

大安森林公園

適生蚯蚓種類調查及土壤改善研究

受委託者：中華民國自然生態保育協會

研究主持人：陳俊宏

大安森林公園之友基金會委託研究報告

中華民國一〇五年六月

目錄

表目錄·····	I
圖目錄·····	II
摘要·····	III
壹、計畫緣起·····	1
貳、計畫目的·····	1
參、研究方法·····	1
一、蚯蚓種類及族群密度普查·····	1
二、土壤改善試驗研究·····	2
肆、結果·····	4
一、蚯蚓種類及族群密度調查·····	4
二、土壤改善試驗研究·····	5
伍、討論與建議·····	8
陸、參考文獻·····	10

表目錄

表一、大安森林公園蚯蚓種類與相對數量。.....	13
表二、不同處理下，楓香基部 4 月至 6 月之各蚯蚓種類密度比較。.....	14
表三、實驗組(E+S)處理，三個樹種開挖時蚯蚓種類與密度(隻/平方公尺).....	14
表四、不同處理下，榔榆基部 4 月至 6 月之各蚯蚓種類密度比較。.....	16
表五、不同處理下，阿勃勒基部 4 月至 6 月之各蚯蚓種類密度比較。.....	17

圖目錄

圖一、樹幹基部開挖示意圖。.....	18
圖二、土壤改善試驗的不同實驗處理內容。.....	18
圖三、實驗組(E+S)所加入的三種蚯蚓。(A)優雅遠環蚓；(B)皮質遠環蚓；(C)加州腔環蚓。.....	19
圖四、完成開挖和實驗處理後，並圍上圍籬的 9 棵楓香。(A)為實驗組(E+S)，(B)為實驗組(S)，C 為對照組(D)。.....	20
圖五、完成開挖和實驗處理後，並圍上圍籬的 9 棵榔榆。(A)為實驗組(E+S)，(B)為實驗組(S)，C 為對照組(D)。.....	21
圖六、完成開挖和實驗處理後，並圍上圍籬的 9 棵阿勃勒。(A)為實驗組(E+S)，(B)為實驗組(S)，C 為對照組(D)。.....	22
圖七、蚯蚓調查樣點分布圖.....	23
圖八、大安森林公園個調查點的蚯蚓密度。.....	24
圖九、黃頸蜷蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圈圈有黃頸蜷蚓出現的樣點。.....	25
圖十、洛克斐勒遠環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有洛克斐勒遠環蚓出現的樣點。.....	26
圖十一、湖北遠環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有湖北遠環蚓出現的樣點。.....	27
圖十二、加州腔環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有加州腔環蚓出現的樣點。.....	28
圖十三、參狀腔環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有參狀腔環蚓出現的樣點。.....	29
圖十四、微小遠環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有微小遠環蚓出現的樣點。.....	30
圖十五、未知遠環蚓 sp.25 分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有未知遠環蚓 sp.25 出現的樣點。.....	31
圖十六、楓香在不同實驗處理下，不同月份之蚯蚓密度變化。.....	32
圖十七、楓香在不同處理下，不同月份黃頸蜷蚓與本土種蚯蚓的密度變化。..	32
圖十八、楓香在實驗組(E+S)下，不同月份三種外加蚯蚓的密度變化。.....	33
圖十九、榔榆在不同實驗處理下，不同月份之蚯蚓密度變化。.....	33
圖二十、榔榆在不同處理下，不同月份黃頸蜷蚓與本土種蚯蚓的密度變化。..	34
圖二十一、榔榆在實驗組(E+S)下，不同月份三種外加蚯蚓的密度變化。.....	34
圖二十二、阿勃勒在不同實驗處理下，不同月份之蚯蚓密度變化。.....	35
圖二十三、阿勃勒在不同處理下，不同月份黃頸蜷蚓與本土種蚯蚓的密度變化。.....	35
圖二十四、阿勃勒在實驗組(E+S)下，不同月份三種外加蚯蚓的密度變化。....	36

摘要

大安森林公園蚯蚓種類總普查結果：共發現 16 種可鑑定（成熟）蚯蚓，其中包含 14 種已知物種及 2 種未命名但已記錄過之蚯蚓種類。在這些物種中，除了黃頸蜷蚓與沙爾塔真柯蚓為外來入侵種外，大多為廣佈種蚯蚓，這些現今大都視為本土種。大安森林公園優勢蚯蚓為黃頸蜷蚓，平均密度為 11.32 隻/平方公尺。而整體蚯蚓密度大安森林公園中間略偏向和平東路的區域較高。

大安森公園的土壤改善試驗研究結果顯示：僅翻土並不足夠，還須外加有機質才有助於提升蚯蚓密度。此提升功效應可以維持至少四個月。雖然外加有機質明顯提升蚯蚓密度，但是試驗結果顯示，實驗初始引進的本土種蚯蚓優雅遠環蚓(*Amyntas gracilis*)、皮質遠環蚓 (*A. corticis*)及加州腔環蚓(*Metapheri califonica*)的數量並無增加，反倒是經移除的外來入侵種黃頸蜷蚓的密度獨占鰲頭，除了阿勃勒組。

壹、計畫緣起

大安森林公園自 1994 年開放以來，已成為台北市民重要的休憩場所，然而美中不足的是，此一規劃為自然森林公園的部分樹木，20 年來成長緩慢，離期待中的綠意成蔭森林，尚有一段距離。經日本樹醫及土壤農業專家檢視結果，發現大安森林公園土壤條件不佳，不利樹木生長。因此，就地改善土壤品質，成為一種期待的解決方法。

貳、計畫目的

蚯蚓被稱為自然的耕耘者及自然的施肥者，是大地的守護神，也就是說，理論上蚯蚓的數量越多，土壤的品質越好，植物的生長也會跟著提升。依我個人經驗，大安森林公園剛開放之初，在每年春天下大雨的清晨，很容易看到蚯蚓爬滿地，特別在信義路及新生南路入口附近的地面、草地、小水溝及小徑。然而，此景已多年不復見，這是否意味大安森林公園的環境不再適合蚯蚓生長，而這種現象與大安森林公園樹木生長不佳是否有關連？在少了土壤的守護神，或許是大安森林公園的土壤每況愈下的原因，為了要扭轉這種劣勢，將蚯蚓再次引回大安森林或是重新增加蚯蚓族群數量，或許是個可行的辦法。但是，大安森林公園現在到底還有多少種蚯蚓？他們的族群密度？若要引入蚯蚓，要引入何種蚯蚓？是哪一類蚯蚓（表層型、底層型、貫穿型）？這些問題是本計畫的目的與方向。

參、研究方法

一、蚯蚓種類及族群密度普查

本調查目的為確切瞭解整個大安森林公園的蚯蚓相，與不同蚯蚓的相對數量，調查原則為盡量涵蓋大安森林公園，但不含人為干擾較大的地區，如經常變

動植栽的花圃等。

（一）調查頻度

調查設定在 3 月至 6 月間進行調查，每一個樣點進行一次調查。

（二）調查方法

於每個樣點挖掘一個長 30 公分、寬 30 公分、深 20 公分的採集土方。先清除地面上的植物與落葉，再挖掘、記錄並採集該方格內的所有蚯蚓，每個樣點皆須以衛星定位儀（GPS）進行定位，以瞭解每個物種在樣點的分布情形。

（三）標本保存

將採集到的蚯蚓帶回實驗室，先以清水洗淨，再移至 10% 酒精中將蚯蚓麻醉，直至蚯蚓以鑷子輕夾其口前葉沒有任何反應後，將蚯蚓移至 95%酒精固定 24-48 小時以後，再更換新的 95%酒精，一週後將標本更換至 95%酒精置入玻璃瓶中永久保存。

（四）物種鑑定

蚯蚓物種鑑定則對照前人發表文獻（張智涵等，2009），以解剖顯微鏡記錄外部構造與內部型態等特徵作為分類依據，鑑定之種類若在文獻中無法查出則訂為 Sp.。

二、土壤改善試驗研究

本實驗的目的為確認外加有機質或引進蚯蚓是否可增加蚯蚓密度？並瞭解哪些種類是有機質增加後的受患者？擬依此來瞭解哪些種類是較為適合用來改善大安森林公園的土壤品質。

（一）樹種選擇

考量植物的數量豐富與否、需關注程度和減少實驗中的遊客干擾，本研究選擇楓香（*Liquidambar formosana*）、榔榆（*Ulmus parvifolia*）和阿勃勒（*Cassia fistula*）進行土壤改善試驗之研究對象。

（二）開挖

首先，每一樹種選擇 9 棵樹，自距每棵樹基部 30 公分處，向外挖掘寬 20 公分，深 20 公分的環形土溝（圖一），挖掘樹幹基部環形土溝時，需特別注意不要傷到樹木原有粗根。挖環形土溝的同時，將土溝內所有的蚯蚓帶回實驗室進行物種鑑定，以瞭解當地現有蚯蚓種類。

每棵樹的基部半徑不同，其開挖面積並不一致，測量每棵樹的基部半徑，以此估計開挖面積，並將發現蚯蚓的數量轉換成密度（隻/平方公尺），最後才能以此相對數量進行比較與統計分析。

（三）實驗處理

本研究共有四種處理（圖二），其中實驗組（加入有機土，S）是將土溝內的土壤混入 40 公斤的太空包有機土，再均勻覆蓋回原土溝中。實驗組（蚯蚓加有機土，E+S）則是在回填混合有機土前，先於土溝中均勻放置 25 隻蚯蚓，其中優雅遠環蚓（*Amyntas gracilis*）（圖三-A）與皮質遠環蚓（*A. corticis*）（圖三-B）各 10 隻，加州腔環蚓（*Metaphire californica*）（圖三-C）則是 5 隻；加入的優雅遠環蚓、皮質遠環蚓和加州腔環蚓為台灣草地或公園常見的蚯蚓種類。對照組（翻土，D）則是將翻起的土壤再填回原土溝中；對照組（周圍，O）則是指完全沒有挖過土的地方，每月份分別於每一樹種周邊，隨機挖掘 3 至 5 個 30 公分×30 公分，20 公分深的土方，將其內所有蚯蚓採集回實驗室鑑定。

開挖與實驗處理皆於 2015 年 1 月份進行，完成後於每棵樹木的周邊約 1 公尺處插上一圈竹竿，並以紅色塑膠繩於此圈竹竿上緣與下緣分別環繞一周，以避免使用公園的民眾進入實驗地，對實驗結果造成干擾（圖四、圖五、圖六）。其後分別於 2 個月後（三月）、3 個月後（四月）、4 個月後（五月）和 5 個月後（六月）挖取原環形土溝 1/8 圈，記錄所有蚯蚓的物種和數量，並於紀錄完畢後，將蚯蚓放回原土溝中；因僅有部分蚯蚓可在野外直接鑑定種類，如發現有不確定種類隻之個體則當日攜回實驗室鑑定，並於當日放回原發現位置。

（四）分析比較

因對照組（O）於3個月後（四月）方進行取樣，資料分析僅以四月至六月資料進行；分別針對不同樹種比較不同處理其蚯蚓總密度是否有差異，以及實驗組（E+S）加入的三種蚯蚓的月數量變化。

針對不同處理的蚯蚓密度差異檢定，由於每種處理取樣數少，再加上蚯蚓密度變異大，分析時以多樣本中位性差異檢定（Kruskal-Wallis test）比較不同處理是否存在顯著差異，若有，再以Dunn's test進行事後兩兩比較，瞭解是那些處理之間有差異。

比較實驗組（E+S）外加的三種蚯蚓（優雅遠環蚓、皮質遠環蚓和加州腔環蚓）密度的月份變化，評估外加的有機質是否適合這些蚯蚓在大安森林公園生長繁衍。

肆、結果

一、蚯蚓種類及族群密度調查

本計畫進行蚯蚓普查共挖掘採集108個樣點（圖七），幾乎均勻涵蓋整個大安森林公園。108個調查點共計發現3科16種蚯蚓（表一），其中並未發現任何臺灣特有種蚯蚓。調查發現的16種蚯蚓中，包含14種已知物種，2種未命名但已記錄過之蚯蚓種類。在這些物種中，除了黃頸蜷蚓與沙爾塔真柯蚓為外來入侵種外，大多為廣佈種蚯蚓，這些目前都視為本土種。

