



# Formosan Entomologist

Journal Homepage: [entsocjournal.yabee.com.tw](http://entsocjournal.yabee.com.tw)

## Effects of Temperature, Humidity, and Nest Material on Respiratory Rates of *Odontotermes formosanus* Shiraki and *Reticulitermes flaviceps* Oshima 【Research report】

### 溫度、溼度、巢材對黑翅土白蟻與黃肢散白蟻呼吸速率之影響【研究報告】

Da-Yuan Lin and Wen-Jer Wu\*

林大淵、吳文哲\*

\*通訊作者E-mail: [wuwj@ccms.ntu.edu.tw](mailto:wuwj@ccms.ntu.edu.tw)

Received: 2002/10/23 Accepted: 2002/12/09 Available online: 2002/12/01

#### Abstract

Trace gases released by termites affect the constitution of trace gases in the atmosphere. Thus we should determine the effects of environmental factors on the respiratory rates of termites when presuming the gas production of termites via their respiratory rate. Effects of temperature, humidity, and nest materials on the respiratory rate of the termites *Reticulitermes flaviceps* Oshima and *Odontotermes formosanus* Shiraki were studied. The respiratory rate of *O. formosanus* was significantly higher than that of *R. flaviceps* under four constant temperatures. The respiratory rate was also influenced by humidity. In high humidity, the respiratory rate of *O. formosanus* was higher than that of *R. flaviceps*, but they did not significantly differ in low humidity. When termites were incubated with their intact nest materials in the incubation vessel, the respiratory rates of these two species rose significantly. However, screened or sterilized nest materials had negative effects on the respiratory rates of *O. formosanus*, indicating a relationship between termites and microbes in nest materials. Treatments of nest materials had no significant effects on *R. flaviceps*. Maybe the nest materials themselves can affect the respiratory rate of *R. flaviceps*.

#### 摘要

白蟻所排放的微量氣體會影響到大氣的微量氣體組成，因此在透過呼吸速率估算白蟻氣體排放量時，須注意不同的環境因子對白蟻呼吸速率的影響。本研究探討不同的溫度、溼度、巢材處理等因子，對於黃肢散白蟻 (*Reticulitermes flaviceps* Oshima) 及黑翅土白蟻 (*Odontotermes formosanus* Shiraki) 呼吸速率的影響。試驗結果顯示2種白蟻的呼吸速率皆隨溫度升高而提高，黑翅土白蟻的呼吸速率在各溫度下皆高於黃肢散白蟻。2種白蟻也會受到低溼度的影響而使呼吸速率降低，於高溼度環境下，黑翅土白蟻的呼吸速率較黃肢散白蟻高；但在低溼度的環境下，兩者的呼吸速率沒有差異。而在巢材的影響上，完整的巢材可提高此2種白蟻的呼吸速率，但隔離巢材及消毒巢材會使黑翅土白蟻的呼吸速率降低，顯示其與巢材上的微生物可能有密切的關係；而黃肢散白蟻對於巢材處理的反應並無明顯差異，顯示影響其呼吸速率的因子可能為巢材本身。

**Key words:** termites, respiratory rate, temperature, humidity, nest material

**關鍵詞:** 白蟻、呼吸速率、溫度、溼度、巢材

Full Text: [PDF \(0.99 MB\)](#)

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

# 溫度、溼度、巢材對黑翅土白蟻與黃肢散白蟻呼吸速率之影響

林大淵 吳文哲\* 國立台灣大學昆蟲學系 106 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號

## 摘要

白蟻所排放的微量氣體會影響到大氣的微量氣體組成，因此在透過呼吸速率估算白蟻氣體排放量時，須注意不同的環境因子對白蟻呼吸速率的影響。本研究探討不同的溫度、溼度、巢材處理等因子，對於黃肢散白蟻 (*Reticulitermes flaviceps* Oshima) 及黑翅土白蟻 (*Odontotermes formosanus* Shiraki) 呼吸速率的影響。試驗結果顯示 2 種白蟻的呼吸速率皆隨溫度升高而提高，黑翅土白蟻的呼吸速率在各溫度下皆高於黃肢散白蟻。2 種白蟻也會受到低溼度的影響而使呼吸速率降低，於高溼度環境下，黑翅土白蟻的呼吸速率較黃肢散白蟻高；但在低溼度的環境下，兩者的呼吸速率沒有差異。而在巢材的影響上，完整的巢材可提高此 2 種白蟻的呼吸速率，但隔離巢材及消毒巢材會使黑翅土白蟻的呼吸速率降低，顯示其與巢材上的微生物可能有密切的關係；而黃肢散白蟻對於巢材處理的反應並無明顯差異，顯示影響其呼吸速率的因子可能為巢材本身。

