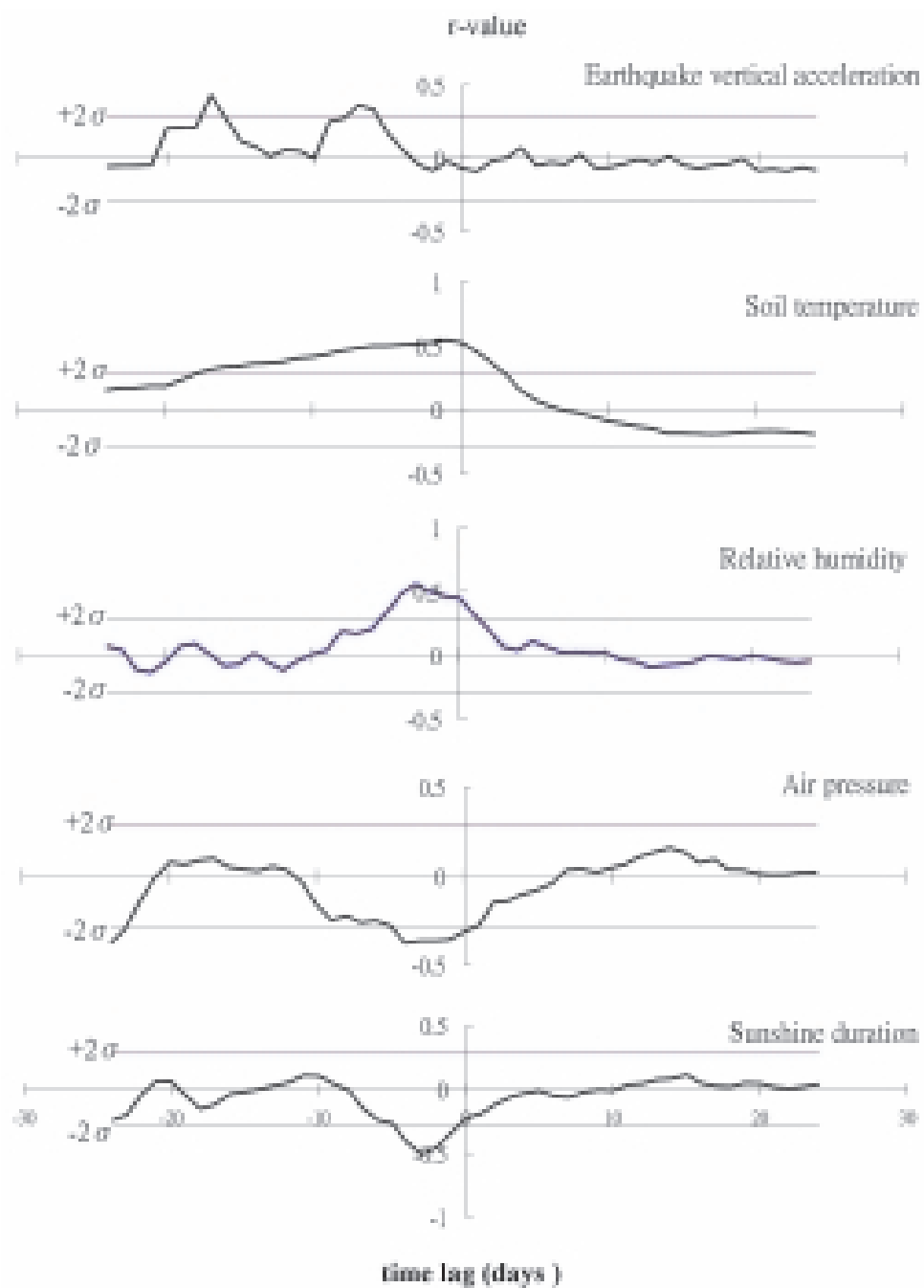


圖3. 蚯蚓大量爬出量與地震及氣象因子的交叉相關函數。

**Fig. 3.** The cross-correlation function of the numbers of earthworms appeared to earthquake vertical acceleration and meteorological variables.