調查樣點的蚯蚓平均密度為 69.65 ± 55.47 隻/平方公尺，單位面積的蚯蚓數量不低，但樣點間變異相當大。整體而言，而蚯蚓密度較高的區域位在大安森林公園中間略偏向和平東路的位置（圖八）。若將大於族群量5%作為優勢物種判定標準，大安森林公園的優勢物種，依序是黃頸蜷蚓（*Pontoscolex corethrurus*）、洛克斐勒遠環蚓（*A. rockefelleri*）、湖北遠環蚓（*A. hupeiensis*）和加州腔環蚓。其中最優勢物種黃頸蜷蚓其密度為 11.32 ± 18.72 隻/平方公尺，佔平均總密度的

16.25%，將近 43%樣點可發現其蹤跡，幾乎遍佈整個大安森林公園（圖九）。其次的洛克斐勒遠環蚓，其密度為 4.22 ± 9.45 隻/平方公尺，約佔平均總密度的 6.0%，在約 21%的樣點有記錄到，分布略偏大安森林公園的中央區域（圖十）。再其次是湖北遠環蚓，其密度為 4.22 ± 9.45 隻/平方公尺，約佔平均總密度的 5.2%，有將近 17%樣點會記錄到，分布則較偏大安森林公園的四周（圖十一）。加州腔環蚓其密度為 3.50 ± 10.26 隻/平方公尺，約佔平均總密度的 5.0%，有將近 19%樣點會記錄到，分布呈現均勻散佈的情形（圖十二）。

部分種類數量雖未達優勢等級（未達 5%以上），但仍尚稱普遍，且分布範圍亦廣的有：參狀遠環蚓平均密度為 2.26 ± 5.21 隻/平方公尺，約佔平均總密度的 3.25%，分布範圍卻有高達 17.6%，大致每個區塊皆可發現其蹤跡（表一、圖十三）。有些物種則是數量少，且分布相當侷限或是僅限於同一塊草地，例如微小遠環蚓（表一、圖十四）與未知遠環蚓 sp.25（表一、圖十五）。

二、土壤改善試驗研究

（一）楓香

一月份開挖時，在環形土溝內發現參狀遠環蚓、毛氏遠環蚓（*Amyntas morrisi*）、壯偉遠環蚓（*Amyntas robustus*）、洛克斐勒遠環蚓、加州腔環蚓、黃頸蜷蚓和未成熟環毛蚓，平均密度約為 20.64 隻/平方公尺。其中以黃頸蜷蚓密度最高，約為 11.97 隻/平方公尺（表二）。

自三月開始，實驗組（E+S）與實驗組（S）的蚯蚓密度皆呈現先增加而後減少的趨勢，而對照組則大致沒有變化（圖十六）。分析 4 至 6 月，不同處理之蚯蚓密度，結果發現不同實驗處理下，其蚯蚓密度有顯著差異性存在（Kruskal-Wallis test = 13.64, $p < 0.01$ ），且以實驗組（E+S）和實驗組（S）顯著大於對照組（D）與對照組（O）（表三），這顯示在土壤中增加有機質，對於蚯蚓密度增加是有幫助的。

由於非外來種蚯蚓與未知種蚯蚓以外的所有蚯蚓皆為臺灣平原和公園綠地

的常見蚯蚓種類，將這些種類泛稱為本土種蚯蚓。比較黃頸蜷蚓與本土種蚯蚓在不同處理的族群密度，可以發現在不同處理下，黃頸蜷蚓的密度有差異（Kruskal-Wallis test = 17.95, $p < 0.0001$ ）（圖十七），兩兩比較後發現，實驗組（E+S）黃頸蜷蚓的密度明顯高於其他三組（表三）；在不同處理下，本土種蚯蚓總密度有明顯不同（Kruskal-Wallis test = 8.16, $p < 0.05$ ），而以實驗組（S）的本土種蚯蚓密度明顯高於其餘三組（表三）。11 種蚯蚓有 8 種的族群密度增加：參狀遠環蚓、皮質遠環蚓、優雅遠環蚓、壯偉遠環蚓、洛克斐勒遠環蚓、加州腔環蚓、舒氏腔環蚓及黃頸蜷蚓。未成熟環毛蚓的族群密度遠高於其他環毛蚓，且在實驗期間明顯增加：春季是它們成長發育期。

比較實驗（E+S）加入的三種蚯蚓的數量變化有所不同，加州腔環蚓幾乎每個月都還有發現，且數量較為固定；優雅遠環蚓則在置入後前 3 個月仍能發現，但第四個月則未有發現，且密度變低；皮質遠環蚓置入後，幾乎每個月都還有發現，且數量也較為穩定（圖十八）。然而，它們族群數量或密度並無特別明顯增加。

（二）椰榆

一月份開挖時，在土溝內發現有參狀遠環蚓、洛克斐勒遠環蚓、加州腔環蚓、黃頸蜷蚓和未成熟環毛蚓。蚯蚓平均密度約為 23.89 隻/平方公尺，其中以未成熟環毛蚓平均密度最高，黃頸蜷蚓密度次高，約為 10.18 隻/平方公尺（表二）。

自三月開始，不論是實驗組（E+S）、實驗組（S）或對照組（D）的蚯蚓密度皆大致呈現逐漸增加的趨勢，而對照組（D）則大致沒有變化（圖十九）。分析 4 至 6 月，不同處理之蚯蚓密度，結果發現不同實驗處理下，其蚯蚓密度有顯著差異性存在（Kruskal-Wallis test = 31.05, $p < 0.0001$ ），且以實驗組（E+S）和實驗組（S）顯著大於對照組（D），對照組（D）又顯著大於對照組（O）（表四），這顯示對椰榆而言，翻鬆土壤對增加蚯蚓密度有所幫助，於土壤中再外加有機質進去，對於提高蚯蚓密度的助益會更大。10 種蚯蚓有 8 種的族群密度增加，分

別為參狀遠環蚓、皮質遠環蚓、優雅遠環蚓、壯偉遠環蚓、洛克斐勒遠環蚓、加州腔環蚓、舒氏腔環蚓及黃頸蜷蚓。同樣的，未成熟環毛蚓的族群密度在實驗期間明顯增加，且遠高於其他環毛蚓，也略高於黃頸蜷蚓。

此外，在不同實驗處理下，比較黃頸蜷蚓與本土種蚯蚓對於不同處理的密度變化，可以發現在不同處理下，黃頸蜷蚓的密度有差異(Kruskal-Wallis test =26.72, $p < 0.0001$) (圖二十)，兩兩比較後發現，實驗組 (E+S) 與實驗組 (S) 的黃頸蜷蚓密度明顯高於對照組 (D) 和對照組 (O) (表四)。在不同處理下，本土種蚯蚓總密度有明顯不同(Kruskal-Wallis test =27.00, $p < 0.0001$)，而以實驗組 (E+S)、實驗組 (S) 和對照組 (D) 的本土種蚯蚓密度明顯高於對照組 (O) (表四)。

比較實驗組 (E+S) 加入的三種蚯蚓的數量變化有所不同，加州腔環蚓每個月都還有發現，然而，族群數量或密度並無特別明顯增加；而優雅遠環蚓則在置入後，數量逐漸減少，但六月份後即未有發現；皮質遠環蚓置入後，每個月都還有發現，且亦於五、六月略有增加 (圖二十一)。

(三) 阿勃勒

一月份開挖時，在土溝內發現有參狀遠環蚓、加州腔環蚓、黃頸蜷蚓和未成熟環毛蚓，蚯蚓平均密度為 12.04 隻/平方公尺，其中以未成熟環毛蚓平均密度最高，黃頸蜷蚓平均密度僅為 3.89 隻/平方公尺 (表二)。

自三月開始，實驗組 (E+S) 與實驗組 (S) 的蚯蚓密度皆呈現先增加而 (五月) 後減少的趨勢，而對照組 (D) 則有約略增加的趨勢 (圖二十二)。8 種蚯蚓有 7 種的族群密度增加，分別為參狀遠環蚓、皮質遠環蚓、優雅遠環蚓、壯偉遠環蚓、洛克斐勒遠環蚓、加州腔環蚓、舒氏腔環蚓及黃頸蜷蚓；未成熟環毛蚓的族群密度在實驗期間明顯增加，且遠高於其他環毛蚓及黃頸蜷蚓。分析 4 至 6 月，不同處理之蚯蚓密度，結果發現不同實驗處理下，其蚯蚓密度有顯著差異性存在 (Kruskal-Wallis test = 28.25, $p < 0.001$)，且以實驗組 (E+S) 和實驗組 (S) 顯著大於對照組 (D) 與對照組 (O) (表五)，這顯示出在土壤中增加有機質，

對於蚯蚓密度增加是有幫助的。

比較黃頸蜷蚓與本土種蚯蚓對於不同處理的密度變化，可以發現在不同處理下，黃頸蜷蚓的密度沒有明顯差異（Kruskal-Wallis test =2.60， $p=0.46$ ）（圖二十三）。在不同處理下，本土種蚯蚓總密度有明顯不同（Kruskal-Wallis test =28.39， $p<0.0001$ ），而以實驗組（E+S）和實驗組（S）和的本土種蚯蚓密度明顯高於對照組（D）和對照組（O）（表五）。也就是，在楓香及榔榆樹下族群密度大量暴增的黃頸蜷蚓，在阿勃勒樹下明顯偏低。

比較實驗組（E+S）加入的三種蚯蚓的數量變化有所不同，加州腔環蚓幾乎每個月都還有發現，但於四月份未有發現，然而，族群數量或密度並無特別明顯增加；優雅遠環蚓則在置入後，數量變異很大，但六月份後即未有發現；皮質遠環蚓置入後，僅五月份未有發現（圖二十四）。

伍、討論與建議

（一）大安森林公園之蚯蚓種類組成

在優勢物種中，不論是黃頸蜷蚓、洛克斐勒遠環蚓、湖北遠環蚓的生態習性皆較偏向底層型蚯蚓（endogeic），而加州腔環蚓與舒氏腔環蚓為表層型蚯蚓（epigeic）。再者，黃頸蜷蚓及洛克斐勒遠環蚓應是較為適應貧瘠土壤的種類，也就是在有機質不高的土壤中也常可發現；湖北遠環蚓則是喜歡棲息在沙質土壤中，而加州腔環蚓則較為偏好棲息在有機質較多的土壤中。優勢物種組成與大安森林公園土壤特性有所關連，進行調查時可以發現，大安森林公園大部份的土壤表土層相當淺，往往挖不到 3 公分深，土壤隨即轉變成相當緻密的土塊，連挖掘都相當費力，也常挖到磚頭、水泥塊、垃圾或布條等異物，這或許可以解釋大安森林公園表層型蚯蚓較少的原因。表層型蚯蚓需要以土壤表層的有機質、微生物為食，而調查期間觀察到大安森林公園相當頻繁聘請人員打掃落葉，並集中打包運走，這相當程度降低了土壤有機質的補充；但考量落葉分解需要時間較久，且

公園若是有過多落葉堆積在草地上，也會造成有群眾觀感不佳的可能性，建議可將落葉收集起來，將其打碎後，再混入原土壤中，增加土壤中的有機質，期能使當地蚯蚓密度增加，以增加土壤的透水性，使植物能順利生長繁衍。