**關鍵詞：**白蟻、呼吸速率、溫度、溼度、巢材

## 前言

白蟻為森林生態系中重要的分解者，主要取食森林底層的枯枝落葉以及土壤中的腐殖質，許多在熱帶地區的研究也顯示，白蟻是熱帶地區土壤中生物量最高的生物類群 (Lawton *et al.*, 1996)，對於生態系中的物質循環有重要的影響。近年的研究則發現白蟻釋出的大量二氧化碳以及甲烷等微量氣體，對於大氣中的微量氣體組成有明顯的影響，因此開始嘗試估算白蟻的全球生物量以及氣體排放

量 (Zimmerman *et al.*, 1982)，但因含有太多的誤差，目前尚無法確定白蟻對大氣的微量氣體組成的影響。

其實白蟻的呼吸測定研究於 1910 年代初就已經開始，但受限於儀器而沒有深入，爾後有許多研究探討森林裡的分解者對生態系的重要性，進而開始研究其消化生理及呼吸代謝等主題，注意到白蟻所排放的微量氣體對大氣組成的影響 (Peakin and Josens, 1978; Wood and Sands, 1978)，並估算全球白蟻的氣體排放量。不過因為缺乏大部分白蟻種類的

\*論文聯繫人  
e-mail: wuwj@ccms.ntu.edu.tw

基礎研究，再加上不同的環境因素使得變因更加複雜，因此部份學者便開始往環境條件對白蟻的影響加以探討(Wheeler *et al.*, 1996; Bignell *et al.*, 1997)。

除了白蟻種類的不同和白蟻全球生物量的估算方法不同，造成氣體排放量估算的差異外，以往所採行的溫度、溼度等條件也不盡一致，且將白蟻獨立放在試驗環境中，所得呼吸測定數據可能無法呈現白蟻在自然環境中的真實情況(Bignell *et al.*, 1997)。因此本研究以不同的溫度、溼度、巢材(nest material)處理等試驗條件，來測定並比較習性和食性不同的高等白蟻(higher termites)與低等白蟻(lower termites)在呼吸速率上的差異，以探討環境條件對白蟻呼吸速率的影響，以及在測定白蟻呼吸速率和氣體排放量上應注意的誤差。

