



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

The Geographical Distribution and the Dispersal Flight Season of *Odontotermes formosanus* (Isoptera: Termitidae) in Taiwan 【Research report】

黑翅土白蟻在台灣的地域分布與婚飛季節【研究報告】

Chun-I Chiu¹, Hou-Feng Li², and Man-Miao Yang^{1*}
邱俊禕¹、李後鋒²、楊曼妙^{1*}

*通訊作者E-mail: mmyang@nchu.edu.tw

Received: 2010/06/14 Accepted: 2010/08/29 Available online: 2010/09/01

Abstract

Odontotermes formosanus (Shiraki) has been mentioned as a common termite species in Taiwan, and its dispersal flight has been observed between late spring and early summer. However, these previous descriptions were generally based on a small amount of collection data from restricted geographical areas in one or a few years. In the present study we obtained collection data of *O. formosanus* in Taiwan by three methods, including field collections, examinations of museum specimens, and analyses of previous collection records in the literature. Latitude, longitude, and altitude were measured or estimated of all 304 collection sites, most of which were located in lowland areas. The highest altitudes of the collecting sites were 1,568 m and 1,173 m, based on the records in the literature and our field collection data, respectively. The dates for collecting the 59 alate samples show that the dispersal flight season of *O. formosanus* ranges between April and July, and reached a peak in June, which coincides with the peak of the first annual rainfall in Taiwan. This paper also discusses the possible adaptive significance of the association between rainfall and the dispersal flight of *O. formosanus*.

摘要

黑翅土白蟻 *Odontotermes formosanus* (Shiraki) (Isoptera: Termitidae) 為台灣平地與中低海拔山區最常見的白蟻，其成熟群體所產生有翅繁殖型在春末夏初進行婚飛，往昔文獻多為描述性生態紀錄，缺乏時間及空間分布之相關量化數值，且文獻提及之樣本數量少，因此無法藉此做更深入的分析。本研究的目的是將黑翅土白蟻至今的採集紀錄做數值化的系統性整理與分析，藉由整理文獻資料、鑑定標本館之蒐藏及野外採集三方面，建立其於時間與地理空間上的分布圖，並就相關議題提出討論，以作為往後研究之參考。收集近一百年間之文獻及標本資料，針對取得的 304 筆有效資料進行地理分布分析，發現黑翅土白蟻之分布由低海拔至高海拔遞減；由過去資料紀錄所研判之最高分布海拔為 1,568 公尺，而本研究實地野外採集所得之最高分布海拔為 1,173 公尺；有翅生殖型的採集紀錄共 59 筆，顯示婚飛季節為 4 至 7 月，高峰期在 6 月，與台灣每年的第一個降雨高峰重疊，本文並就婚飛與降雨的關聯初步討論可能的演化適應意義。

Key words: *Odontotermes formosanus*, alate, dispersal flight, distribution, rainfall

關鍵詞: 黑翅土白蟻、有翅生殖型、婚飛、地理分布、降雨量。

Full Text: [PDF \(0.63 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

黑翅土白蟻在台灣地理分布與婚飛季節

邱俊偉¹、李俊鋒²、楊曼妙^{1*}

¹ 國立中興大學昆蟲學系 40227 台中市南區國光路 250 號

² 美國佛羅里達大學昆蟲暨線蟲學系 羅德岱堡研究暨教育中心

摘要

黑翅土白蟻 *Odontotermes formosanus* (Shiraki) (Isoptera: Termitidae) 為台灣平地與中低海拔山區最常見的白蟻，其成熟群體所產生有翅繁殖型在春末夏初進行婚飛，往昔文獻多為描述性生態紀錄，缺乏時間及空間分布之相關量化數值，且文獻提及之樣本數量少，因此無法藉此做更深入的分析。本研究的目的是將黑翅土白蟻至今的採集紀錄做數值化的系統性整理與分析，藉由整理文獻資料、鑑定標本館之蒐藏及野外採集三方面，建立其於時間與地理空間上的分布圖，並就相關議題提出討論，以作為往後研究之參考。收集近一百年間之文獻及標本資料，針對取得的 304 筆有效資料進行地理分布分析，發現黑翅土白蟻之分布由低海拔至高海拔遞減；由過去資料紀錄所研判之最高分布海拔為 1,568 公尺，而本研究實地野外採集所得之最高分布海拔為 1,173 公尺；有翅生殖型的採集紀錄共 59 筆，顯示婚飛季節為 4 至 7 月，高峰期在 6 月，與台灣每年的第一個降雨高峰重疊，本文並就婚飛與降雨的關聯初步討論可能的演化適應意義。