黃頸蜷蚓原產於熱帶美洲及西印度群島等地，其對環境耐受性高，能適應較為乾旱的環境，繁殖力又強，全年皆可發現其卵繭，是具有強大競爭力的外來入侵種。根據先前研究顯示（Tsai et al., 2000；陳毅翰等 2004），黃頸蜷蚓已為臺灣全省人為干擾環境的優勢種蚯蚓。本研究調查結果顯示大安森林公園的最優勢種蚯蚓亦為黃頸蜷蚓（密度為 11.32 隻/平方公尺），所幸仍低於其他本土種蚯蚓的總密度（53.91 隻/平方公尺）。已知大安森林公園的土壤硬且排水不良，在這樣的生存條件下，黃頸蜷蚓的競爭力明顯是高於本土種蚯蚓，很可能未來黃頸蜷蚓會逐漸取代本土種蚯蚓。根據張花（2008）研究指出，黃頸蜷蚓與遠環蚓混養情形下，其競爭力明顯高於遠環蚓，且遠環蚓不僅生長情況不佳，個體數量也會逐漸減少。陳毅翰等（2004）於臺灣大學傳園和文學院的調查研究指出，臺灣大學傳園與文學院的黃頸蜷蚓密度要遠大於其他本土種蚯蚓的總密度，以該文獻中文學院為例，黃頸蜷蚓的平均密度為 80.00 隻/平方公尺，而其他本土種蚯蚓的總密度僅 8.00 隻/平方公尺，黃頸蜷蚓似乎有取代本土種的趨勢存在，且黃頸蜷蚓幾乎占據所有植被覆蓋少且表土層相當緻密的地方，因此黃頸蜷蚓與本土種的族群量相互關係是未來需要關注的焦點之一。由於大安森林公園土壤硬且排水不佳，使得樹木生長不佳；且有研究指出黃頸蜷蚓數量很多的土壤，其透水性與排水性會變差，土壤也會變硬（Chauvel et al., 1999；Hallaire et al., 2000；Barros et al., 2001）。雖然目前黃頸蜷蚓的數量並未超越本土種蚯蚓的總密度，但為避免當地土壤特性與外來種蚯蚓的加成作用，進一步使大安森林公園的土壤物理性質更加劣化，黃頸蜷蚓絕對是值得關切的對象。

（二）大安森林公園土壤改善試驗研究

楓香、榔榆和阿勃勒在不同處理下，其蚯蚓密度變化情形並不相同，對楓

香與阿勃勒而言，在土壤中只要增加有機質，對於蚯蚓總密度增加就有幫助；而榔榆則只要翻鬆土壤對於蚯蚓總密度就有助益，但是外加有機質增加幅度更大。綜上所述，增加土壤中蚯蚓的密度，不僅需要翻土，亦須另外補充有機質，才可讓土壤中蚯蚓密度增加。且依三種樹種的不同月份蚯蚓密度的變化情形可得知，推估翻鬆土壤並混入有機質可能至少有 4 個月的有效期限。

以黃頸蜷蚓密度最高的楓香來看，外加有機質後，黃頸蜷蚓的受惠程度相對較大，本土種則相對較少；榔榆則不管是黃頸蜷蚓或本土種蚯蚓的外加有機質，對其密度增加程度都相當明顯；阿勃勒則是黃頸蜷蚓相對數量最少的，黃頸蜷蚓受外加有機質的受惠程度並不明顯，本土蚯蚓的受惠程度則是相當顯著。比較楓香、榔榆和阿勃勒的蚯蚓種類與密度，可以發現這三种植物的根部附近的蚯蚓組成與密度不大相近，尤其阿勃勒根部附近的黃頸蜷蚓是這三种植物中最少的，就算外加有機質後，其黃頸蜷蚓密度增加幅度仍遠小於楓香和榔榆。這可能的成因有二，第一個是阿勃勒是否會釋放或分解後生成某些化學物質對於黃頸蜷蚓的族群增長有限制力，已知阿勃勒釋放的植物鹼是一種天然殺螺劑；另一個種植阿勃勒區域的土壤有某些特性讓黃頸蜷蚓族群量較低。這方面的確實原因不明，尚待進一步研究來瞭解。

陸、參考文獻

1. Barros, E., Curmi, P., Hallaire, V., Chauvel, A. and Lavelle, P. 2001. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. *Geoderma* 100: 193–213.
2. Chang, C.-H., Yang, K.-W., Wu, J.-H., Chuang, S.-C., Chen, J.-H., 2001. Species composition of earthworms on the main campus of National Taiwan University. *Acta Zoologica Taiwanica* 12(2), 75-81.
3. Chauvel, A., Grimaldi, M., Barros, E., Blanchart, E., Sarrazin, M. and Lavelle, P.

1999. Pasture damage by an Amazonian earthworm. *Nature* 398: 32-33.
4. Edwards, C.A., Bohlen, P. J. 1996. Biology and ecology of earthworms. pp426, Chapman and Hall, USA.
 5. Garcia J. A., and C. Fragoso. 2002. Growth, reproduction and activity of earthworms in degraded and amended tropical open mined soils: laboratory assays. *Applied Soil Ecology* 20: 33-37.
 6. Hallaire, V., Curmi, P., Duboisset, A., Lavelle, P. and Pashanasi, B. 2000. Soil structure changes induced by the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* and organic inputs in a Peruvian ultisol. *Eur. J. Soil Biol.* 36: 35-44
 7. Liu, Z. G and Zou, X. M. 2002. Exotic earthworms accelerate plant litter decomposition in a Puerto Rican pasture and a wet forest. *Ecol. Appl.* 12(5): 1406-1417.
 8. Tsai, C.-F., Shen, H.-P., Tsai, S.-C. 2000. Occurrence of the exotic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Muller) (Glossoscolecidae: Oligochaeta) in Taiwan. *Endemic Species Research* 2, 68-73.
 9. 陳俊宏、莊淑君、宋紫玲、吳采諭、蕭孟昕。1999。台灣陸生蚯蚓的多樣性。自然保育季刊 25：33-37 頁。
 10. 陳毅翰、張智涵、莊淑君、林佑勳、陳俊宏。2004。外來種蚯蚓黃頸透鈣蚓 (*Pontoscolex corethrurus*) 在台灣北部的分佈並依此推估其對原有蚯蚓族群及土壤環境可能造成之衝擊。生物科學 47: 117-126。
 11. 莊淑君、吳佳偉、張智豪、張智涵、楊凱雯、賴唯珊、吳玉威、陳俊宏。2002。北台灣地區蚯蚓種類與分佈。生物科學 45: 66-75。
 12. 張花。2008。土壤溫度和濕度對外來種蚯蚓 *Pontocolex corethrurus* 種群增長的影響。中國科學院研究生院(西雙版納熱帶植物園)碩士論文。
 13. 張智涵、沈慧萍、莊淑君、陳俊宏。2008。台灣蚯蚓研究現況與歷史回顧。2008。台灣物種多樣性研究現況研討會。農委會林務局、國科會生命科學研究推動中心、

中央研究院生物多樣性研究中心、中華民國自然生態保育學會, 國立自然科學博物館。台中。

14. 張智涵、沈慧萍、陳俊宏。2009。台灣蚯蚓誌。台大出版中心，174 頁。

15. 臺灣大學無脊椎動物實驗室。2009。台大蚯蚓地圖
(<http://earthworm.zo.ntu.edu.tw/NTUearthworm/index.htm>)。

表一、大安森林公園蚯蚓種類與相對數量。

科名	物種	學名	生態習性	屬性	平均密度 (隻/平方公尺)	百分比
巨蚓科	參狀遠環蚓	<i>Amyntas aspergillum</i>	貫穿型	廣佈種	2.26 ± 5.21	3.25%
巨蚓科	皮質遠環蚓	<i>Amyntas corticis</i>	表層型	廣佈種	2.47 ± 6.68	3.55%
巨蚓科	優雅遠環蚓	<i>Amyntas gracilis</i>	表層型	廣佈種	0.10 ± 1.07	0.15%
巨蚓科	湖北遠環蚓	<i>Amyntas hupeiensis</i>	底層型	廣佈種	3.60 ± 9.94	5.17%
巨蚓科	異駢遠環蚓	<i>Amyntas incongruus</i>	底層型	廣佈種	0.51 ± 3.18	0.74%
巨蚓科	微小遠環蚓	<i>Amyntas minimus</i>	底層型	廣佈種	0.10 ± 1.07	0.15%
巨蚓科	毛氏遠環蚓	<i>Amyntas morrissi</i>	表層型	廣佈種	1.23 ± 4.11	1.77%
巨蚓科	壯偉遠環蚓	<i>Amyntas robustus</i>	底層型	廣佈種	3.29 ± 7.93	4.73%
巨蚓科	洛克斐勒遠環蚓	<i>Amyntas rockefelleri</i>	底層型	廣佈種	4.22 ± 9.45	6.06%
巨蚓科	未知種 sp.25	<i>Amyntas sp.25</i>	-	-	0.72 ± 5.32	1.03%
巨蚓科	未知種 sp.104	<i>Amyntas sp.104</i>	-	-	0.62 ± 5.44	0.89%
巨蚓科	加州腔環蚓	<i>Metaphire californica</i>	表層型	廣佈種	3.50 ± 10.26	5.02%
巨蚓科	土後腔環蚓	<i>Metaphire posthuma</i>	底層型	廣佈種	0.31 ± 3.21	0.44%
巨蚓科	舒氏腔環蚓	<i>Metaphire schmardae</i>	表層型	廣佈種	1.85 ± 8.25	2.66%
巨蚓科	未成熟	-	-	-	30.45 ± 39.51	43.72%
滑蚓科	黃頸蜷蚓	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	底層型	外來種	11.32 ± 18.72	16.25%
寒石憲蚓科	沙爾塔真柯蚓	<i>Eukerria saltensis</i>	表層型	外來種	3.09 ± 14.87	4.43%
總計					69.65 ± 55.47	100.00%

表二、實驗組(E+S)處理，三個樹種開挖時蚯蚓種類與密度(隻/平方公尺)

物種	楓香		榔榆		阿勃勒	
	密度	百分比	密度	百分比	密度	百分比
參狀遠環蚓	2.17	10.49%	1.62	6.76%	5.06	42.05%
毛氏遠環蚓	0.29	1.41%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
壯偉遠環蚓	1.32	6.40%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
洛克斐勒遠環蚓	0.44	2.12%	0.15	0.65%	0.00	0.00%
加州腔環蚓	0.88	4.26%	0.47	1.97%	0.18	1.52%
未成熟環毛蚓	3.58	17.32%	10.18	42.63%	3.89	32.35%
黃頸蜷蚓	11.97	57.99%	11.47	47.99%	2.90	24.08%
總密度	20.64	100.00%	23.89	100.00%	12.04	100.00%

表三、不同處理下，楓香基部 4 月至 6 月之各蚯蚓種類密度比較。

物種	實驗組(E+S)	實驗組(S)	對照組(D)	對照組(O)
參狀遠環蚓	29.48 ± 17.48	4.64 ± 5.50	7.46 ± 6.37	0
皮質遠環蚓	7.09 ± 10.60	26.85 ± 33.44	6.70 ± 13.43	6.35 ± 20.77
優雅遠環蚓	4.72 ± 7.70	1.13 ± 3.40	0	0
異駢遠環蚓	2.35 ± 4.67	0	1.13 ± 3.39	0
毛氏遠環蚓	0	2.33 ± 4.63	0	1.59 ± 5.94
壯偉遠環蚓	11.88 ± 13.61	5.97 ± 10.94	3.24 ± 4.86	7.94 ± 12.65
洛克斐勒遠環蚓	17.72 ± 19.18	5.90 ± 7.78	8.59 ± 7.67	2.38 ± 6.43
沙爾塔真柯蚓	0	0	0	2.38 ± 8.91
加州腔環蚓	7.08 ± 7.50	4.64 ± 10.64	2.19 ± 4.34	6.35 ± 12.87
舒氏腔環蚓	7.07 ± 7.47	68.41 ± 122.83	5.65 ± 16.94	16.67 ± 52.97
未成熟環毛蚓	25.89 ± 25.85	144.53 ± 191.35	20.71 ± 25.04	30.16 ± 27.02
黃頸蜷蚓***	283.67 ^a ± 147.58	66.35 ^b ± 114.56	36.62 ^b ± 22.87	34.92 ^b ± 36.94
本土種蚯蚓*	113.28 ^b ± 62.29	264.40 ^a ± 321.39	55.66 ^b ± 54.78	71.43 ^b ± 81.50
總密度**	396.95 ^a ± 160.58	330.75 ^a ± 345.23	92.27 ^b ± 51.85	108.73 ^b ± 78.59

(*** : $p < 0.001$; ** : $p < 0.01$; a、b 表示以 Dunn's test 進行事後比較有顯著差異)