## 材料與方法

### 一、供試蟲源及飼養

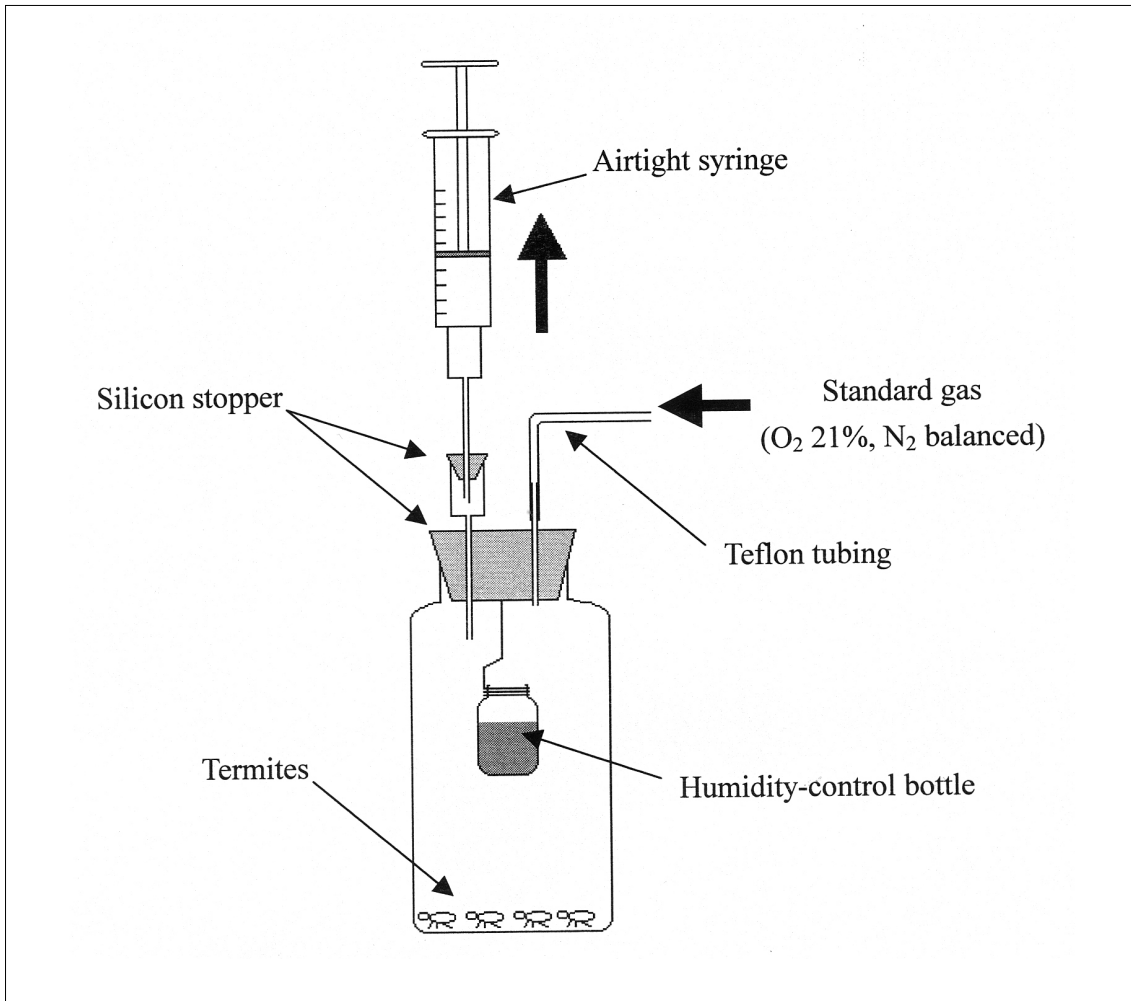
本試驗之對象為等翅目(Isoptera)、白蟻科(Termitidae)的黑翅土白蟻(*Odontotermes formosanus*)；以及鼻白蟻科(Rhinotermitidae)的黃肢散白蟻(*Reticulitermes flaviceps*)，兩者分別為福山植物園區內優勢的高等及低等白蟻。二種白蟻皆在福山植物園區內採集，採集時將白蟻連同枝條一起帶回試驗室中，以線鋸、手斧將木材初步分解後，再以鑷子及毛刷將白蟻挑出。挑出的白蟻置於直徑 9 cm 的玻璃培養皿中，培養皿內事先放入 3 張濾紙，並以蒸餾水將濾紙充分潤濕，然後以吸水紙吸去多餘的水分。由於白蟻在培養皿中會不斷地沿著培養皿周圍移動，因此需加入其巢材，讓白蟻聚集在巢材周圍並減少活動程度，以維持白蟻的族群穩定。待白蟻全部自木

材取出後，以鋁箔紙將整個培養皿完全包覆，並置入 25°C、全暗的生長箱中備用。採集所得的木材需保留部份作為巢材試驗用，黃肢散白蟻的巢位於朽木中，因此其巢材為其取食的木材，而黑翅土白蟻的巢位於土壤中無法取得主巢，故以其取食的枝條作為其巢材，巢材皆取自白蟻活動的通道或腔室周圍的木材及土壤。為避免白蟻對來自不同蟻巢之巢材有排斥或警戒等反應，在培養白蟻及巢材試驗中所用之巢材皆分別由各巢取得。

### 二、氣體採樣與分析

以 100 ml 之血清瓶作為試驗時盛裝白蟻的培養瓶，整個培養瓶外圍以鋁箔紙包覆至瓶口，開口處皆以矽膠塞密封(圖一)。試驗前以標準空氣(O<sub>2</sub> 21%, N<sub>2</sub> balanced)置換培養瓶內的氣體，置換約 2 分鐘後將溼度控制瓶置入，然後置入生長箱中至少 3 小時以讓瓶內溼度達到所需溼度。試驗開始將白蟻置入培養瓶後，先在生長箱內靜置 30 分鐘後才開始抽取氣體，分別在第 0、2、4、6 小時抽取各組培養瓶內 1 ml 的氣體進行分析，各組培養瓶在第 6 小時氣體分析完成後，便立即將白蟻取出秤重，並計算死亡率，若該組白蟻的死亡率超過 15%，則該組數據不列入計算結果中。