示今年的雨季已結束，正式進入秋季。南投縣中寮鄉的民眾則認為白露後蚯蚓均死掉。前述相關經驗之談意謂蚯蚓在天氣轉涼潮濕的時候較多爬出地面。本次11月3、4日清晨3:30-5:00在萬丹興化國小，蚯蚓爬出地面活動時，現場氣溫20°C，地溫23°C，相對濕度近100% RH，夜露深重，草地都濕了，顯示清晨涼爽多露水確為蚯蚓大量爬出的環境條件。

然則為何以往如此季節氣候下未傳出蚯蚓大量爬出呢？事實可能是民眾看見但未特別注意或重視，而被忽略。例如瑪家國中在1998年10月及1999年4月都有過，但未見特別報導（未發生地震）。而此次值大地震後餘震未息之際，媒體對蚯蚓大批出現情形詳加報導，因此才引起眾人注意。

雨後常有蚯蚓爬出地面，是一般人熟知的現象，其解釋多偏向蚯蚓洞積水使其不適而逃離，但作者認為可能有另一種情形，即雨後地面冷涼潮濕適合有些蚯蚓活動。這也可以部分解釋*M. posthuma*為何要在天亮以後陰涼條件逐漸消失時鑽回地底，而於陰、雨天延至約11:00才完全從地面消失。至於蚯蚓在入秋前的陰涼時大批出現地面做什麼？除了前述大多數的蚯蚓於冷濕環境活動以外，在興化國小夜間觀察，作者看到3隻*M. posthuma*爬出地面，以口吸住草屑拖入其地洞中，說明至少有些蚯蚓在天氣變涼時出來是為了草屑，但其目的未明。又，出現在興化國小操場地面的蚯蚓，有21-23%為有環帶的性成熟個體，且有多隻環帶已膨脹泛白，所以其大批出現地面，可能與繁殖有關。惟經仔細觀察，始終未看到求偶交配等行為。Gates (1972) 說還沒有人看到*M. posthuma*交配，而猜測其交配可能是在地下進行。

*M. posthuma*分布於中印度、緬甸、泰國、越南、馬來半島、蘇門答臘、菲律賓、日本等地，在臺灣早有紀錄（岡田 1965; Tsai

1964; Gates 1959, 1972; Shih *et al.* 1999)，作者在南投集集、臺東知本、花蓮太魯閣等地也曾採集到，不過數量都不多。經查相關文獻，並沒有發現有記載蚯蚓大量爬出的現象和地震具有關連性。1999年發生921大地震之前，即1月1日至9月20日，中央氣象局共發布有感地震42次，其間屏東地區並未傳出蚯蚓大量爬出。921前一天，9月20日10時35分，在阿里山西偏南21.2 km發生規模4.4之第88042號有感地震，屏東地區未傳出蚯蚓事件。9月21日大地震時，有感地震報告共達44次（第88043-88086號），於地震報告第88043號（規模7.3），屏東地區最大震度達4級（九如4，恒春3）；緊接著第88047號（規模6.6）及第88048號（規模6.8）時，屏東均達3級；第88044號（規模6.3）、第88045號（規模5.8）時，屏東分別達2級、1級。若蚯蚓爬出地面與地震有關，值此地震最頻最烈的一天，蚯蚓應該感受到而有所行動，可是並未傳出蚯蚓大量爬出的消息。921大地震後，9月22日第88092號（規模6.8）、第88094號（規模6.2）時，屏東分別達4級、2級；9月26日第88128號（規模6.8）時，屏東3級；直到10月12日，臺灣每天都發生大小不等的有感地震，全臺地震發布多達104次（第88087-88190號），然一直未傳出蚯蚓大量爬出地面。作者於2000年繼續留意蚯蚓大量爬出現象，於白露（9月7日）至秋分（9月23日）之間，每天早晨6:00-7:00都看到有超過30隻以上的蚯蚓在南投縣中寮鄉山區產業道路的路面爬動，種類多為長度約30 cm的 *Metaphire bununa* (Tsai *et al.* 2000) 及 *A. aspergillum*；9月19日在南投集集與竹山道路路面出現大批蚯蚓，又被傳可能為地震前兆，然其後1星期內南投地區並無有感地震。11月13日在花蓮縣富里鄉、池上鄉山麓農園，11月21日在屏東萬丹及臺東太麻里，也有大量蚯蚓爭相出土被傳為地震前兆，其後1星期內均未發生有感地震。

由於蚯蚓身體的觸覺敏銳，其對貼身土地的震動有反應是合理的，所以不排除因地震而爬出地面的可能性。不過本次研究限於只有4筆有感地震資料，尚不足以斷定蚯蚓爬出地面必然是受7天前地震影響所致，有待將來更多紀錄佐証。