表四、不同處理下，榔榆基部 4 月至 6 月之各蚯蚓種類密度比較。

物種	實驗組(E+S)	實驗組(S)	對照組(D)	對照組(O)
參狀遠環蚓	25.41 ± 20.46	14.42 ± 9.85	5.06 ± 6.00	3.97 ± 7.04
皮質遠環蚓	18.55 ± 8.73	23.75 ± 27.31	2.53 ± 5.02	3.18 ± 6.79
優雅遠環蚓	9.13 ± 16.35	0	0	0
異駢遠環蚓	5.30 ± 6.29	3.90 ± 8.34	0	0
毛氏遠環蚓	2.62 ± 5.19	2.58 ± 5.13	0	2.38 ± 4.73
壯偉遠環蚓	1.37 ± 4.11	9.31 ± 11.61	0	2.38 ± 6.43
洛克斐勒遠環蚓	17.41 ± 17.08	40.15 ± 43.45	23.18 ± 26.74	3.18 ± 6.79
加州腔環蚓	19.88 ± 15.73	38.09 ± 26.32	18.95 ± 17.72	6.35 ± 8.40
舒氏腔環蚓	26.55 ± 24.22	13.07 ± 7.06	8.94 ± 9.66	7.14 ± 16.66
未成熟環毛蚓	175.41 ± 76.69	236.57 ± 159.26	155.33 ± 70.65	34.92 ± 24.21
黃頸蜷蚓***	164.70 ± 112.92	158.34 ± 126.27	34.07 ± 24.21	19.05 ± 19.70
本土種蚯蚓***	301.62 ^a ±95.47	381.84 ^a ±228.50	213.98 ^a ±91.47	68.38 ^b ±33.59
總密度***	466.32 ^a ± 118.13	540.18 ^a ± 335.52	248.05 ^b ± 98.79	82.54 ^c ± 45.02

(***：p< 0.001；a、b、c 表示以 Dunn's test 進行事後比較分別有顯著差異)

表五、不同處理下，阿勃勒基部 4 月至 6 月之各蚯蚓種類密度比較。

物種	實驗組(E+S)	實驗組(S)	對照組(D)	對照組(O)
參狀遠環蚓	15.75 ± 15.54	15.30 ± 13.57	2.78 ± 5.51	3.18 ± 6.79
皮質遠環蚓	8.57 ± 12.67	0	0	0
優雅遠環蚓	17.26 ± 17.25	0	0	0
壯偉遠環蚓	1.46 ± 4.38	1.35 ± 4.04	0	2.38 ± 6.43
洛克斐勒遠環蚓	43.47 ± 44.14	19.69 ± 18.25	15.29 ± 29.84	9.52 ± 12.97
加州腔環蚓	5.85 ± 11.60	5.53 ± 8.93	1.40 ± 4.20	0
舒氏腔環蚓	18.38 ± 26.12	0	8.39 ± 14.08	0.79 ± 2.97
未成熟環毛蚓	459.15 ± 258.17	181.20 ± 115.11	53.18 ± 34.46	33.33 ± 30.82
黃頸蜷蚓 ^{n.s.}	18.99 ± 29.49	4.04 ± 12.11	1.39 ± 4.17	3.18 ± 6.79
本土種蚯蚓*	569.89 ^a ±274.73	223.07 ^a ±115.35	81.05 ^b ±52.15	49.21 ^b ±35.33
總密度***	588.88 ^a ± 273.93	227.11 ^a ± 115.31	82.44 ^b ± 52.88	52.38 ^b ± 33.60

(n.s.：沒有顯著差異；***： $p < 0.001$ ；a、b 表示以 Dunn's test 進行事後比較有顯著差異)



圖一、樹幹基部開挖示意圖。

處理	蚯蚓(25 隻) 優雅遠環蚓 10 隻 皮質遠環蚓 10 隻 加州腔環蚓 5 隻	混入太空包 有機土 (40KG)	翻 土	取樣 面積	樣本數
實驗組 (E+S)	◎	◎	◎	1/8 圈	3
實驗組(S)		◎	◎	1/8 圈	3
對照組(D)			◎	1/8 圈	3
對照組(O)				30*30 公分	3-5

圖二、土壤改善試驗的不同實驗處理內容。

(A)



(B)



(C)



圖三、實驗組(E+S)所加入的三種蚯蚓。(A)優雅遠環蚓；(B)皮質遠環蚓；(C)加州腔環蚓。

(A)實驗組(E+S)



(B)實驗組(S)



(C)對照組(D)



圖四、完成開挖和實驗處理後，並圍上圍籬的 9 棵楓香。(A)為實驗組(E+S)，(B)為實驗組(S)，C 為對照組(D)。

(A)實驗組(E+S)



(B)實驗組(S)



(C)對照組(D)



圖五、完成開挖和實驗處理後，並圍上圍籬的 9 棵榔榆。(A)為實驗組(E+S)，(B)為實驗組(S)，C 為對照組(D)。

(A)實驗組(E+S)



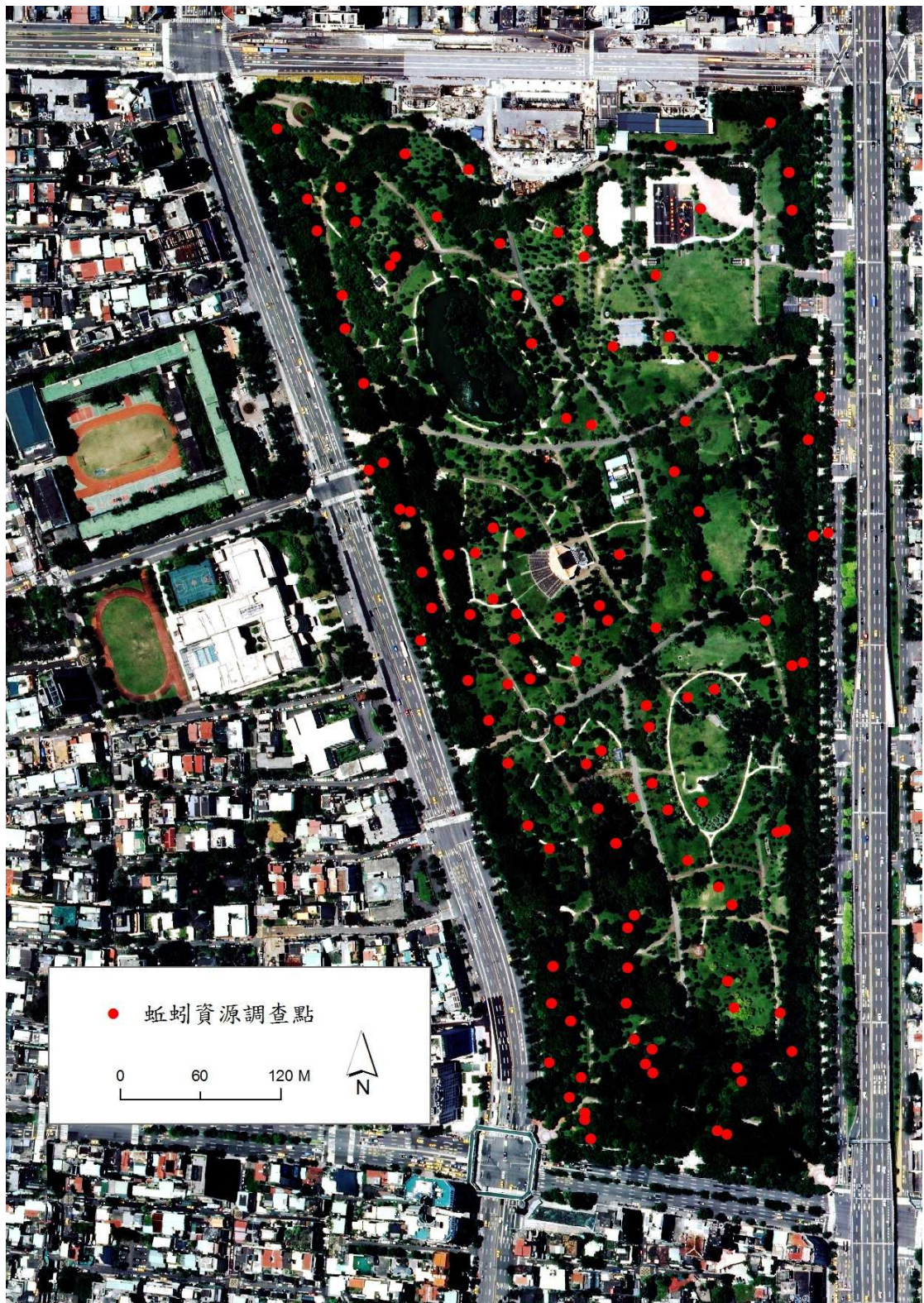
(B)實驗組(S)



(C)對照組(D)