取得之氣體以氣相層析儀(gas chromatography, Shimano GC-14B)以及積分儀(C-R8A)來進行分析，氣體分析部分則是以熱導偵檢器(thermal conductivity detector, TCD)來進行氣體分析，分析對象為氧氣及二氧化碳，氣相層析儀之分析條件為：carrier gas 為氦氣(He)；column 70°C；injector 70°C；detector 100°C；TCD oven 100°C；and current 90 mA。兩種氣體分析時間皆為 6 分鐘，採不加溫程式運作。試驗前以二氧化碳及氧氣的標準氣體進行校正(CO<sub>2</sub>



圖一 試驗器材配置圖。

Fig. 1. Scheme for determination of respiratory rates of termites.

321 ppm; O<sub>2</sub> 21%, N<sub>2</sub> balanced), 試驗分析結果則以積分儀內預設之最小平方法校正。由於試驗中抽出氣體會導致培養瓶內的氣體減少, 因此以鐵弗龍管連接培養瓶和灌入標準空氣的氣密針筒, 補充等量的標準空氣, 維持培養瓶內的壓力穩定 (圖一)。

### 三、試驗因子之調控與分析

#### (一)溫度

試驗的溫度是以生長箱調控, 以 15、20、25、30°C 為不同溫度條件, 並以溼度控制瓶將各培養瓶內的溼度控制在 95% RH 以上、全暗的環境, 每個白蟻培養瓶中置入約 0.3 g 的白蟻 (黃肢散白蟻約為 180 隻; 黑翅土白蟻約為 80 隻), 各溫度下設置 4 組重複, 再按氣體採樣與分析之步驟進行分析。

#### (二)溼度

試驗中以溼度控制瓶來調整白蟻培養瓶

內的溼度，此法是根據 Winston and Bates (1960) 提出的溼度控制法採用五氧化二磷 ( $P_2O_5$ )、氯化鋰 (LiCl)、氯化鈉 (NaCl)、硫酸鉀 ( $K_2SO_4$ ) 等 4 種化學物質來控制溼度。其中五氧化二磷以粉末的形式裝入溼度控制瓶中，後 3 者則以其飽和溶液，以上之化學物質可將瓶內的相對溼度分別維持在 0、12.5 ± 1、75 ± 1 及 95% RH 以上。使用時將粉末或飽和溶液裝入 10 ml 的試管瓶中作為溼度控制瓶，以鉛線將溼度控制瓶固定於矽膠塞下方，置入培養瓶後便可調整培養瓶內的溼度。各溼度下設置 4 個重複，試驗前分別於各培養瓶中置入約 0.3 g 的白蟻，試驗條件維持在 25 °C、全暗的環境下，之後則依照氣體採樣與分析步驟進行 6 小時的氣體分析試驗。

### (三) 巢材處理

在部分往昔研究中認為巢材和生活於巢材內的微生物與白蟻有交互作用，而其影響則隨白蟻種類不同而異，因此在本試驗中即以 Bignell *et al.* (1997) 的方法，即消毒過的巢材、未經處理的巢材、隔離的巢材分別加入白蟻進行試驗，並與前述未加入巢材的試驗結果比較，來檢驗受試的 2 種白蟻與其巢材間是否有交互作用存在。巢材的消毒是將所需的巢材浸泡在丙酮溶液中約 1 小時，然後分別取出各組巢材，置於 90 °C 的烘箱中烘乾 24 小時；巢材的隔離則是將巢材裝入以兩層的細紗網袋中，外置兩層細紗網可防止白蟻在試驗中咬穿網袋而接觸到巢材。試驗中各組的白蟻重量約為 0.3 g，而 3 種巢材則皆取 0.5 g，分別置入各組培養瓶中，試驗條件維持在 25 °C、95% RH 以上、全暗的環境，之後則依照氣體採樣與分析步驟進行 6 小時的氣體分析試驗。

### (四) 統計分析

試驗中以變方分析法來檢驗各變因間是否有差異，而各項變因的顯著性比較是採用

Scheffe's method 檢驗 (Lindman, 1992)，各處理均值比較之顯著水準  $\alpha = 0.01$ 。

## 結 果

本試驗擬在白蟻呼吸速率穩定的狀態下進行比較，因此抽取氣體前將白蟻靜置 30 分鐘是為了解受試白蟻回到穩定的狀態，並以 2 小時為單位將整個試驗劃分為 3 個時段，以檢驗白蟻在試驗的不同期間內的呼吸速率是否穩定。以成對 t 值檢定法 (paired *t*-test) 比較試驗的所有的原始數據後，發現 2 種白蟻在 0-2 小時的呼吸速率會明顯高於第 2-4 及第 4-6 小時的呼吸速率 ( $P < 0.05$ )，顯示前 2 小時的試驗中可能還是有人為操作或其他因素的影響存在，試驗前靜置 30 分鐘的做法似乎仍無法避免此影響。故在本試驗中將前 2 小時的數據視為受影響的數據並棄卻，以第 2-6 小時的數據進行下列各項因子的分析，以避免過大的誤差影響試驗結果。