關鍵詞：黑翅土白蟻、有翅生殖型、婚飛、地理分布、降雨量

前言

土白蟻屬 (*Odontotermes*) 隸屬於等翅目 (Isoptera)，白蟻科 (Termitidae) 之大白蟻亞科 (Macrotermitinae)，目前該屬含 189 種定名種 (Constantino, 2010)，廣泛分布於非洲與亞洲的熱帶地區 (Eggleton, 2000)，根

據往昔文獻記載，台灣等翅目有 17 種 (Tu, 1955; Chung and Chen, 1994; Tsai, 2003; Li *et al.*, 2009)，其中該屬僅有黑翅土白蟻 (*Odontotermes formosanus* (Shiraki)) 一種，為廣泛分布於琉球群島、台灣、中國南方及中南半島的物種。

黑翅土白蟻為地棲性白蟻 (subterranean

*論文聯繫人

Corresponding email: mmyang@nchu.edu.tw

termites)，其巢室在地底下，主巢室深度可達 0.99~3.72 公尺 (Huang, 2004)，黑翅土白蟻的社會結構由蟻后 (queen)、蟻王 (king)、職蟻 (worker) 及兵蟻 (soldier) 等階級所組成，當群體成熟時，巢內的部份幼蟲 (larva) 會發育成若蟲 (nymph)，之後再蛻皮成爲有翅繁殖蟻 (alate)，常在雨季時進行婚飛，故被稱爲大水蟻，其飛行距離可達 120~743 公尺 (Hu *et al.*, 2006)，落地後，有翅繁殖蟻會脫翅，成爲脫翅成蟻 (dealate)，同時找尋配偶及合適的築巢地點。

目前已知大白蟻亞科的昆蟲均會在巢內栽培真菌，白蟻用咬碎的木材或植物堆成的菌圃來培養真菌，再取食經真菌分解的植物基質、菌絲及無性孢子小球 (mycotêtes) 維生 (Rouland-Lefèvre, 2000)，真菌也依賴白蟻的照護而得以生存，真菌與白蟻間，形成緊密的共生關係，此類白蟻稱爲養菌白蟻 (fungus growing termites)，而共生真菌爲白蟻菌屬 (*Termitomyces*)。土白蟻屬的白蟻在地底下建立菌圃，真菌於地表長出的子實體，俗稱雞肉絲菇，在中國大陸俗稱端圓蟻巢傘或端圓雞菌，具有高營養成分 (Lin, 2006)。另外，有九種碳角菌屬 (*Xylaria*) 之真菌曾在台灣的黑翅土白蟻巢內發現 (Ju and Hsieh, 2007)，至於炭角菌屬、白蟻菌屬及黑翅土白蟻三者間的交互關係，目前仍不清楚。

就經濟層面而言，黑翅土白蟻不常危害木造建築 (Li, 2009)；但在農業方面，則對稻米、茶樹、果樹、甘蔗與桑樹等有危害的紀錄 (Tu, 1954; Yi, 1954; Liu, 1994; Wen *et al.*, 2002)；在中國南方，黑翅土白蟻爲水利工程的重要害蟲 (Huang, 2000; Ma *et al.*, 2006)，其會於土堤與水壩內挖掘通道與築巢，造成渠道與水庫滲漏，甚至潰堤等災害。

台灣的黑翅土白蟻研究，自 1909 年素木

得一命名以來，已有些許文獻描述其採集紀錄 (Oshima, 1912; Hozawa, 1915; Tu, 1955; Tsai, 2003; Huang, 2004)，但對其地理分布與婚飛季節的研究，僅作敘述性的推論，並未就時間及空間分布作數值化之系統性整理，本研究旨在統整與量化過去一百年來的採集紀錄，歸納其地理分布與婚飛季節，爲往後的黑翅土白蟻研究提供數值化的基本資料。