圖六、完成開挖和實驗處理後，並圍上圍籬的 9 棵阿勃勒。(A)為實驗組(E+S)，(B)為實驗組(S)，C 為對照組(D)。



圖七、蚯蚓調查樣點分布圖

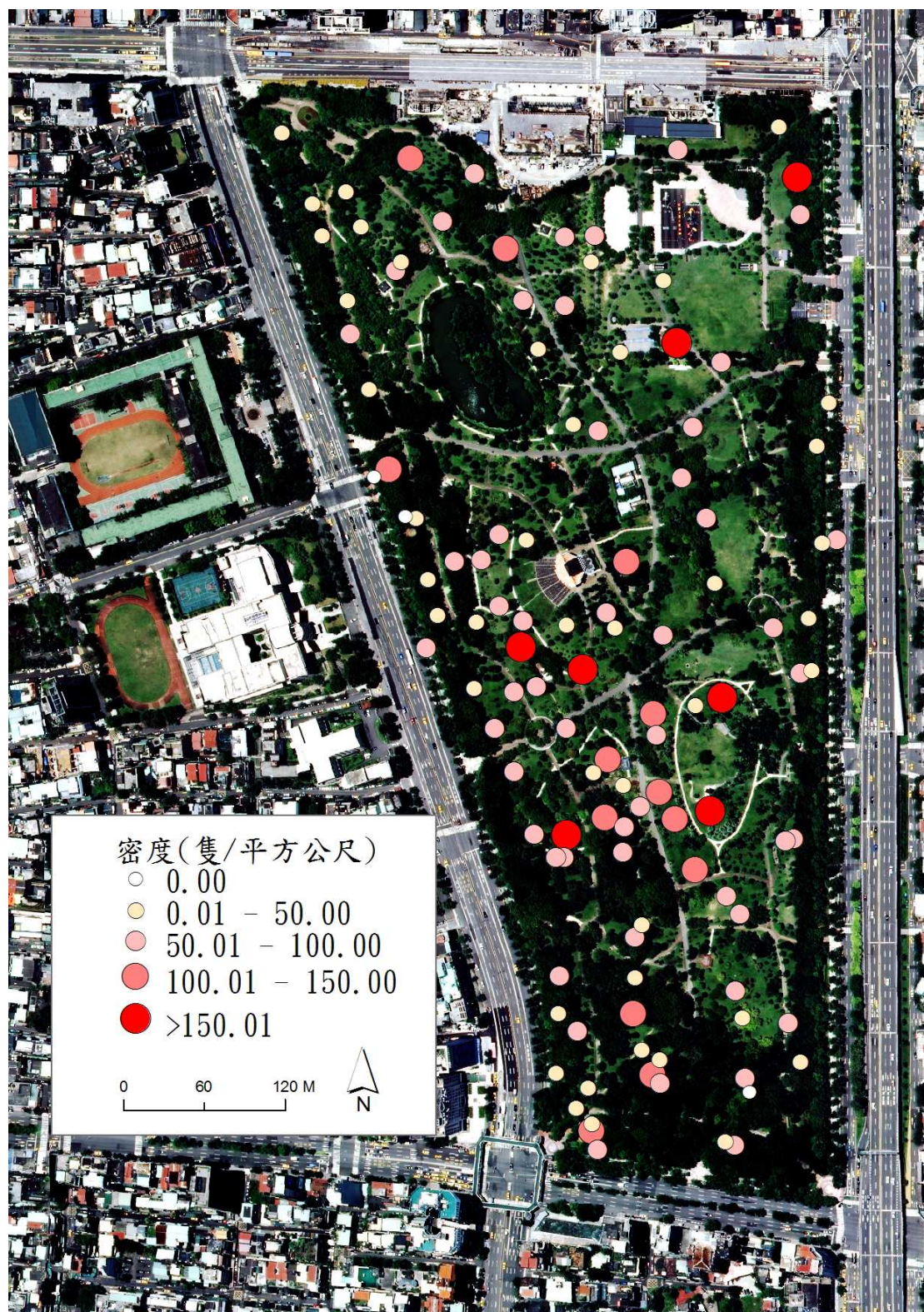
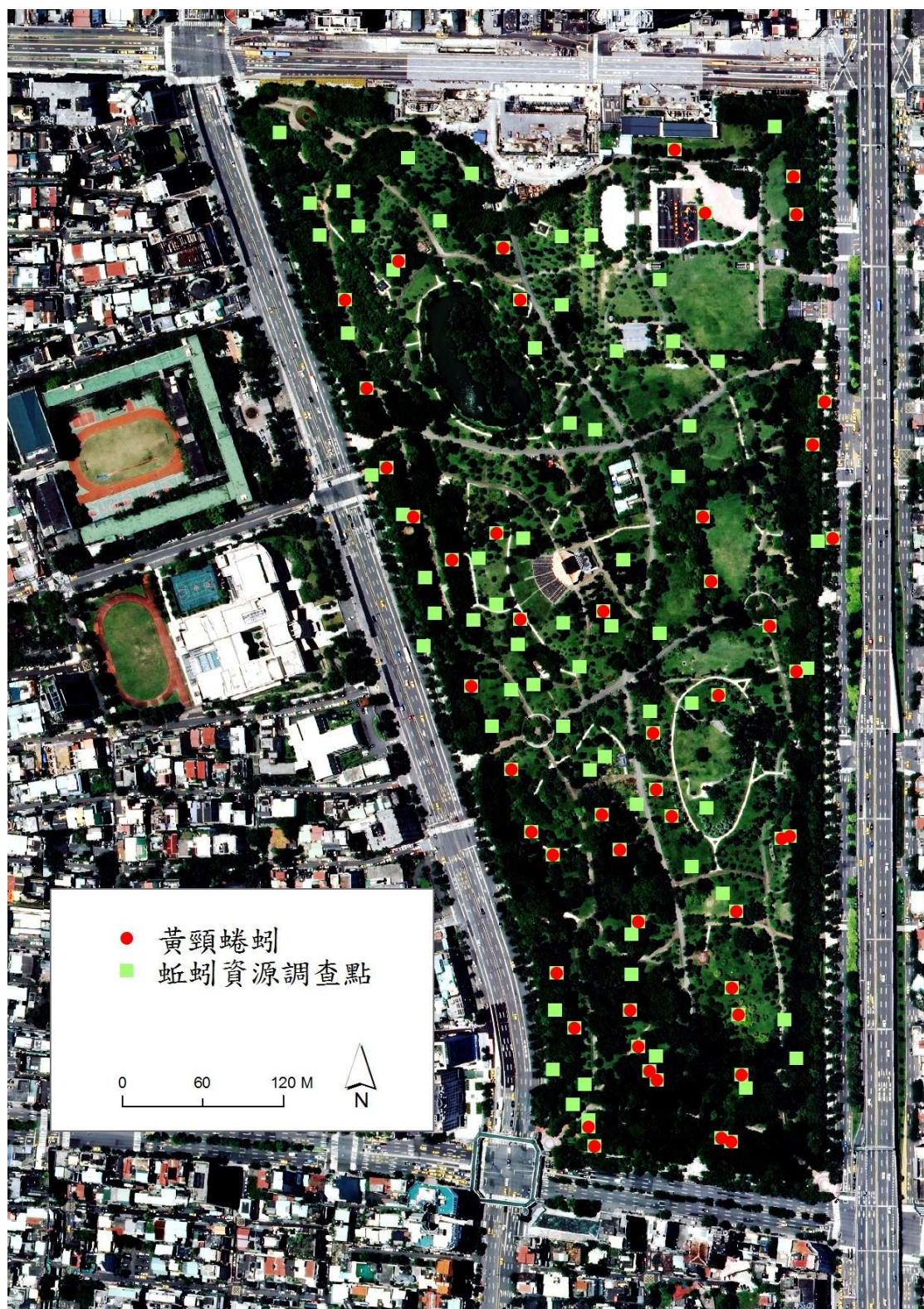
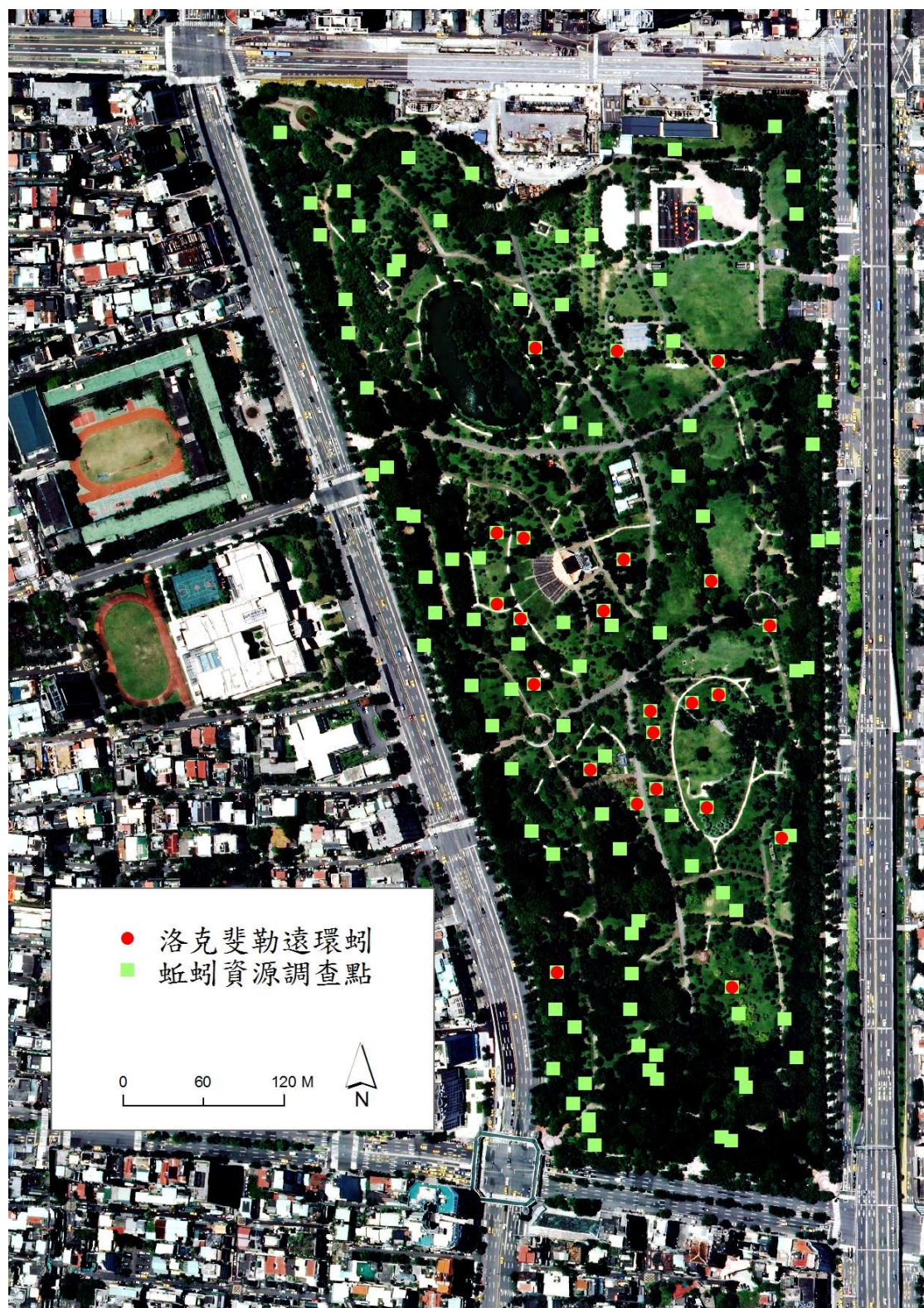


