



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Development of Eggs, Larvae and Pupae of *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera:Culicidae) 【Research report】

白線斑蚊卵、幼蟲及蛹之發育【研究報告】

Shae-Jinn Lee
李學進

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1993/11/16 Available online: 1994/03/01

Abstract

Most eggs of the tiger mosquito, *Aedes albopictus* (Skuse), when kept in wet conditions, would hatch within 5 to 7 days after oviposition. Both of egg and pupal durations were shortened with increasing temperatures from 15 to 36°C but the fastest larval development was found at 32°C. Based on both developmental rate and survival rate, the optimal temperatures ranged from 28 to 32°C. At 28°C, it took 4.4 days for about 91.6% of newly laid eggs to hatch into larvae. Larvae required an average of 5.7 days for development, while pupal duration was 2 days. The development from egg to adult took an average of 12.1 days. The estimate of low developmental threshold and thermal summation for larvae was 10.37°C and 105.26 degree-days, respectively. Developmental durations of *Aedes albopictus* larvae from different hatch groups in the same batch of eggs differed significantly. The later the larvae emerged, the higher mortality was observed. Developmental duration of larvae prolonged and mortality increased with ascending larval densities under a constant space and food supply. Larvae developed significantly slower under collective rearing than the single larva rearing. Mixed rearing of *Aedes albopictus* with *Aedes aegypti* delayed the development of *Aedes albopictus* larvae. Development of *Aedes albopictus* larvae was slower than that of *Aedes aegypti* larvae under various experimental conditions.

摘要

於28°C生長箱中，保濕之白線斑蚊卵，大多集中在產卵後5-7日內孵化。在供試之溫度15-36°C範圍中，卵期與蛹期均隨溫度之升高而縮短，幼蟲則以在32°C下之發育為最快，若同時考量發育速率與存活率時，則白線斑蚊之發育最適溫在28至32°C之間。於28°C下，白線斑蚊之卵期、幼蟲期及蛹期依次為4.4日、5.7日及2日；由卵至成蟲發育所需時間平均為12.1日。幼蟲之發育臨界低溫及總積溫估值各為10.37°C及105.26日度。來自同一批卵但不同時孵化之幼蟲，其發育期之間具有顯著之差異性，且愈晚孵化之幼蟲，其死亡率愈高。於固定之空間及食物下，幼蟲隨幼蟲飼育密度之增高其發育期顯著增長，而死亡率亦相對提高。集體飼育下，幼蟲之發育較單隻飼育者為慢；與埃及斑蚊混合飼育時，因埃及斑蚊之存在而減緩白線斑蚊幼蟲之發育。於室內定溫及室外變溫之環境中，白線斑蚊之發育均較埃及斑蚊為慢。在田間網室試驗中，此兩種斑蚊之幼蟲期，於混合飼育與單種飼育下均有相當之差異。

Key words: *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti*, development, temperature.

關鍵詞: 白線斑蚊、埃及斑蚊、發育、溫度。

Full Text:  [PDF\(2.14 MB\)](#)

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

白線斑蚊卵、幼蟲及蛹之發育

李學進 國立中興大學昆蟲學系 臺中市國光路 250 號

摘要

於 28°C 生長箱中，保濕之白線斑蚊卵，大多集中在產卵後 5~7 日內孵化。在供試之溫度 15~36°C 範圍中，卵期與蛹期均隨溫度之升高而縮短，幼蟲則以在 32°C 下之發育為最快，若同時考量發育速率與存活率時，則白線斑蚊之發育最適溫在 28 至 32°C 之間。於 28°C 下，白線斑蚊之卵期、幼蟲期及蛹期依次為 4.4 日、5.7 日及 2 日；由卵至成蟲發育所需時間平均為 12.1 日。幼蟲之發育臨界低溫及總積溫估值各為 10.37°C 及 105.26 日度。來自同一批卵但不同時孵化之幼蟲，其發育期之間具有顯著之差異性，且愈晚孵化之幼蟲，其死亡率愈高。於固定之空間及食物下，幼蟲隨幼蟲飼育密度之增高其發育期顯著增長，而死亡率亦相對提高。集體飼育下，幼蟲之發育較單隻飼育者為慢；與埃及斑蚊混合飼育時，因埃及斑蚊之存在而減緩白線斑蚊幼蟲之發育。於室內定溫及室外變溫之環境中，白線斑蚊之發育均較埃及斑蚊為慢。在田間網室試驗中，此兩種斑蚊之幼蟲期間，於混合飼育與單種飼育下均有相當之差異。