材料與方法

一、採集資訊之取得

(一) 採集野外樣品

於台灣本島各縣市進行採集，尋找黑翅土白蟻在樹幹、植物及倒伏樹木表面所築之泥道及泥板，輕剝開後，採集兵蟻及工蟻，或者用斧頭，劈開腐朽木進行採集。另外，因有翅繁殖型有趨光性，故搜尋道路沿線路燈或其他光源，藉以捕捉婚飛中的有翅繁殖型。取得之標本保存在濃度 70% 以上之酒精中，記錄採集日期、採集地點、採集方式及海拔高度等基本資訊，並依照 Shiraki (1909) 描述的黑翅土白蟻的各階級含工蟻、兵蟻及有翅繁殖型，進行種類與階級的確認與記錄。同一地點與時間，所採集的所有樣本，僅視爲一個資料點，野外採集共取得 153 筆資料點，包含李後鋒保存的 142 筆，存放於美國佛羅里達大學羅德岱堡研究暨教育中心，及邱俊禕擁有的 11 筆，存放於國立中興大學昆蟲學系昆蟲系統分類與演化研究室。

(二) 整理文獻資料

蒐集黑翅土白蟻採集紀錄的相關文獻，選取詳細的紀錄，包含標本編號、採集日期、採集地點及樣本階級 (工蟻、兵蟻、有翅繁殖型、蟻王、蟻后、若蟲)，1970 年以前所記錄的採集地點，使用台灣昆蟲採集新舊地名對照表

(Chu and Yamanaka, 1973, 1974, 1975) 進行查詢與翻譯，同一地點與時間的所有採集紀錄，僅視爲一筆資料，以此方式，共取得 148 個採集資料點，包含 Oshima (1912) 21 筆，Hozawa (1915) 26 筆，Tu (1955) 29 筆，Tsai (2003) 67 筆，Huang (2004) 5 筆，因文獻提供的資料常有殘缺之情形，若資料點缺乏樣本階級及採集日期，我們僅將此類資料用做地理分布，不納入婚飛季節的分析。

(三) 記錄標本館之蒐藏

根據 Shiraki (1909) 發表的黑翅土白蟻原始描述，依照標本的外部形態，作種類與階級的鑑定，若同一時間與地點所採集的樣本有重複，則取三個標本作檢查，並記載爲一筆資料，記錄採集者定義之標本編號、採集日期、採集地點及樣本階級，以此方式檢查國內主要標本蒐藏處所，共取得 26 筆採集資料點，包含國立自然科學博物館 10 筆與行政院農業委員會農業試驗所昆蟲標本館之標本收藏 16 筆資料。

二、資料處理

(一) 建立地理分布圖

由於從文獻資料與標本館蒐藏所得的採集地資訊，大多只有地名，缺乏經緯度資料，因此我們以採集地區的中心點代表該採集地，使用 Google Earth 軟體 (Version 5.1, Google, Inc., Mountain View, CA, USA) 來估計該中心點的經緯度與海拔高度，若採集地的範圍大於鄉、鎮級的行政區域，該筆資料則捨去不用 (共捨去 23 筆)。之後，將所有採集地經緯度資料，一共 304 筆匯入 Quantum GIS 軟體 (Version 1.3, Quantum GIS Development Team, 2010)，製作地理分布圖。

(二) 建立海拔分布圖

將上述 304 筆採集地海拔高度，以 100 公尺爲組距，利用 Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Corp., Redmond, WA, USA) 進行處理，製作海拔分布圖。

(三) 製作婚飛季節分布圖

以台灣爲地理單位，將過去有翅繁殖型的採集日期，一共 59 筆 (包含不同年份與地點之採集資料)，以月爲組距，利用 Microsoft Office Excel 2007 軟體，製作婚飛季節分布圖，而後下載中央氣象局全球資訊網 (<http://www.cwb.gov.tw/>) 提供之氣象站月平均雨量統計資料 (網站僅提供 1971~2000 年之 30 年統計資料)，以各氣象站之雨量統計資料作爲全島平均，繪製台灣的月平均雨量折線圖，並合併婚飛季節之柱狀分布圖。