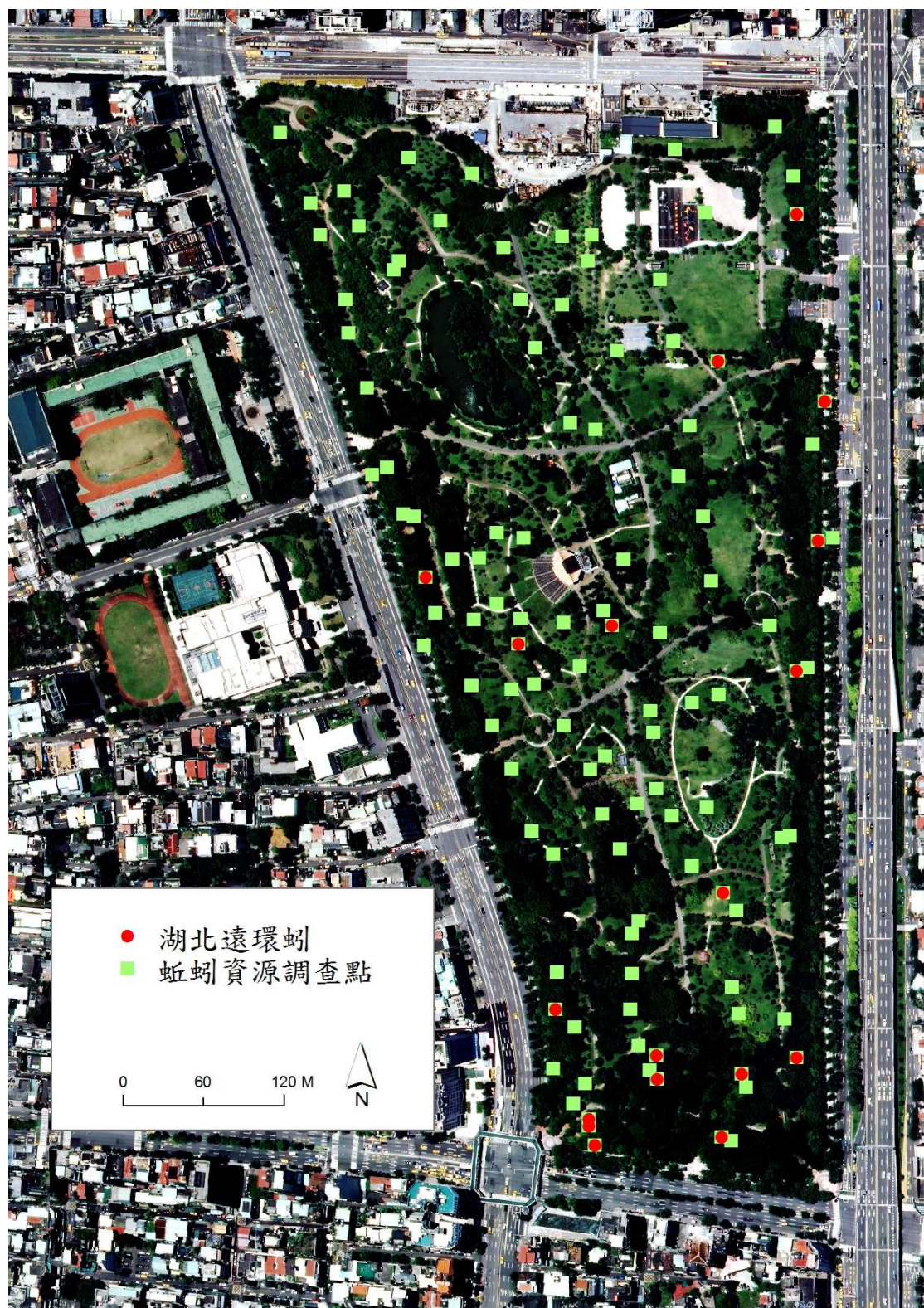
圖 八、大安森林公園個調查點的蚯蚓密度。



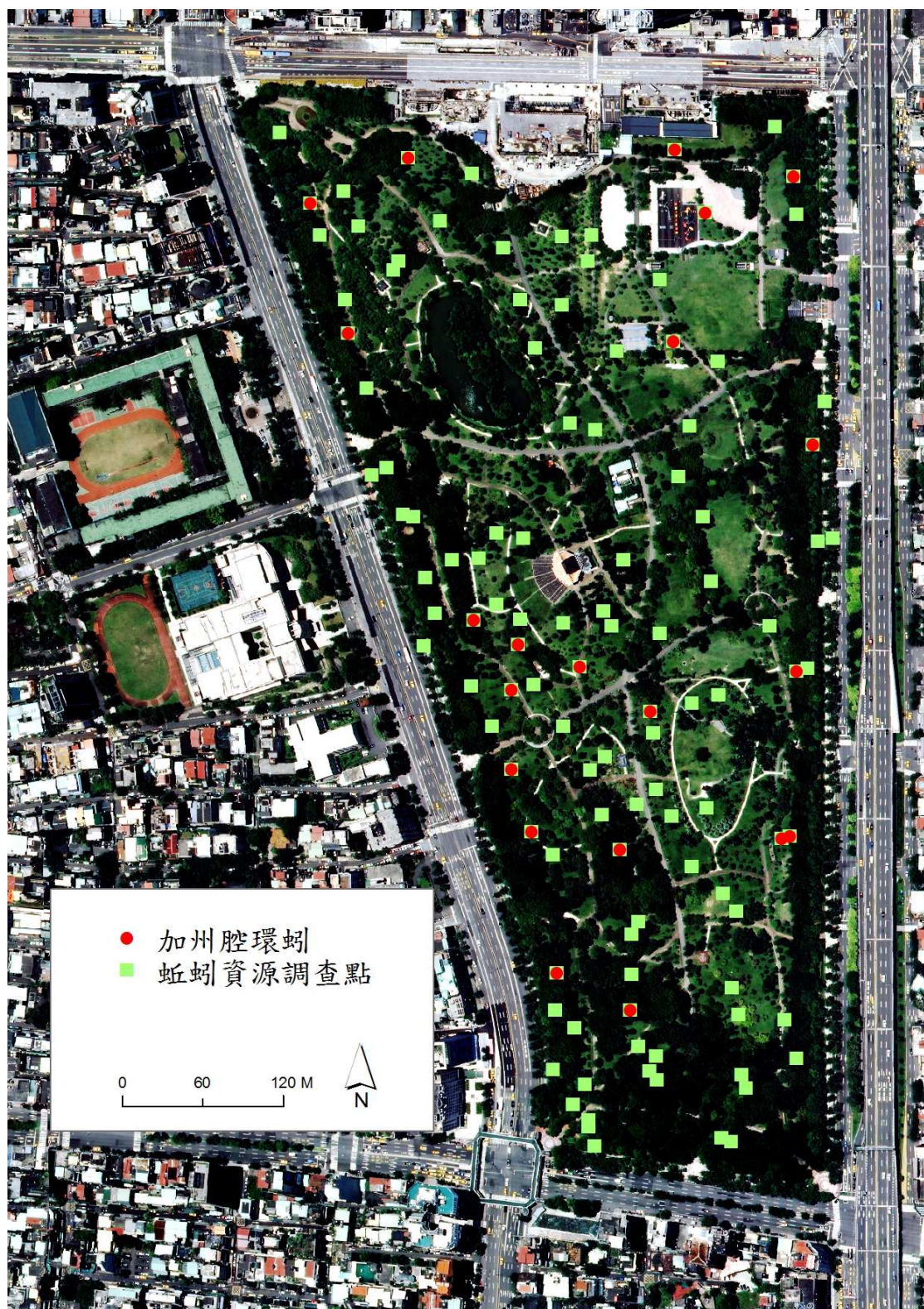
圖九、黃頸蜷蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圈圈有黃頸蜷蚓出現的樣點。



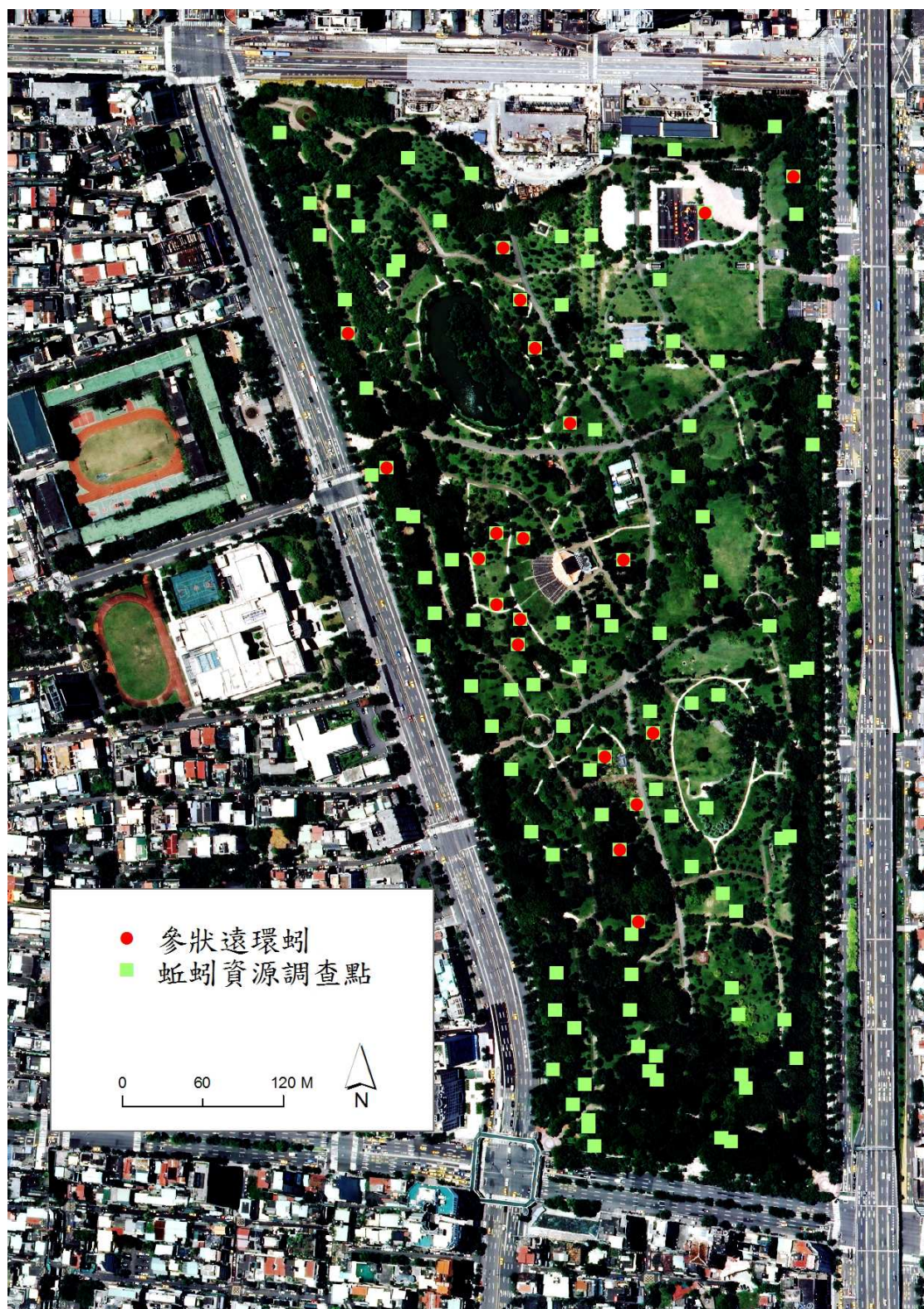
圖十、洛克斐勒遠環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有洛克斐勒遠環蚓出現的樣點。



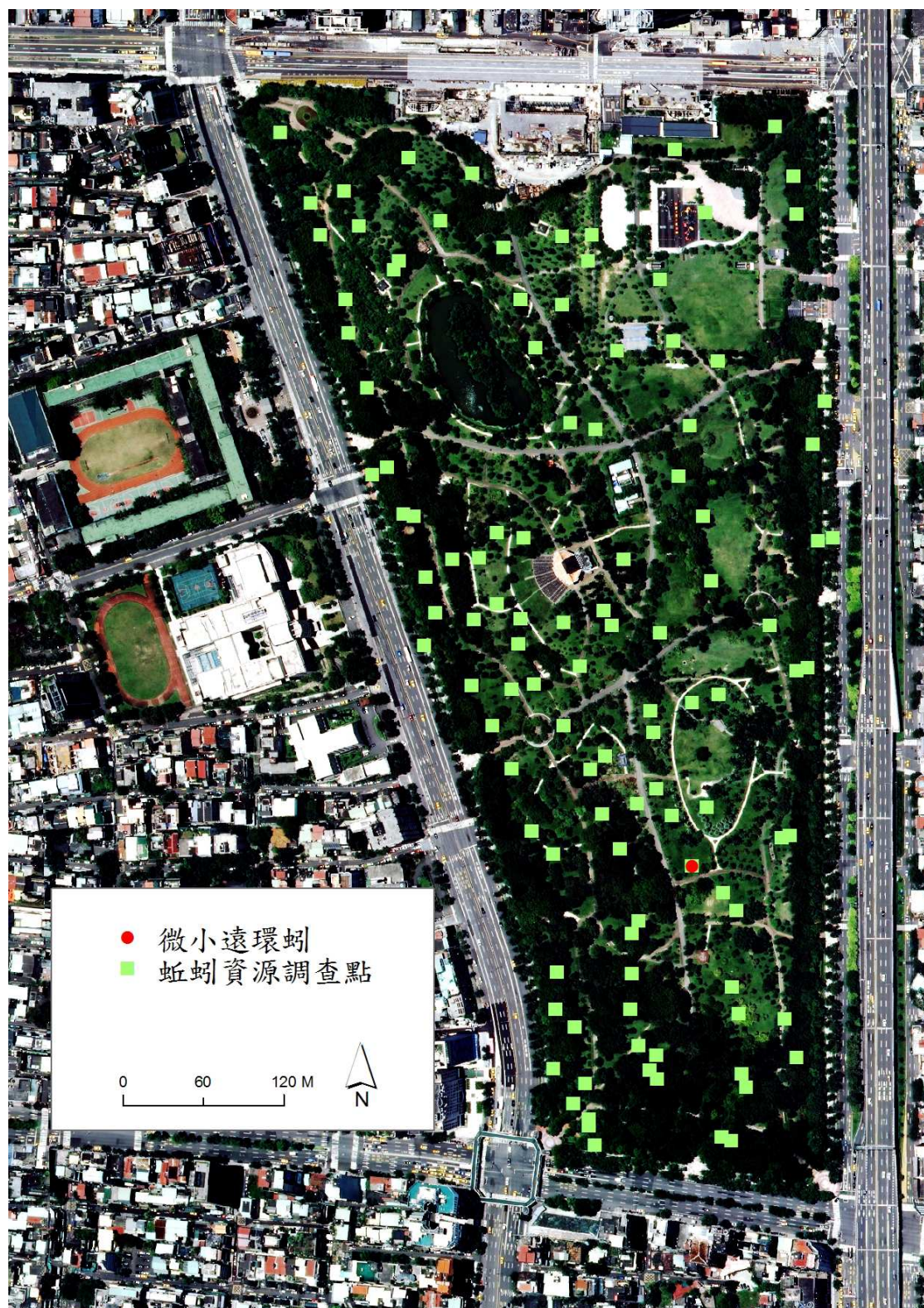
圖十一、湖北遠環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有湖北遠環蚓出現的樣點。