### (一) 溫度對白蟻呼吸速率之影響

白蟻的呼吸速率是以每小時每克生物量所消耗或生成的氣體單位來表示 ( $\%g^{-1}h^{-1}$ )。在 4 種溫度下，2 種白蟻在 6 小時的呼吸測定中，黃肢散白蟻與黑翅土白蟻在各溫度下的二氧化碳生成及氧氣消耗速率如表一所示，在環境溫度不斷提高後，2 種白蟻的二氧化碳生成速率以及氧氣消耗速率皆隨之提高，且黑翅土白蟻在不同溫度下的二氧化碳生成速率及氧氣消耗速率皆有明顯的差異 (Scheffe's method,  $P < 0.01$ )。黃肢散白蟻在 20 及 25 °C 間的呼吸速率並沒有差異，其餘溫度則有明顯差異 ( $P < 0.01$ )。由此顯示溫度對於 2 種白蟻之呼吸速率有明顯的影響。在 95% RH 以上的環境中，黑翅土白蟻在各溫度下的二氧化碳生成速率及氧氣消耗速率皆明顯高於黃肢散白蟻 ( $P <$

0.01)。

(二)溼度對白蟻呼吸速率之影響

在約 95%和 75% RH 的環境中，2 種白蟻的呼吸速率會明顯高於另外兩個低溼度的組別 ( $P < 0.01$ )，且黑翅土白蟻的呼吸速率明顯高於黃肢散白蟻 ( $P < 0.01$ )；在 12.5 和 0% RH 的環境中，黃肢散白蟻的呼吸速率皆高於黑翅土白蟻，不過並沒有顯著的差異 (表二、表三)。2 種白蟻的結果相較之下，黑翅土白蟻對於溼度改變的反應較大，在低溼度的環境下，其呼吸速率約可降低為高溼度環境下的二分之一。

(三)巢材對白蟻呼吸速率之影響

本試驗中以隔離的巢材、完整的巢材、消毒的巢材分別加入白蟻作為試驗組，並以不加

入巢材的組別作為對照組，結果顯示黃肢散白蟻與黑翅土白蟻對於其巢材的反應並不一致 (表四)。由於 2 種白蟻在習性和食性上有差異，因此不能比較巢材對這 2 種白蟻的影響，需將二者分開討論。

黃肢散白蟻在加入任一種處理的巢材後，其呼吸速率皆有提高，提供完整巢材的組別與對照組有明顯差異 ( $P < 0.01$ )，其餘各組兩兩間沒有明顯差異。黑翅土白蟻的試驗結果則較為複雜，完整巢材組的呼吸速率明顯高於隔離以及消毒巢材組 ( $P < 0.01$ )，對照組的呼吸速率明顯高於消毒組 ( $P < 0.01$ )，隔離組的呼吸速率雖高於消毒組的呼吸速率，不過並沒有顯著差異。

表一 兩種白蟻在 4 種不同溫度下的二氧化碳生成速率與氧氣消耗速率( $\%g^{-1}h^{-1}$ ) (mean  $\pm$  SD)

Table 1. Carbon dioxide production rates and  $O_2$  consumption rates ( $\%g^{-1}h^{-1}$ ) of *Reticulitermes flaviceps* and *Odontotermes formosanus* under four different temperatures (mean  $\pm$  SD)

Temperature ( $^{\circ}C$ )	<i>Reticulitermes flaviceps</i>		<i>Odontotermes formosanus</i>	
	$CO_2$	$O_2$	$CO_2$	$O_2$
15	0.057 $\pm$ 0.018 a	0.060 $\pm$ 0.023 a	0.071 $\pm$ 0.019 a	0.065 $\pm$ 0.003 a
20	0.120 $\pm$ 0.035 b	0.125 $\pm$ 0.033 b	0.136 $\pm$ 0.014 b	0.133 $\pm$ 0.011 b
25	0.163 $\pm$ 0.024 b	0.162 $\pm$ 0.021 b	0.209 $\pm$ 0.015 c	0.217 $\pm$ 0.019 c
30	0.332 $\pm$ 0.041 c	0.315 $\pm$ 0.047 c	0.342 $\pm$ 0.033 d	0.326 $\pm$ 0.019 d

Means within a column followed by the same letter do not significantly differ at the 1% level by least significant difference (Scheffe's method).