結果與討論

一、地理分布與海拔分布

黑翅土白蟻在台灣具廣布性，台灣本島各縣市及澎湖縣，均有紀錄 (圖一)，但東部地區的採集紀錄少，台灣本島南部恆春半島地區則相當普遍。黑翅土白蟻由 Shiraki 於 1909 年以發現於台灣的標本用福爾摩沙作爲種小名命名，但之後於其他區域陸續有分布紀錄，因此並非台灣特有種，此種目前廣泛分布於中國南方各省 (Huang, 2000)、日本八重山列嶼的西表島與石垣島 (Yasuda *et al.*, 2000)、東南亞的泰國及緬甸 (Snyder, 1949)。但在台灣東南方僅九十公里遠、與恆春半島氣候相近的蘭嶼，卻不曾有黑翅土白蟻的採集紀錄 (Hozawa, 1915; Tu, 1955; Li *et al.*, 2008)，台灣與蘭嶼在過去 25 萬年內的冰河時期，沒有陸橋相連結 (Voris, 2000)，且土白蟻不易藉由人類活動傳播 (Gay, 1967)，推測這些特性可能降低黑翅土白蟻散播至蘭嶼島的機率，進



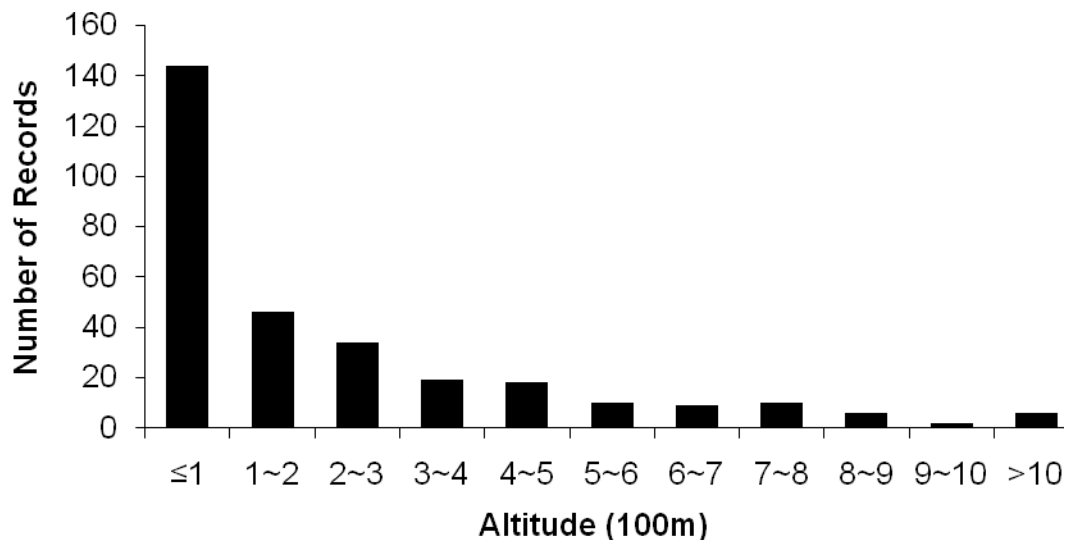
圖一 黑翅土白蟻於台灣之地理分布圖。

Fig. 1. The geographical distribution of *Odontotermes formosanus* (Shiraki) in Taiwan.

而影響其立足，至於蘭嶼島上的土壤性質與微環境氣候因子對黑翅土白蟻分布的影響則有待更進一步的研究。

目前統計黑翅土白蟻的採集紀錄，其中 47% 分布於 100 公尺以下，其餘分布由低海

拔至高海拔遞減（圖二），本研究根據文獻記載，由前述的地圖標定方式估測，黑翅土白蟻目前在台灣最高分布海拔為 1,568 公尺（於高雄縣桃源鄉藤枝），而根據我們田間實際測得最高分布海拔為 1,173 公尺（南投縣仁愛鄉



圖二 黑翅土白蟻於台灣之海拔分布圖。

Fig. 2. The altitude distribution of *Odontotermes formosanus* (Shiraki) in Taiwan.

