

白蟻在福山森林生態系中的時空分布及功能研究

The Spatial and Temporal Distribution of Termites and Their Functional Roles
in Fushan Forest Ecosystem

計畫編號：NSC 88-2621-B-002-015-A10

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：吳文哲 國立臺灣大學昆蟲學系

一、中文摘要

福山地區的白蟻種類共有 7 種，分屬於 3 科 6 屬，而目前在福山的一號集水區內發現的白蟻共有 5 種，分屬於 3 科 4 屬。在第一集水區內的優勢種類似乎會隨季節而改變，在九月的調查中發現黃肢散白蟻 (*Reticulitermes flaviceps*) 為較優勢的種類，而在十一月的調查中則發現黑翅土白蟻 (*Odontotermes formosanus*) 為較優勢的種類，與第一集水區外之植物園區比較，園區內的優勢種同為上述二者，但沒有發現其優勢種類會隨季節而變動。在第一集水區內有高山象白蟻 (*Nasutitermes takasagoensis*) 與赤樹白蟻 (*Glyptotermes satsumensis*)，然而集水區外之植物園區內並沒有發現這兩種白蟻。

關鍵詞：森林生態系、時空分布、白蟻、
福山植物園

Abstract

There are 7 species of termites belonging to 6 genera in Fushan area, while only 5 species belonging to 4 genera in the area of watershed 1. All of the termites belong to 3 families. The dominant species is *Reticulitermes flaviceps* in September, while *Odontotermes formosanus* is dominant in November. On the other hand, both species mentioned above are dominant outside the

watershed 1 during the period of investigation. By the way, *Nasutitermes takasagoensis* and *Glyptotermes satsumensis* are only found in the area of watershed 1.

Key Words: Forest Ecosystem, Community, Termite, Fushan Botany Garden.

二、緣由與目的

存在於森林的植物及土壤中的有機碳據估計約佔地球表面所有碳量之 60%，森林與大氣之間的年碳素流量則佔全球之 90%，因此若是森林受到干擾，對於全球的養分循環甚至大氣變遷都有潛力發生重大影響。白蟻為社會性昆蟲，此類昆蟲被認為是熱帶生態系中豐度最高之昆蟲種類，全世界已知的白蟻為 2000 多種，根據鍾及陳 (1994) 台灣已記錄 4 科 12 屬 16 種，過去我們在福山地區已發現 3 科 6 屬 7 種白蟻，其中以黑翅土白蟻 (*Odontotermes formosanus*) 及黃肢散白蟻 (*Reticulitermes flaviceps*) 為優勢種。白蟻在生態系中擔任有機物質之分解作用，並會影響腐植化作用、土壤條件、固氮作用、水分動態及土壤粒子的凝固等生態過程。此外，白蟻的腸道內部有共生微生物會產生甲烷 (methane)，而甲烷是影響溫室效應的主要氣體之一，能影響 18% 的大氣輻射量，因此白蟻確實具有改變大氣化學組成之潛力，是探討全球氣候變遷時不可忽略之因

素。本計畫除繼續調查福山一號集水區黑翅土白蟻及黃肢散白蟻時空分布及豐度變化外，也採集在集水區內外出現之其他白蟻種類；另外，也將把重點放在白蟻之呼吸速率及甲烷產生率之測量，以及對木材之分解能力，此研究之成果將可用於估算白蟻在福山森林生態系所扮演之角色，關於含碳物質之分解與釋放，可作為全球大氣變遷之參考。

三、研究方法與進行步驟

本子計畫的工作內容分為下列幾項：一、白蟻的空間分佈及族群豐度變動；二、白蟻的分解能力之測定；三、白蟻呼吸速率之測定；四、白蟻的甲烷釋放速率之測定。其中第一及第二部份的工作延續上年度，而調查地點將集中於一號集水區內的永久樣區，主要研究方法與步驟簡述如下：

(一)白蟻的空間分佈及族群豐度變動

此研究項目主要參考 Su (未發表之技術性報告, Procedures for population surveys of subterranean termites) 的三次標記再捕法 (triple mark-recapture technique) 來估算白蟻族群季節變動。

1. 樣區：於福山 1 號集水區水源保護區中，配合植被研究之永久樣區，設立 25-50 個採集樣點 (樣點數依永久樣區之執行進展而定)。
2. 在設立的採集樣點各埋設一條白蟻餌木，規格為 $2.5 \times 4.0 \times 28$ cm。逐月調查誘集到的白蟻種類與數量。
3. 在有被白蟻取食的餌木樣點設立覓食偵測站 (Monitoring station)，進行三次標記再捕法：

(1)第一次標記 (First marking)

- (a) 在眾多覓食站中，第一次標記僅自

蟻數目最多的偵測站收集白蟻。將白蟻稱重估計其數目；方法為先自每一階級取 5 組各 10 隻稱重，求得平均每個體之重量。再將收集的白蟻總重除以平均個體重即得該站之白蟻數目。