綜合以上資料，蚯蚓之大量爬出與氣象因素之相關性遠大於地震因素，因此民衆不必為蚯蚓大量爬出地面擔心將有大地震來臨。

## 謝 誌

本研究承屏東縣萬丹鄉興化國小、潮州鎮潮昇國小、萬巒鄉萬巒國小、瑪家鄉瑪家國中、恒春鎮自來水廠、臺北市警察局少年隊協助現場調查；本中心植物組彭組長仁傑協助鑑定植物學名；中央氣象局地震測報中心陳課長國昌提供屏東地區地震資料；高雄區農業改良場郭同慶先生提供屏東氣象月報；本中心莊明德博士及臺灣農業試驗所呂秀英博士協助統計諮商；國立清華大學江安世教授協助閱稿；並承上列諸位提供對原稿修正意見，謹致深摯謝忱。

## 引 用 文 獻

- 林茂文。1990。時間數列分析與預測。華泰圖書文物公司。臺北。
- 岡田要。1965。新日本動物圖鑑633-563頁。北隆館。東京。
- Box, G. E. P., and G. M. Jenkins. 1976. Time series analysis, forecasting and control. Holden-Day Inc. London.
- Edwards, C. A., and P. J. Bohlen. 1996. Biology and ecology of earthworms. Chapman & Hall. London.
- Gates, G. E. 1959. On some earthworms from Taiwan. American Museum Novitates

(1941):1-19.

- Gates, G. E. 1972. Burmese earthworms: An introduction to the systematics and biology of Megadrile Oligochaetes with special reference to Southeast Asia. Transactions of the American Philosophical Society Vol. 62, Part 7. P. 10, 212-215.
- Shih, H. T., H. W. Chang, and J. H. Chen. 1999. A review of the earthworms (Annelida: Oligochaeta) from Taiwan. Zoological Studies 38(4): 435-442.
- Sims, R. W., and E. G. Easton. 1972. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. Biological Journal of the Linnean Society 4: 169-268.
- Tsai, C. F. 1964. On some earthworms belonging to the genus *Pheretima* Kinberg collected from Taipei Area in north Taiwan. Quarterly Journal of the Taiwan Museum 10(1&2): 1-35.
- Tsai, C. F., S. C. Tsai, and G. J. Liaw. 2000. Two new species of protandric pheretimoid earthworms belonging to the genus *Metaphire* (Megascolecidae: Oligochaeta) from Taiwan. Journal of Natural History 34: 1731-1741.

# Analysis of the Earthworm Outbreaks after Chichi Earthquake

Guang-Jeng Liaw<sup>1</sup> and Min-Gin Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

<sup>2</sup>Hsinhua Preliminary School, Pingtung, Taiwan

## Abstract

Chichi Earthquake (magnitude of 7.3 ML) occurred on 21 September 1999, inflicting heavy casualties and severe property damages to Taiwan. In that autumn, there were the occurrences of frequent aftershocks and of several outbreaks of earthworms, the emergence of a large number of earthworms from underground to the surface. The earthworm outbreaks were believed to be an omen of upcoming earthquake by many local people. To elucidate the phenomenon we investigated the outbreaks at six localities: Shinhua Preliminary School, Wandan, Chaochou Preliminary School, Wanlaun Preliminary School, Majia Middle School, Hengchuen Water Supply Treatment Plant, and Juvenile Police Branch of Taipei Municipal Police Department. It was found that the earthworm outbreaks at these localities were caused by a single species, *Metaphire posthuma* (Vaillant). We selected the Hsinhua Preliminary School playground as a site to monitor the daily behavior of the earthworms in relation to aftershocks and meteorological changes. The results showed that the earthworms emerged in the early morning around 3:30 AM, and disappeared in the late morning around 10:00 AM. This consistent rhythm of the earthworm emergence occurred daily in October and November, with a slight delay in the late morning disappearance for one or two hours in cloudy and rainy days. The earthworms disappeared were found to hide in the ditch around the playground and beneath grass roots in the ground. There was no obvious association of the numbers of the earthworms in the daily emergence to the occurrences and magnitudes of the aftershocks. In contrast, the numbers were significantly correlated to soil temperature, relative humidity and sunshine duration. We concluded that the outbreaks of the earthworm *M. posthuma* during the post Chichi earthquake period were merely a natural behavior of the species in response to the meteorological changes.

**Key words:** earthworm, outbreak, earthquake, time series analysis, animal behavior

Received: January 31, 2001

Accepted: November 5, 2001