霧社),此項落差可能源自前述採集地區的海拔變化較大,因此推估位置誤差較大。未來可加強高海拔地區之採樣以進一步釐清其分布。

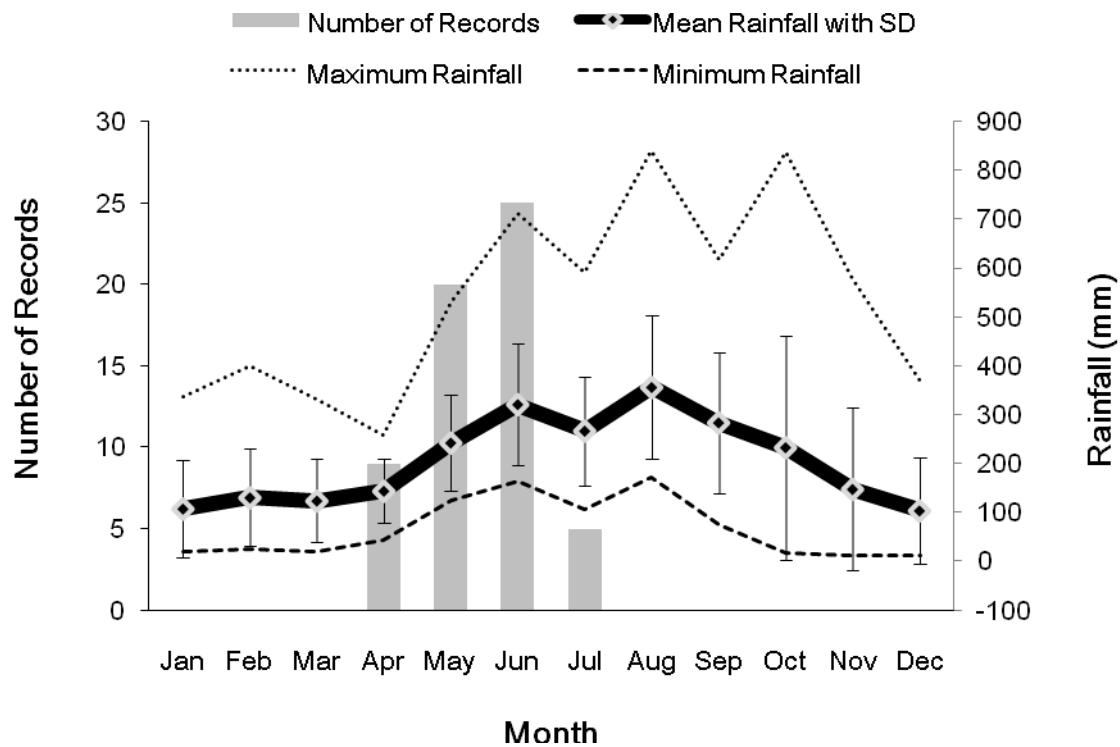
二、婚飛季節

研究資料顯示,台灣的黑翅土白蟻婚飛季節為每年四到七月,僅有一個高峰期,發生在六月。此項資料從過去百年中整理出的有效資料雖僅有 59 筆,但不論在 1950 年以前、1950~2000 年或 2000 年以後,這三個時段都有 4~7 月各月婚飛的紀錄,顯示結果具有高程度的代表性。其他種類之土白蟻如 *O. assmuthi* Holmgren 及 *O. obesus* (Rambur),其單一蟻巢之婚飛次數為每年一次,且每年之婚飛時間相當固定 (Nutting, 1969),至於黑翅土白蟻每個蟻巢每年婚飛的次數與個體數,仍需進一步研究。

白蟻婚飛的時間受氣溫、溼度、雨量、風速及海拔等氣候因素影響,而降雨及濕度一般

認為是最主要的因素 (Nutting, 1969),本文收集之資料僅取得中央氣象局於 1971 至 2000 年間各氣象站之統計資料,計算台灣各地降雨量之平均值,得知 4 至 7 月為台灣每年的第一個降雨高峰,與黑翅土白蟻婚飛時間之高峰重疊 (圖三),另外 Muhammad and Mohammad (1990) 研究顯示,當風速較小時 *O. guptai* 婚飛較盛,本文尚未能就此因子提出分析。

黑翅土白蟻的春季婚飛及降雨季節等氣候條件下婚飛的演化機制迄今仍不清楚,若由黑翅土白蟻與其食物鏈的上下層(被捕食及本身取食)的關係來看,或可提供部分線索。已知其有翅繁殖蟻之捕食者種類眾多,在地面上有爬蟲類、兩生類 (Mill, 1983)、蜘蛛、肉食性的膜翅目昆蟲如蟻科及細腰蜂科等,空中之捕食者有鳥類及蝙蝠 (Mill, 1983; Pavey *et al.*, 2001),且已知降雨為食蟲性蝙蝠飛行的負面因子 (Erickson and West, 2002),是否黑



圖三 台灣降雨量及黑翅土白蟻於台灣婚飛季節分布圖。
 Fig. 3. The rainfall distribution and the dispersal flight season of *Odontotermes formosanus* (Shiraki) in Taiwan.