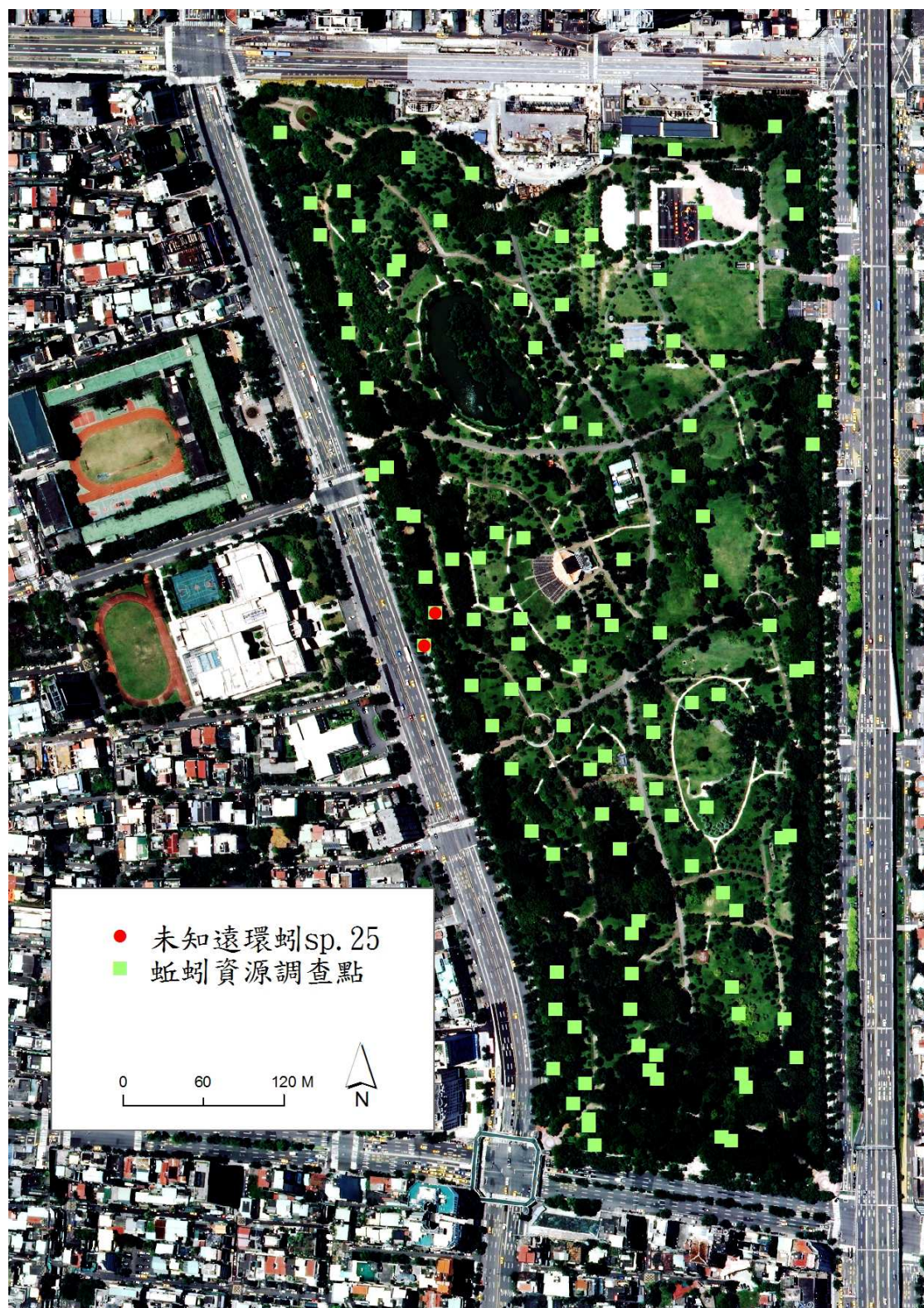
圖十二、加州腔環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有加州腔環蚓出現的樣點。



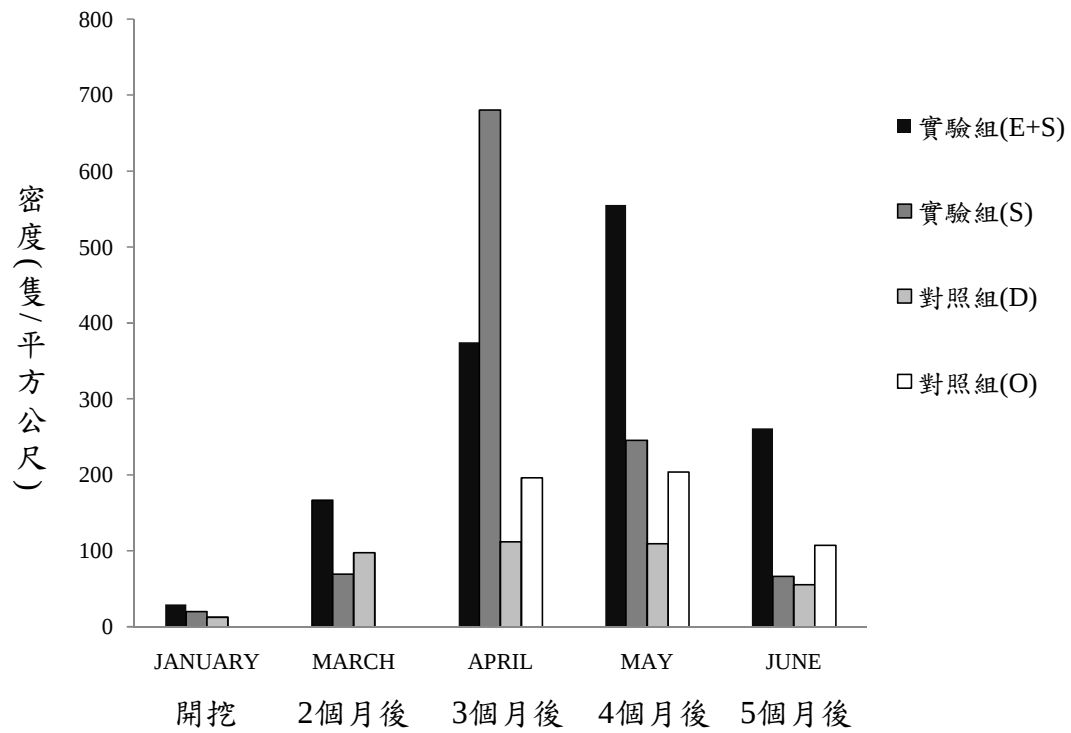
圖十三、參狀腔環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有參狀腔環蚓出現的樣點。



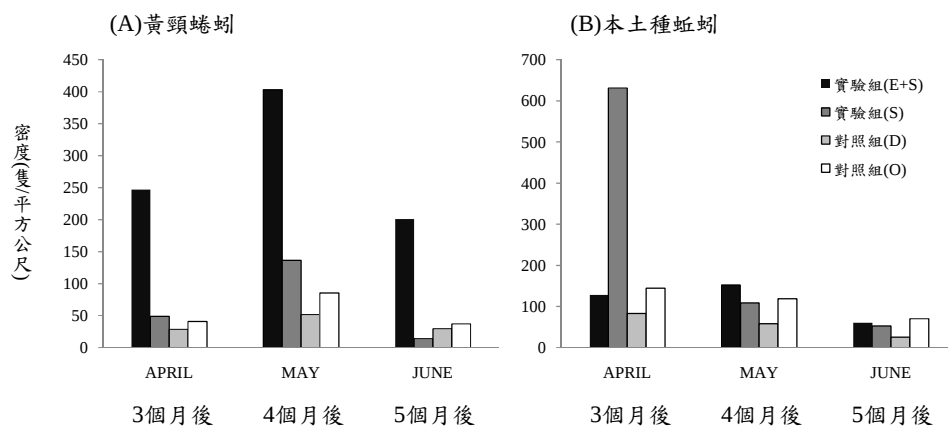
圖十四、微小遠環蚓分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有微小遠環蚓出現的樣點。



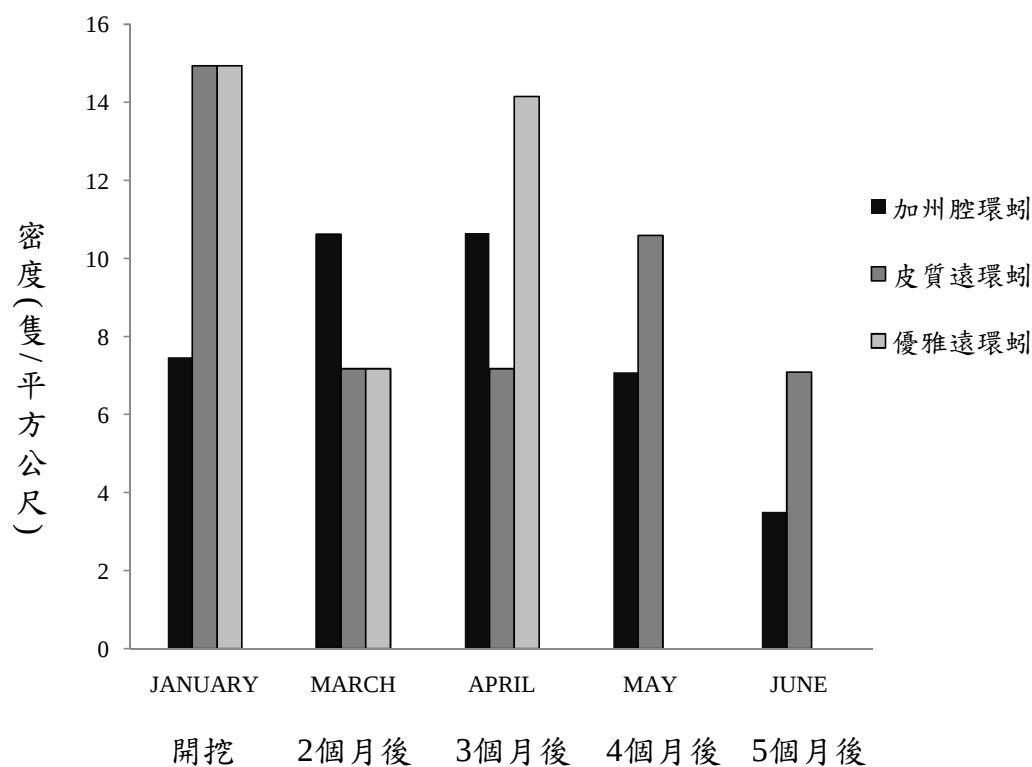
圖十五、未知遠環蚓 sp.25 分布圖，綠色方塊為所有調查點，紅色圓圈有未知遠環蚓 sp.25 出現的樣點。