關鍵詞：白線斑蚊、埃及斑蚊、發育、溫度。

Development of Eggs, Larvae and Pupae of *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae)

Shae-Jinn Lee Department of Entomology, National Chung Hsing University, 250 Kuokuang Road, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Most eggs of the tiger mosquito, *Aedes albopictus* (Skuse), when kept in wet conditions, would hatch within 5 to 7 days after oviposition. Both of egg and pupal durations were shortened with increasing temperatures from 15 to 36°C but the fastest larval development was found at 32°C. Based on both developmental rate and survival rate, the optimal temperatures ranged from 28 to 32°C. At 28°C, it took 4.4 days for about 91.6% of newly laid eggs to hatch into larvae. Larvae required an average of 5.7 days for development, while pupal duration was 2 days. The development from egg to adult took an average of 12.1 days. The estimate of low developmental threshold and thermal summation for larvae was 10.37°C and 105.26 degree-days, respectively. Developmental durations of *Aedes albopictus* larvae from different hatch groups in the same batch of eggs differed significantly. The later the larvae emerged, the higher mortality was observed. Developmental duration of larvae prolonged and mortality increased with ascending larval densities under a constant space and food supply. Larvae developed significantly slower under collective rearing than the single larva rearing. Mixed rearing of *Aedes albopictus* with *Aedes aegypti* delayed the development of *Aedes albopictus* larvae. Development of *Aedes albopictus* larvae was slower than that of *Aedes aegypti* larvae under various experimental conditions.

Key words: *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti*, development, temperature.

前 言

蚊蟲在人類生活環境中一直扮演直接與間接為害的重要角色，其不但可直接吸取人及家畜血液，造成騷擾與傷害，更可傳播多種人類病原，間接造成疾病。本省過去流行的登革熱(dengue fever)即為蚊蟲所傳播的重要流行病之一，此病之主要傳播媒介為埃及斑蚊(*Aedes aegypti* (L.))與白線斑蚊(*Aedes albopictus* (Skuse)) (Macdonald, 1956; Del Rosario, 1961; Service, 1980)。其中，白線斑蚊主要分布於東洋區，為中國大陸及台灣地區登革熱之重要病媒(Lien, 1978; Chen, 1983; Del Rosario, 1963; Gould *et al.*, 1968)。台灣地區自 1870 年以來，共有八

次大規模或局部流行登革熱之記錄(Hsieh *et al.*, 1982; Lin *et al.*, 1986)。白線斑蚊與埃及斑蚊在本省均有分布，前者遍布全省，後者則局限於西南部地區(Lien, 1962; Lien *et al.*, 1966)。台灣地處熱帶及亞熱帶，氣候環境適合蚊蟲等病媒之孳生與繁殖，1981 年之前的三十多年間，本省因未再發生登革熱，因此，對此類病媒蚊之研究並不積極，尤其在族群生態學方面之資料甚為欠缺，有鑑於病媒蚊在流行病學上之重要性，本文乃針對遍布全省之白線斑蚊，進行生態方面之研究，探討(一)溫度對卵、幼蟲及蛹發育之影響，(二)不同批孵化幼蟲之發育，(三)幼蟲密度對幼蟲發育之影響，(四)集體飼育下幼蟲之發育，(五)田間網室內幼蟲之發育等，期能對白線斑蚊

族群發生之生態背景作一瞭解，以提供公共衛生及病媒防治上之參考。

材料與方法

一、溫度對卵、幼蟲及蛹發育之影響

1. 蟲源之飼育

於台中中興大學校園內採得之白線斑蚊，經實驗室內(25-29°C)飼育五代後，作為試驗材料。成蟲養於以尼龍網及鋼管製成 35 × 35 × 35 cm³ 之成蟲飼育籠內，以小白鼠為血源，並以含 10% 蔗糖溶液之棉花蕊供成蟲吸食，而用誘產杯作為成蟲之產卵容器。誘產杯為直徑 6.2 cm、高 7 cm 之透明塑膠杯，杯內壁襯以牛皮紙，並盛水 110 ml。雌蚊產卵於近水面之牛皮紙上，經兩小時後取出誘產杯。杯內含有蚊卵之牛皮紙片稱為卵片，以此卵片供作試驗之用。幼蟲飼育於白色搪瓷盆(直徑 21 cm，高 5 cm)中，以台糖公司製造之酵母粉及微量之豬肝粉，加水調成幼蟲食料。遇水面有垢膜時即予以清除。幼蟲化蛹後，每日將蛹移入盛水之杯內，並置此杯於成蟲飼育籠中，待其羽化。