翅土白蟻在雨季婚飛，與降低蝙蝠或其它天敵之捕食有相關，值得進一步探討。另一方面，Johnson *et al.* (1981) 與 Sieber (1983) 的研究發現三種土白蟻在婚飛時並未攜帶共生菌孢子，以致實驗室飼養時無法建立新族群，Korb and Aanen (2003) 並依此推論土白蟻屬的有翅繁殖蟻飛離母巢時並不攜帶孢子，而是在新巢建立後，由第一批成熟的工蟻，出巢採集其共生菌的有性型孢子回巢培育，此一共生系統的建立一般稱為平行傳播 (Korb and Aanen, 2003; De Fine Licht *et al.*, 2006)。而平行傳播者的婚飛時間及共生真菌長出子實體提供有性孢子的時間，需緊密配合，共生關係才得以延續 (Lepage and Darlington, 2000)。本研究所得台灣黑翅土白蟻之婚飛時

間為 4 至 7 月，與其共生真菌之子實體 (即雞肉絲菇)，在 5 至 8 月長出地表的時間 (Jeng, 1970)，可間接支持台灣黑翅土白蟻可能為平行傳播者的假說。另一方面，本文第一作者於 2010 年 5 月 23 日於中興大學將一個正在婚飛的黑翅土白蟻巢挖出，發現菌圃上之雞肉絲菇子實體正在形成，此一觀察提供支持黑翅土白蟻婚飛時間與共生真菌子實體之發生時間緊密的看法，唯仍需更多的研究證據才能驗證黑翅土白蟻與其共生菌是否確實以平行傳播建立新族群關係。

本研究歸納並分析目前台灣黑翅土白蟻的採集紀錄，提供其地理分布與婚飛季節的初步量化資料。未來可進一步做系統性的研究設計，選定多個海拔高度，由平地至山區，做等

面積的量化調查，優先選擇有完整氣候與植被相關資料的試驗地，以白蟻群體為單位，同時對氣候、植被、海拔、地形等影響白蟻分布及婚飛的因子，做綜合性的調查。

致 謝

由衷感謝國立自然科學博物館詹美鈴博士及行政院農業委員會農業試驗所李奇峰博士提供館藏標本作爲研究材料、國立中興大學昆蟲學系之系統分類與演化研究室成員們的協助。

引用文獻

- Chu, Y. I., and T. Yamanaka.** 1973. A check list of the present and old name of insect collected localities in Taiwan. *Ann. Nat. Taiwan Mus.* 16: 31-72.
- Chu, Y. I., and T. Yamanaka.** 1974. A check list of the present and old name of insect collected localities in Taiwan. *Ann. Nat. Taiwan Mus.* 17: 51-76.
- Chu, Y. I., and T. Yamanaka.** 1975. A check list of the present and old name of insect collected localities in Taiwan. *Ann. Nat. Taiwan Mus.* 18: 121-150.
- Chung, C. H., and C. S. Chen.** 1994. A review of Taiwanese termites (Insecta: Isoptera) with keys to adults and soldiers. *Yushania* 11: 193-203. (in Chinese)
- Constantino, R.** 2010. *Macrotermitinae, Odontotermes*. Retrieved April 15, 2010, from On-line termite database web site: <http://vsites.umb.br/ib/zoo/docente/constant/catalog/gen0875.html?gen=Odontotermes>
- De Fine Licht, H. H., J. J. Boomsma, and D. K. Aanen.** 2003. Presumptive horizontal symbiont transmission in the fungus-growing termite *Macrotermes natalensis*. *Naturwissenschaften* 90: 212-219.
- Eggleton, P.** 2000. Global patterns of termite diversity, pp. 25-51. *In:* T. Abe, D. E. Bignell, and M. Higashi, eds. *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Erickson, J. L., and S. D. West.** 2002. The influence of regional climate and nightly weather conditions on activity patterns of insectivorous bats. *Acta Chiropterologica* 1: 17.
- Gay, F. J.** 1967. A world review of introduced species of termites. *Aust. Res. Organ. Commonw. Sci. Ind. Bull.* 286: 1-88.
- Hozawa, S.** 1915. Revision of the Japanese Termite. *J. of the College of Sci.* 35: 102-119. (in Japanese)
- Hu, J., J. H. Jhong, J. Y. Huang, C. J. Li, and B. R. Liu.** 2006. Study of flying distance of *Odontotermes formosanus*. pp. 9-12. *In:* J. L. Huang, ed. *Proceedings of the Termitological Society Conference in Guangdong, 12-14 Dec 2006, Zhaoqing, Guangdong, China.* (in Chinese)
- Huang, F.** 2000. *Odontotermes formosanus*, pp. 566-568. *In:* F. Huang, S. Zhu, Z. Ping, X. He, G. Li, and D. Gao, eds.,