- (b) 將溶於丙酮之染劑 Nile Blue A 均勻倒入內置 2 張濾紙 (Whatman No.1, 5.5 cm) 的培養皿中 ($5.5 \text{ cm} \times 1.5 \text{ cm}$ high)。讓其過夜使溶劑揮發後，染劑的濃度為 0.05% wt/wt。可用鋁箔紙捲成小筒狀墊高濾紙，避免濾紙完全貼在培養皿上。
 - (c) 每一培養皿放入約 2 g 的白蟻，移至 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、全暗及飽和濕度的生長箱中，讓白蟻取食濾紙 3 天。
 - (d) 3 天後，將死亡或未染色之白蟻移除，其存活率要 90-95% 方可用於後續的實驗。以前述之稱重法來估算標記 (染上顏色) 的白蟻數目。
- (2) 第一次釋放 (First release)：將標記的白蟻放回原先的偵測站中。
 - (3) 第一次再捕 (First recapture)：釋放一週後，自各偵測站收集白蟻，分別稱重以計算各站之白蟻數目。含有標記個體的偵測站表示其為互相連接的同一群體 (colony)。計數各站之標記白蟻數目。
 - (4) 第二次標記、釋放及再捕：含有標記個體的各偵測站分別依前述方法作標記後 再各自釋放回原偵測站。一週後收集白蟻，並分別計算各站有標記的白蟻和整個捕捉到的白蟻數目。
 - (5) 第三次標記、釋放及再捕：方法步驟同第二次。
 - (6) 估算覓食族群大小。

依據 Begon (1979) 的加權平均法 (weighted mean model) 估算覓食族群大小及其標準機差 (standard error)。

(二)白蟻的分解能力之測定

本研究項目的方法與步驟，敘述如下：

1. 自福山設立的樣區中採集黑翅土白蟻與黃肢散白蟻群體，連同其巢材一起攜回實驗室內飼養，作為實驗用族群。
2. 選取兩種黑翅土白蟻與黃肢散白蟻皆可取食的不同木材，將其切成數段 10 立方公分 (1 cm 高 × 1 cm 寬 × 10 cm 長) 之實驗用木條共 9 條，以 3 條為一組，分成 3 個處理組。
3. 第一組處理木條馬上稱重後將之冷凍乾燥並磨粉打綻，利用熱卡計計算整個樣本之能量蓄涵 (Energy content)，作為白蟻分解之前其食物的能量狀況。
4. 選取白蟻同一群體共 120 隻覓食階級 (即工蟻) 進行實驗。先將其中 30 隻工蟻稱重後冷凍乾燥，並磨粉打綻，利用熱卡計計量整個白蟻樣本之能量蓄涵。接著，前述第二組處理木條在稱重後各自放置於空的白蟻飼養箱中，維持溫度 25°C，相對濕度 70%，飼養 2 個星期。2 個星期後將白蟻取出稱重並冷凍乾燥、磨粉打綻，利用熱卡計計量白蟻樣本之能量蓄涵；而白蟻取食過的木條也以同樣步驟測量其能量蓄涵狀況。
5. 第三組處理木條則如同第二組，在稱重後各自放置於白蟻飼養箱及相同的溫濕度條件之下，唯一不同處為不放入白蟻，當作對照組，並於 2 個星期試驗結束後測其能量蓄涵。
6. 比較第二組及第三組之剩餘木材之能量蓄涵，可以瞭解白蟻在單位時間內分解了多少木材的能量，及分解特定樹種之能力。而由試驗前後白蟻能量蓄涵之增加，可以計算白蟻從特定食物中取得能量之能力，也就是白蟻將植物能量轉換為動物能量之能力。

(三)白蟻呼吸速率之測定

本部分主要採用 Wheeler *et al.* (1996) 之研究方法來進行。

1. 自福山設立的樣區中採集黑翅土白蟻與黃肢散白蟻群體，連同其巢材一起攜回實驗室內飼養，作為實驗用族群。飼養在全暗、25°C 及相對濕度 70% 之條件下。
2. 稱取約 300 mg 之白蟻 (工蟻) 為一組，裝進 120 ml 的血清瓶中，先不要封住瓶口，靜置 12 小時。12 小時之後再用膠膜封住瓶口，開始進行 48 小時的實驗。實驗結束後要再稱重及計算白蟻的死亡率。
3. 氣體的抽樣：使用氣密良好的注射器，每次抽取瓶內氣體 25 μl 為樣品；最初的 6 小時，每 2 小時抽取一次，然後在實驗的第 12、24、36、48 小時各取一次。
4. 用氣相色層分析法 (Gas chromatograph) 分析每個樣品的氧氣及二氧化碳量。根據各氣體隨著時間 (樣品) 增加或減少的量，可以計算出氧氣消耗率及二氧化碳釋放率。

(四)白蟻的甲烷釋放速率之測定

本部分的進行方法與呼吸速率之測定原則上相同，但其氣相色層分析之詳細條件不同，故需獨立採取白蟻樣本來進行實驗。

1. 稱取約 300 mg 之白蟻 (工蟻) 為一組，裝進 120 ml 的血清瓶中，先不要封住瓶口，靜置 12 小時。12 小時之後再用膠膜封住瓶口，開始進行 48 小時的實驗。實驗結束後要再稱重及計算白蟻的死亡率。
2. 氣體的抽樣：使用氣密良好的注射器，每次抽取瓶內氣體 25 μl 為樣品；最初的 6 小時，每 2 小時抽取一次，然後