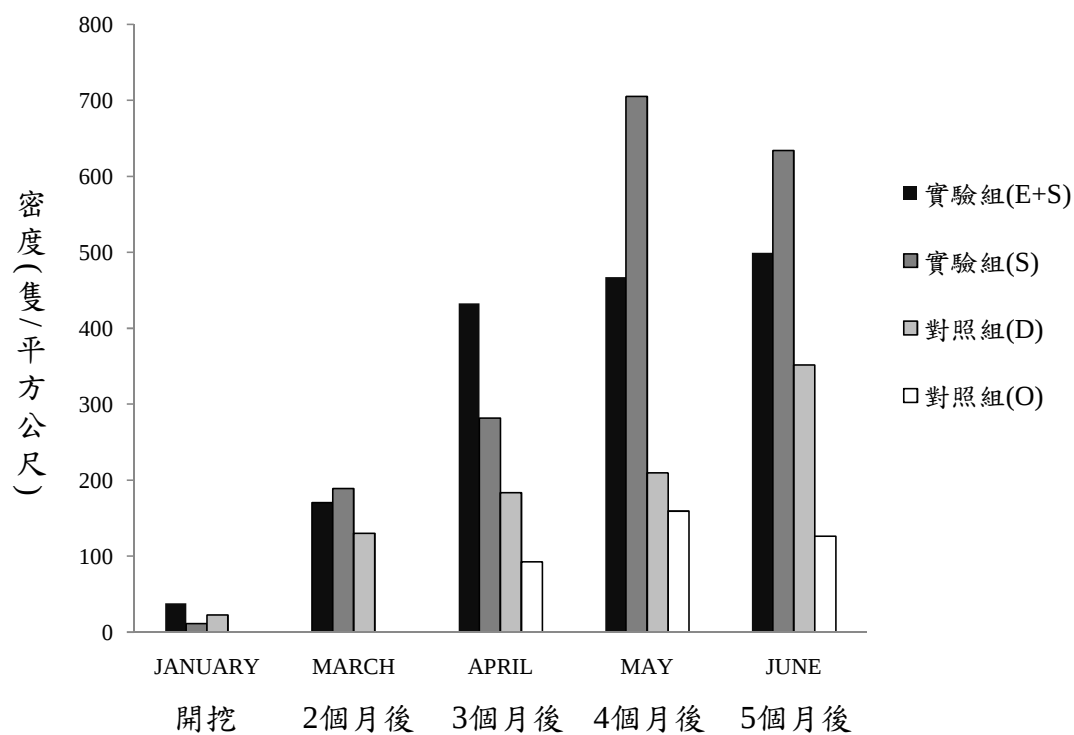
圖十六、楓香在不同實驗處理下，不同月份之蚯蚓密度變化。



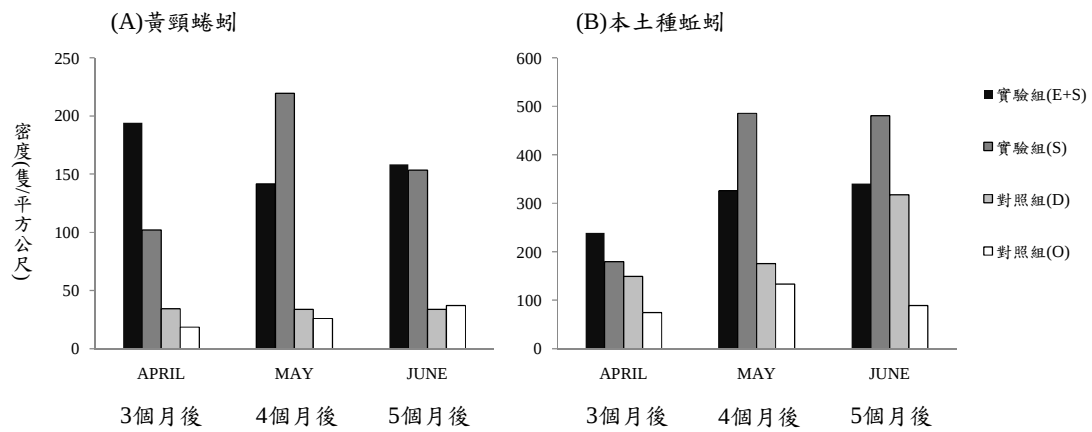
圖十七、楓香在不同處理下，不同月份黃頸蜆蚓與本土種蚯蚓的密度變化。



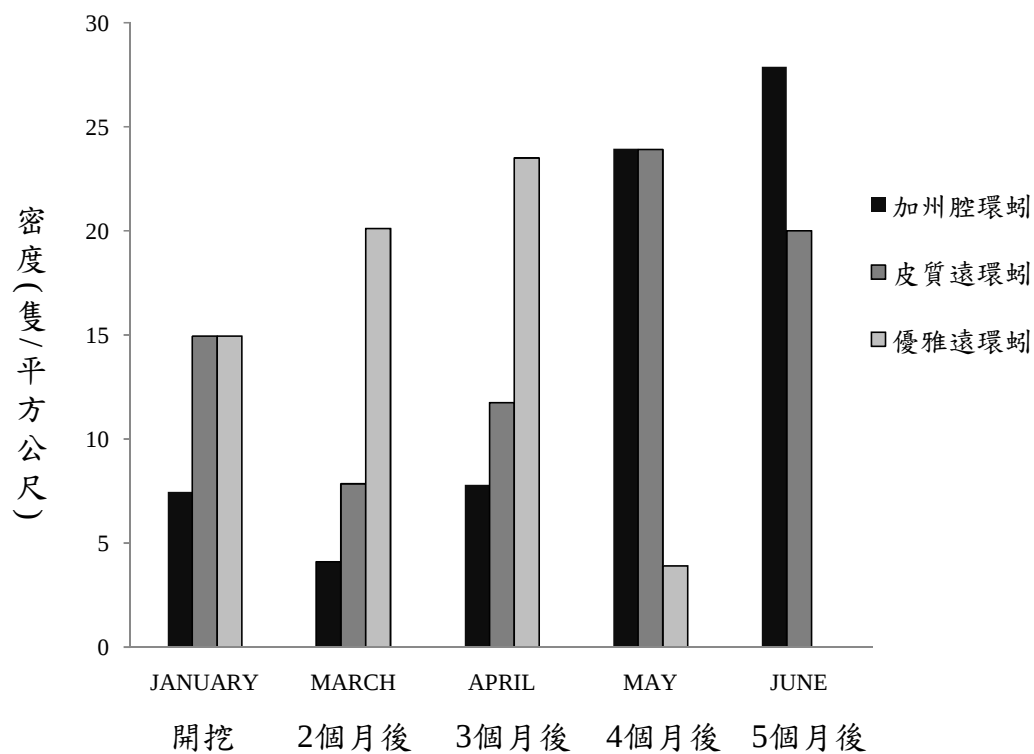
圖十八、楓香在實驗組(E+S)下，不同月份三種外加蚯蚓的密度變化。



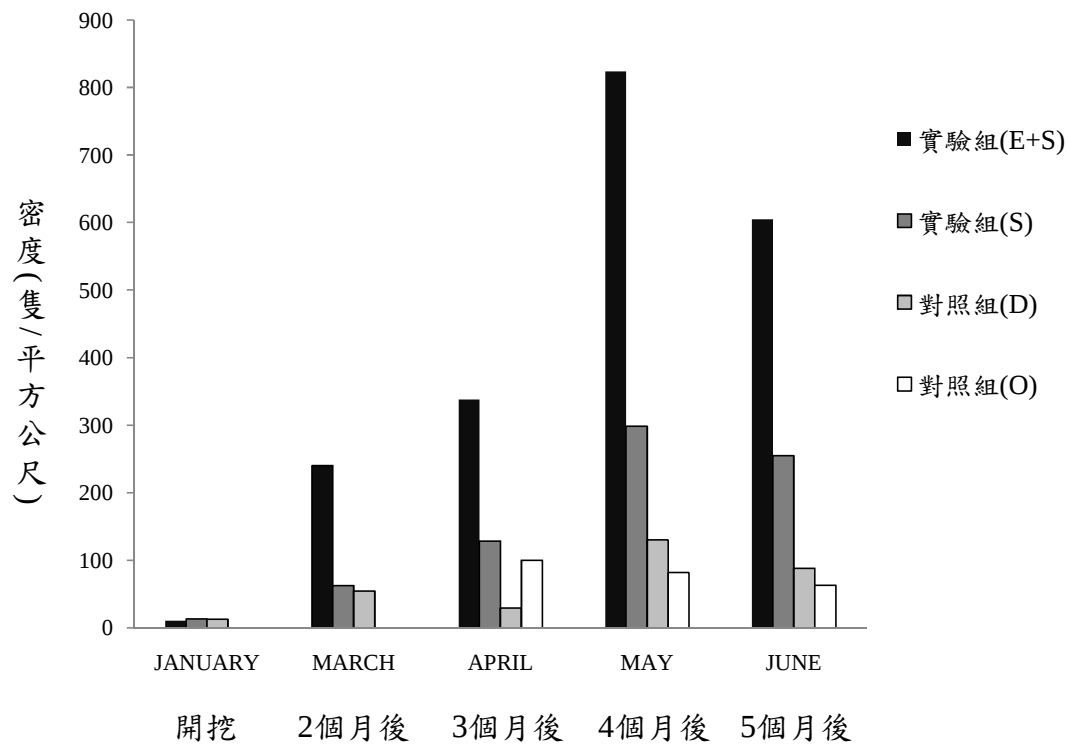
圖十九、榔榆在不同實驗處理下，不同月份之蚯蚓密度變化。



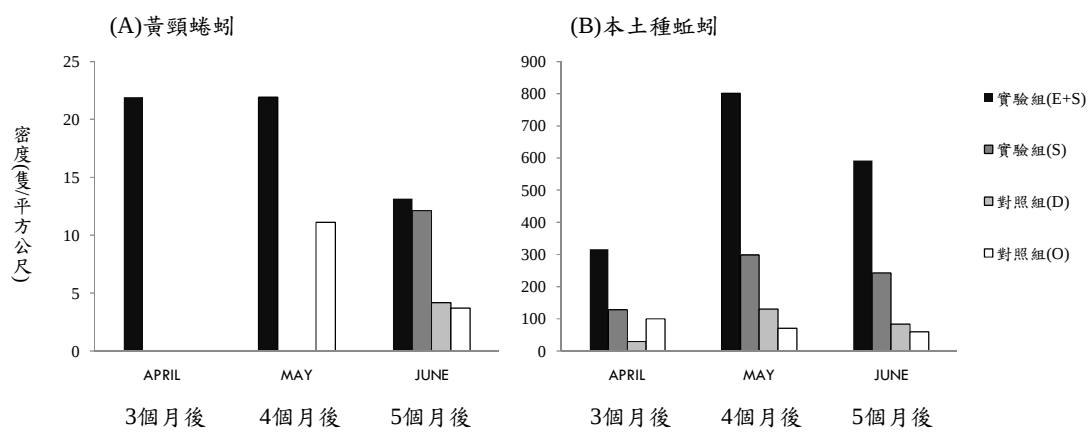
圖二十、榔榆在不同處理下，不同月份黃頸蜷蚓與本土種蚯蚓的密度變化。



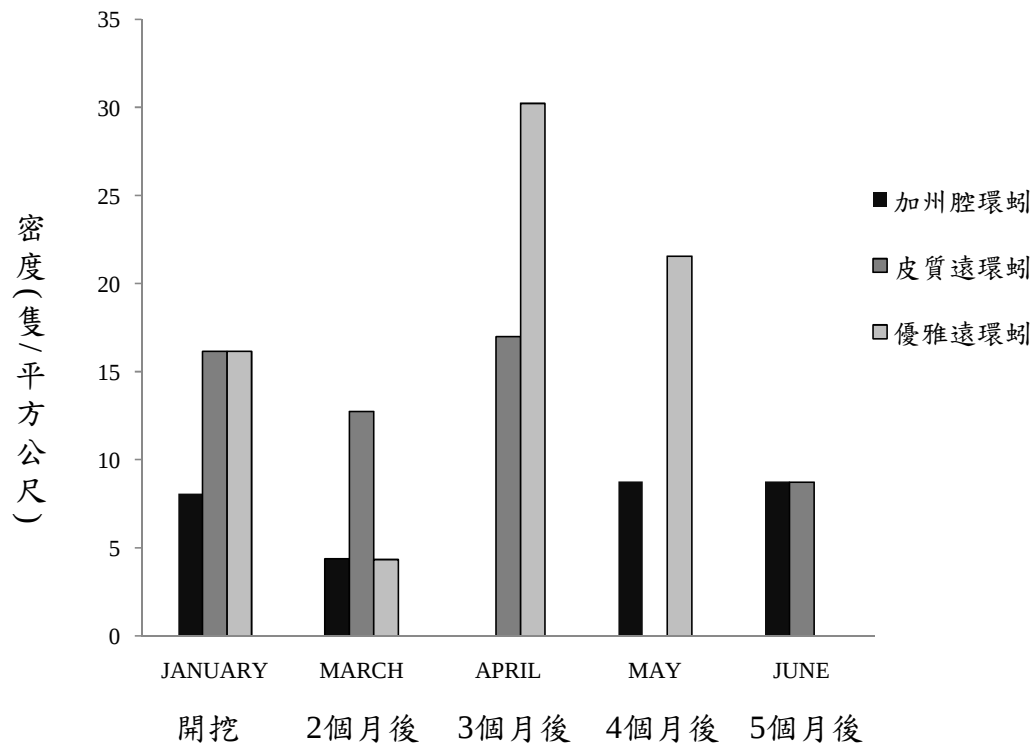
圖二十一、榔榆在實驗組(E+S)下，不同月份三種外加蚯蚓的密度變化。



圖二十二、阿勃勒在不同實驗處理下，不同月份之蚯蚓密度變化。



圖二十三、阿勃勒在不同處理下，不同月份黃頸蜆蚓與本土種蚯蚓的密度變化。



圖二十四、阿勃勒在實驗組(E+S)下，不同月份三種外加蚯蚓的密度變化。