- Fauna Sinica, Insecta vol. 17: Isoptera. Science Press, Beijing, China. (in Chinese)
- Huang, C. H.** 2004. Nest and colony structure of *Odontotermes formosanus* (Isoptera: Termitidae). Master Thesis, Tunghai University, Taichung, Taiwan. (in Chinese)
- Jeng, S.** 1970. A Study on the Growth Habit of *Collybia albuminosa* (Berk.) Petch. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 16: 20-24. (in Chinese)
- Johnson, R. A., R. J. Thomas, T. G. Wood, and M. J. Swift.** 1981. The inoculation of the fungus comb in newly founded colonies of some species of the Macrotermitinae (Isoptera) from Nigeria. J. Nat. Hist. 15: 751-756.
- Ju, Y. M., and H. M. Hsieh.** 2007. *Xylaria* species associated with nests of *Odontotermes formosanus* in Taiwan. Mycologia 99: 936-957.
- Korb, J., and D. K. Aanen.** 2003. The evolution of uniparental transmission of fungal symbionts in fungus-growing termites (Macrotermitinae). Behav. Ecol. Sociobiol. 53: 65-71.
- Lepage, M., and J. Darlington.** 2000. Population dynamics of termites, pp. 333-361. In: T. Abe, D. E. Bignell, and M. Higashi, eds. Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Li, H. F.** 2009. Phylogeography, interspecific competition, and control of *Coptotermes formosanus* and *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Taiwan. Ph.D. Dissertation, University of Florida, Gainesville, U.S.A.
- Li, H. F., R. H. Scheffrahn, N. Y. Su, N. Kanzaki, and R. L. Yang.** 2008. Survey of the termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae) of Lanyu Island, Taiwan. Florida Entomol. 91: 472-473.
- Li, H. F., N. Kanzaki, and N. Y. Su.** 2009. Redescription of the drywood termite *Incisitermes inamurae* (Isoptera: Kalotermitidae) from southern Taiwan. Ann. Entomol. Soc. Am. 102: 759-765.
- Lin, Z. S.** 2006. Culture isolation and investigation of bioactivities from *Termitomyces eurhizus*. Master's Dissertation, Southern Taiwan University, Tainan, Taiwan. (in Chinese)
- Liu, T. C.** 1994. Pests on mulberry and its prevention. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan. (in Chinese)
- Ma, J. H., J. Q. Guo, Y. G. Gong, A. G. Lei, W. L. Lu, and Y. L. Qian.** 2006. Investigation of termite danger to reservoir embankments in Huzhou and its prevention. Zhejiang Hydrotechnics. 5: 46-51. (in Chinese)
- Mill, A. E.** 1983. Observations on Brazilian termite alate swarms and some structures used in the dispersal of reproductives (Isoptera: Termitidae). J. Nat. Hist. 17: 309-320.
- Muhammad, S. A., and M. S. Mohammad.**