表二 25 $^{\circ}C$ 、4 種不同溼度下，2 種白蟻的二氧化碳生成速率( $\%g^{-1}h^{-1}$ ) (mean  $\pm$  SD)

Table 2. Carbon dioxide production rates ( $\%g^{-1}h^{-1}$ ) of *Reticulitermes flaviceps* and *Odontotermes formosanus* at 25 $^{\circ}C$  and four different humidities (mean  $\pm$  SD)

Relative humidity (% RH)	<i>Reticulitermes flaviceps</i>	<i>Odontotermes formosanus</i>
0	0.092 $\pm$ 0.005 b	0.082 $\pm$ 0.004 b
12.5	0.110 $\pm$ 0.008 b	0.094 $\pm$ 0.004 b
75	0.176 $\pm$ 0.027 a	0.205 $\pm$ 0.015 a
95	0.168 $\pm$ 0.023 a	0.209 $\pm$ 0.015 a

Means within a column followed by the same letter do not significantly differ at the 1% level by least significant difference (Scheffe's method).

表三 25°C、4種不同溼度下，2種白蟻的氧氣消耗速率(%g<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) (mean ± SD)

Table 3. Oxygen consumption rates (%g<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) of *Reticulitermes flaviceps* and *Odontotermes formosanus* at 25°C and four different humidities (mean ± SD)

Relative humidity (% RH)	<i>Reticulitermes flaviceps</i>	<i>Odontotermes formosanus</i>
0	0.092 ± 0.003 b	0.081 ± 0.005 b
12.5	0.110 ± 0.006 b	0.095 ± 0.002 b
75	0.178 ± 0.022 a	0.194 ± 0.020 a
95	0.176 ± 0.024 a	0.217 ± 0.019 a

Means within a column followed by the same letter do not significantly differ at the 1% level by least significant difference (Scheffe's method).

表四 不同巢材處理對2種白蟻呼吸速率之影響

Table 4. The influence of four nest material treatments on respiration rates (%g<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) of *Reticulitermes flaviceps* and *Odontotermes formosanus* (mean ± SD)

Nest material treatment	<i>Reticulitermes flaviceps</i>		<i>Odontotermes formosanus</i>	
	CO <sub>2</sub> production rates	O <sub>2</sub> consumption rates	CO <sub>2</sub> production rates	O <sub>2</sub> consumption rates
None	0.163 ± 0.023 b	0.152 ± 0.026 b	0.209 ± 0.015 ab	0.217 ± 0.019 ab
Screened	0.201 ± 0.015 ab	0.195 ± 0.013 ab	0.188 ± 0.015 bc	0.182 ± 0.013 bc
Intact	0.219 ± 0.010 a	0.214 ± 0.015 a	0.245 ± 0.017 a	0.244 ± 0.020 a
Sterilized	0.188 ± 0.014 ab	0.188 ± 0.018 ab	0.164 ± 0.012 c	0.156 ± 0.016 c

Means within a column followed by the same letter do not significantly differ at the 1% level by least significant difference (Scheffe's method).

## 討 論

本試驗結果顯示，不同的溫度下黃肢散白蟻和黑翅土白蟻的呼吸速率有明顯的變化，顯示環境溫度對於其呼吸速率有明顯的影響，2種白蟻在 30°C時的二氧化碳生成速率與氧氣消耗率大幅提高，因此在估算白蟻的呼吸速率時，就必須考慮到試驗溫度所造成的影響。除此之外，白蟻能夠對其生活的環境進行有限度的調節。但隨種類的不同，此種調節能力也有不同 (Peakin and Josens, 1978)。因此試驗前的培養溫度對試驗的結果也可能造成影響，例如 Davis and Kamble (1994) 發現其