在實驗的第 12、24、36、48 小時各取一次。

3. 用氣相色層分析法 (Gas chromatograph) 分析每個樣品的甲烷量。根據甲烷隨著時間 (樣品) 增加的量，可以計算出甲烷的釋放率。

四、結果與討論

根據以往的調查，福山地區的白蟻種類共有 7 種，分屬於 3 科 6 屬，而目前在福山的一號集水區內發現的白蟻共有 5 種，分別是黃肢散白蟻 (*Reticulitermes flaviceps*)、黑翅土白蟻 (*Odonotermes formosanus*)、小象白蟻 (*Nasutitermes parvonasutus*)、高山象白蟻 (*Nasutitermes takasagoensis*)、赤樹白蟻 (*Glyptotermes satsumensis*) 分屬於 3 科 4 屬。

在第一集水區內的種類分布及種類數較為平均，而優勢的種類似乎隨季節而改變，在九月的調查中發現黃肢散白蟻為較優勢的種類，而在十一月的調查中則發現黑翅土白蟻為較優勢的種類。與植物園區內的調查結果比較，園區內的優勢種亦為上述二者，並沒有發現二者的族群數量隨季節而變動。在其他種類的分布上，高山象白蟻與赤樹白蟻的分布多集中在集水區的林緣，族群數量並沒有減少的趨勢，而園區內並沒有這兩種白蟻的分布。九月份時，在集水區及園區內均可發現小象白蟻，然而於十一月份時，在集水區中的小象白蟻族群數量則略為減少，園區內則並未發現其蹤跡。總而言之，園區內人為開發較嚴重的地區，所分布的種類較少，而族群數量較高，受到季節變動的影響似乎較小；在集水區內，分布的種類數較多，族群數量比園區少，受到季節變動的影響較大。

由以上結果大致可看出白蟻的空間分

布受到季節改變的影響，而各種白蟻的棲地條件差異則擬再與第二集水區的資料比較，再進一步詳細描述其分布特性。

本實驗尚有分解能力、呼吸測定與甲烷測定等實驗正在進行中，其資料尚待累積及分析。

五、計畫成果自評

經由本研究所獲得之白蟻在第一集水區內外之分布及豐度資料，可得知何種白蟻在福山地區最佔優勢，以及各種白蟻所佔比率？針對白蟻對木材之分解能力及產生甲烷的速率，可以了解白蟻在福山森林生態系中所擔任的分解者角色。

六、參考文獻

- 鍾佳宏、陳錦生。1994。台灣產白蟻文獻之綜述及檢索表之製作。玉山生物學報 11: 193-203。
- Anon. 1992. Climate Change. Supplementary Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change Scientific Assessment. Cambridge University Press, New York. 200 pp.
- Begon. M. 1979. Investigating Animal Abundance: Capture-recapture for Biologists. Edward Arnold, London. 97 pp.
- Belshaw, R., and B. Bolton. 1994. A survey of the leaf litter ant fauna in Ghana, West Africa (Hymenoptera: Formicidae). J. Hymenoptera Res. 3: 5-16.
- Bignell, D. E., P. Eggleton, L. Nunes, and K. L. Thomas. 1997. Termites as mediators of carbon flux in tropical forest: budgets for carbon dioxide and methane emissions. pp. 109-134. in: A. D. Watt, N. E. Stork, and M. D. Hunter, eds. Forests and Insects. Chapman & Hall,

- London. 406 pp.
- Eggleton, P., D. E. Bignell, W. A. Sands, N. A. Mawdsley, J. H. Lawton, T. G. Wood, and N. C. Bignell. 1996. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 351: 51-68.
- Grommgridge, B. ed. 1992. Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources. Chapman & Hall, London.
- Nunes, L., D. E. Bignell, N. Lo, and P. Eggleton. 1997. On the respiratory quotient (RQ) of termites (Insecta: Isoptera). *J. Insect Physiol.* 43(8): 749-758.
- Rapport, D. J., R. Costanza, and A. J. McMichael. 1998. Assessing ecosystem health. *TREE* 13: 397-402.
- Schlesinger, W. H. 1977. Carbon balance in terrestrial detritus. *Annul Rev. Ecol. Syst.* 8: 51-81.
- Watt, A., N. Stork, C. McBeath et al. 1995. Ecology of Insects in Cameron Plantation Forests. Final report to UK Overseas Development Agency (ODA)/GOC Office National de Development de Forest (ONADEF): Forest Management and Regeneration Project.
- Wheeler, G. S., M. Tokoro, R. H. Scheffrahn, and N. Y. Su. 1996. Comparative respiration and methane production rates in nearctic termites. *J. Insect Physiol.* 42: 799-806.
- Whittaker, R. H. 1970. Communities and Ecosystems. Macmillan, London.