1990. Impact of rainfall, atmospheric temperature and wind speed on swarming of termites (Isoptera). *Pakistan J. Zool.* 22: 65-79.
- Nutting, W. L.** 1969. Flight and colony foundation, pp. 233-282. *In*: K. Krishna, and F. M. Weesner, eds. *Biology of Termites I*. Academic Press, New York.
- Oshima, M.** 1912. The taxonomy and distribution of termites in Taiwan, pp. 54-94. *In*: M. Oshima, ed. *The Third Official Report on Termites*. Taiwan Stokufu, Taihoku, Japan. (in Japanese)
- Pavey, C. R., C. J. Burwell, J. E. Grunwald, C. J. Marshall, and G. Neuweiler.** 2001. Dietary benefits of twilight foraging by the insectivorous bat *Hipposideros speoris*. *Biotropica* 33: 670-681
- Quantum GIS Development Team.** 2010. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>
- Rouland-Lefèvre, C.** 2000. Symbiosis with fungi, pp. 289-306. *In*: T. Abe, D. E. Bignell, and M. Higashi, eds. *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Shiraki, T.** 1909. Japanese termites. *Trans. Entomol. Soc. Japan* 2: 229-242.
- Sieber, R.** 1983. Establishment of fungi comb in laboratory colony of *Macrotermes michaelseni* and *Odontotermes montanus* (Isoptera, Macrotermitinae). *Insectes Soc.* 30: 204-209.
- Snyder, T. E.** 1949. Catalog of the termites (Isoptera) of the world. *Smithson. Misc. Coll.* 112: 1-490.
- Tsai, C. C.** 2003. A taxonomic study of termite (Isoptera) from Taiwan. Ph.D. Dissertation, Tunghai University, Taichung. Taiwan.
- Tu, T.** 1954. Ecological supplement to a Formosan termite, *Capritermes (Capreitermes) nitobei* (Shiraki). *J. Formos. Med. Assoc.* 53: 225-235.
- Tu, T.** 1955. The termites of Formosa. *The Formos. Sci.* 9: 80-87.
- Voris, H. K.** 2000. Maps of Pleistocene sea levels in southeast Asia: shorelines, river systems and time durations. *J. Biogeogr.* 27: 1153-1167.
- Wen, H. C., F. M. Lu, H. H. Hsiou, and T. D. Liou.** 2002. Insects pests and their injuries and control on longan in southern Taiwan. *J. Agri. Res. China* 51: 56. (in Chinese)
- Yasuda, I., Y. Nakasone, K. Kinjo, and S. Yaga.** 2000. Morphology and distribution of termites in Ryukyu Islands and North and South Daiton Islands. *Jpn. J. Ent. (N.S.)* 3: 139-156. (in Japanese)
- Yi, X.** 1954. Termite problem in Taiwan. *J. Taiwan Bank.* 6: 241-266. (in Chinese)

收件日期：2010年6月14日

接受日期：2010年8月29日

The Geographical Distribution and the Dispersal Flight Season of *Odontotermes formosanus* (Isoptera: Termitidae) in Taiwan

Chun-I Chiu¹, Hou-Feng Li², and Man-Miao Yang^{1*}

¹ Department of Entomology, National Chung Hsing University, 250 Kuo Kuang Rd., Taichung 40227, Taiwan

² Department of Entomology and Nematology, Fort Lauderdale Research and Education Center, University of Florida, 3205 College Avenue, Ft. Lauderdale, FL 33314, USA

ABSTRACT

Odontotermes formosanus (Shiraki) has been mentioned as a common termite species in Taiwan, and its dispersal flight has been observed between late spring and early summer. However, these previous descriptions were generally based on a small amount of collection data from restricted geographical areas in one or a few years. In the present study we obtained collection data of *O. formosanus* in Taiwan by three methods, including field collections, examinations of museum specimens, and analyses of previous collection records in the literature. Latitude, longitude, and altitude were measured or estimated of all 304 collection sites, most of which were located in lowland areas. The highest altitudes of the collecting sites were 1,568 m and 1,173 m, based on the records in the literature and our field collection data, respectively. The dates for collecting the 59 alate samples show that the dispersal flight season of *O. formosanus* ranges between April and July, and reached a peak in June, which coincides with the peak of the first annual rainfall in Taiwan. This paper also discusses the possible adaptive significance of the association between rainfall and the dispersal flight of *O. formosanus*.

Key words: *Odontotermes formosanus*, alate, dispersal flight, distribution, rainfall