實驗室內飼養的 *Reticulitermes flavipes* 於 10°C的環境中培養 10 到 30 天後，工蟻在 0°C下的死亡率會隨著培養時間的增長而減少，不過短時間的低溫培養並不會提高其對低溫的耐受能力。而在其試驗中也提到不同季節所採集的白蟻，對低溫的耐受能力並不同。在本試驗的處理過程中，白蟻必須先挑出並放置在試驗溫度下 12 小時，若就上述的試驗而言，應不至對白蟻產生溫度的馴化作用，但季節性的差異和 2種白蟻各自的最適溫度範圍便有可能對試驗結果造成影響。

大多數的白蟻生活在相對溼度較高且恆定的環境中，而就生態上的觀點而言，相對溼

度對於白蟻也是一種限制因子，因為呼吸作用為使氣孔開合，因此便成為水分散失的主要途徑，因此在低溼度的環境下，許多昆蟲為了要避免水分散失，其呼吸速率便會降低 (Edney, 1977)，不過在某些種類的木白蟻中，因為其適應較乾燥的生活，且其水分來源為代謝水，因此在相對溼度較低的環境中，其呼吸速率反而有相對提高的情形 (Jindra and Sehnal, 1990)。在本試驗中，黃肢散白蟻屬於濕木白蟻(damp-wood termites)，因此當溼度大幅降低時(12.5% RH 以下)，其呼吸速率就會明顯降低，在許多往昔的研究中皆認為是為了要減少呼吸時的水分散失。不過試驗結果顯示黑翅土白蟻對於溼度降低的反應較為強烈，推測可能是因為黃肢散白蟻的生活環境為地表的枯枝及朽木上，此種環境在溼度上容易有較大的變動，因此推論黃肢散白蟻對短期的環境變化有較大的忍受能力。

一般進行呼吸測定時多讓生物個體單獨受試，可避免許多不必要的干擾產生，不過就白蟻而言，蟻巢巢材對個體的意義十分複雜。試驗中黃肢散白蟻在加入不同處理之巢材後其呼吸率皆有提高的情形，由於黃肢散白蟻的蟻巢是建立在倒木、枯枝內，並以之為食，因此巢材對黃肢散白蟻而言是直接的食物供應處，試驗完成亦發現黃肢散白蟻在培養瓶內已築有大小不等的通道，再加上消毒的巢材對黃肢散白蟻而言沒有明顯的影響，因此推論巢材對於黃肢散白蟻應是一個主要的影響因子，巢材的存在可能會引起工蟻開始構築蟻道，或等同於食物而開始進食，而使得黃肢散白蟻的呼吸率提高，顯示巢材對於黃肢散白蟻的影響主要是來自於巢材本身。完整的巢材會使得黑翅土白蟻的呼吸速率明顯提高，而隔離或消毒的巢材反而使黑翅土白蟻的呼吸速率明顯低於對照組，顯示黑翅土白蟻可能與巢材內的微生

物有密切的關係，在去除或隔離這些微生物影響後，白蟻本身的呼吸速率反而降低。巢材對於白蟻也有一定程度之影響，而隔離巢材和完整巢材對於白蟻的影響最大，且在由以上的結果可推論，巢材的存在與否並非影響黑翅土白蟻呼吸速率的關鍵。

本試驗與 Bignell *et al.* (1997)所得到的結果大致類似，不過在其研究中也發現有些白蟻種類的巢房本身就會釋出少量的二氧化碳，而有些試驗結果也發現與真菌共生的白蟻種類，其菌圃的呼吸量甚至大過白蟻(Wood and Sands, 1978)。不過本試驗中所採集的黑翅土白蟻巢材並非其巢房，而是其取食的木材，以及木材內部由白蟻堆積的黏土，並未包含所取食的真菌，但黃肢散白蟻的巢材也是其食物來源，因此兩者無法做明確的巢材影響的比較，也因黑翅土白蟻與其食物隔離，所以黑翅土白蟻的結果可能與實際的情況會有差異。

在許多的研究都指出白蟻的巢房內有大量的微生物，這些微生物與白蟻間的關係僅有少數被提及，因此無法完整的釐清白蟻、巢材與巢材內的微生物三者間的關係。由試驗結果顯示，黑翅土白蟻的呼吸速率會因為處理的不同而有顯著差異，其中加入完整巢材後會使其呼吸速率大於對照組，因此巢材本身及其含有之微生物都有可能刺激白蟻提高呼吸速率，不過消毒的巢材以及隔離的巢材都使得黑翅土白蟻的呼吸速率明顯下降，因此推論可能的原因是巢材中的微生物對於黑翅土白蟻的影響較大，而巢材本身並非影響其呼吸速率的主要因素。

除了上述因子外，也應考慮試驗操作過程所可能存在的試驗誤差，因為試驗過程的誤差可能會讓真正的訊息無法顯現，在 Bignell *et al.* (1997)的試驗中，其試驗方法是在野外採集白蟻後，迅速挑出並靜置約 30 分鐘即開始



進行氣體分析的試驗，而在其他的研究 (Wheeler *et al.*, 1996; Nunes *et al.*, 1997) 中的試驗方法也沒有討論到試驗過程對白蟻的影響。在本試驗中則反映出未 4 小時的結果與原先 6 小時之分析結果有部分差異，顯示試驗過程對於白蟻的呼吸速率可能會造成一定程度的影響。

## 誌 謝

本研究承蒙國科會計劃(計畫編號：NSC 89-2621-B-002-048-A10 及 NSC 89-2621-B-002-021)之經費補助，才得以順利完成，特此誌謝。

## 引用文獻

- Bignell, D. E., P. Eggleton, L. Nunes, and K. L. Thomas.** 1997. Termites as mediators of carbon fluxes 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.
- Davis, R. W., and S. T. Kamble.** 1994. Low temperature effects on survival of the eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Environ. Entomol.* 23: 1211-1214.
- Edney, E. B.** 1977. *Water Balance in Land Arthropods*. Springer-Verlag, Berlin. 282 pp.
- Jindra, M., and F. Sehnal.** 1990. Linkage between diet humidity, metabolic water production and heat dissipation in the larvae of *Galleria mellonella*. *Insect Biochem.* 20: 389-395.
- Lawton, J. H., D. E. Bignell, and G. F. Bloemers.** 1996. Carbon flux and diversity of nematodes and termites in Cameroon forest soils. *Biodivers. Conserv.* 5: 261-273.
- Lindman, H. R.** 1992. *Analysis of Variance in Experimental Designs*. Springer-Verlag, New York. 531 pp.
- Nunes, L., D. E. Bignell, N. Lo, and P. Eggleton.** 1997. On the respiratory quotient (RQ) of termites (Insecta: Isoptera). *J. Insect Physiol.* 43: 749-758.
- Peakin, G. J., and G. Josens.** 1978. Respiration and energy flow. pp. 111-163. *In*: M. V. Brian, ed. *Production Ecology of Ants and Termites*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 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.
- Winston, P. W., and D. H. Bates.** 1960. Saturated solution for the control of humidity in biological research. *Ecology* 41: 232-237.
- Wood, T. G., and W. A. Sands.** 1978. The role of termites in ecosystems. pp. 245-292. *In*: M. V. Brian, ed. *Production Ecology of Ants and*

Termites. Cambridge University  
Press, Cambridge, UK.

**Zimmerman, P. R., J. P. Greenberg, S. O.**

**Wandiga, and P. J. Crutzen.** 1982.

Termites, a potentially large source

of atmospheric methane. *Science* 218:  
563-565.

收件日期：2002年10月23日

接受日期：2002年12月9日

# Effects of Temperature, Humidity, and Nest Material on Respiratory Rates of *Odontotermes formosanus* Shiraki and *Reticulitermes flaviceps* Oshima

Da-Yuan Lin and Wen-Jer Wu<sup>\*</sup> Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, R.O.C.

## ABSTRACT

Trace gases released by termites affect the constitution of trace gases in the atmosphere. Thus we should determine the effects of environmental factors on the respiratory rates of termites when presuming the gas production of termites via their respiratory rate. Effects of temperature, humidity, and nest materials on the respiratory rate of the termites *Reticulitermes flaviceps* Oshima and *Odontotermes formosanus* Shiraki were studied. The respiratory rate of *O. formosanus* was significantly higher than that of *R. flaviceps* under four constant temperatures. The respiratory rate was also influenced by humidity. In high humidity, the respiratory rate of *O. formosanus* was higher than that of *R. flaviceps*, but they did not significantly differ in low humidity. When termites were incubated with their intact nest materials in the incubation vessel, the respiratory rates of these two species rose significantly. However, screened or sterilized nest materials had negative effects on the respiratory rates of *O. formosanus*, indicating a relationship between termites and microbes in nest materials. Treatments of nest materials had no significant effects on *R. flaviceps*. Maybe the nest materials themselves can affect the respiratory rate of *R. flaviceps*.

**Key words:** termites, respiratory rate, temperature, humidity, nest material