2. 溫度對卵孵化之影響

於光週期 12L : 12D 下，溫度分別為 15、20、24、28、32 及 36 °C 之生長箱中進行試驗。將卵片置於盛水塑膠杯內壁，使卵片下半部不含卵之紙片部分浸水，上半部之卵經保持潮濕(保濕)兩日後，再把整個卵片浸入水中。此處之保濕為含蚊卵之牛皮紙部分因吸水而潮濕，以致使卵附於紙面之一側呈浸水狀態之謂。除 15°C 外，每一溫度處理至少作三次重覆，每一重覆之卵數至少 91 粒。另於 28、32 及 36°C 下，將卵片附著於盛水塑膠杯內壁，使卵保持潮濕但卵片不浸入水中，以瞭解該條件對卵孵化之影響。每日觀察並記錄孵化之幼蟲數。

3. 不同溫度下卵、幼蟲及蛹之發育

將上述成蟲所產之卵(卵片)分別移入光週期為 12L : 12D，溫度分別為 10、15、20、24、28、32 及 36°C 之生長箱中，進行本試驗。各溫度下之卵片上所含卵數依次為 150、150、151、136、131、126 及 139 粒。在各溫度下之卵經保濕兩日後，將卵片浸入水中，孵化之幼蟲，以吸管將之移入玻璃指形管(直徑 1.6 cm，高 6.5 cm)中，管內盛水 5 ~ 6 ml，採單隻飼育。於每一溫度下，飼育 110~120 隻一齡幼蟲。以前述之酵母粉作為幼蟲飼料，第一、二齡幼蟲平均每日每隻供食 0.5 mg，自第三齡起則每日每隻供食 1 mg。酵母粉以水調成酵母粉溶液，滴入管中供食。其餘操作方式同前。除 32 及 36 °C 處理每日觀察三次外，其餘各溫度下，每日均觀察二次，記錄個體之發育生長情形。試驗觀察期達四個月。結果分析中，幼蟲之性別係由羽化為成蟲後倒推而得。

二、不同批孵化幼蟲之發育

於 28.0 ± 1.0°C 定溫生長箱中，將卵片附著於盛水之塑膠杯內壁，以保持卵片潮濕。每日觀察二次，直至第一批幼蟲孵化，首批孵化之幼蟲稱為第一批孵化幼蟲(first hatch)，經 24 小時後再孵出之幼蟲為第二批孵化幼蟲(second hatch)，依此類推，亦即兩批孵化幼蟲間之孵化時間間隔為 24 小時。將每一批孵化幼蟲逢機取 40 隻，以前述之指形管單隻飼育，幼蟲之餵食方式同前。每日觀察二次，並記錄各幼蟲之發育情形，直至蛹羽化為成蟲為止。

三、幼蟲密度對幼蟲發育之影響

以前述之透明塑膠杯盛水 110 ml，並分別將 8、20、40、80、160 及 240 隻孵化後 12 小時內之一齡幼蟲移入杯內。每一密度處理作三重覆，將塑膠杯置入 28.0 ± 1.0°C、光週期 12L : 12D 之生長箱中。每日觀察及記

錄幼蟲之發育及死亡情形，並刮除水面垢膜。每日每杯供食含 16 mg 酵母粉之水溶液，若有幼蟲化蛹或死亡，則餵食之酵母粉量依每一密度處理中幼蟲減少之比例而減少。幼蟲之集體飼育方法分為，(1)小量集體飼育：於盛水 110 ml 之前述透明塑膠杯中，飼育 20 隻一齡幼蟲，共作五重覆，(2)大量集體飼育：於盛水 1000 ml 之白色搪瓷盆(直徑 21 cm，高 5 cm)中，飼育 190~200 隻一齡幼蟲，共作三重覆。第一、二日齡幼蟲平均每隻每日餵以含 0.5 mg 酵母粉之水溶液，第三日齡起則每隻每日供食 1 mg。幼蟲每日觀察二次。化蛹後，將不同時段所形成之蛹分別挑入盛水之塑膠杯中，以紗網及橡皮筋封蓋杯口。自化蛹後，每隔三小時觀察一次，記錄蛹之羽化情形並區辨成蟲性別，藉以瞭解化蛹及羽化時刻。

四、白線斑蚊與埃及斑蚊混合飼育下幼蟲之發育

於 $28.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 、光週期 12L : 12D 之生長箱中，以上述之透明塑膠杯盛水 110ml，將孵化後 12 小時內之白線斑蚊與埃及斑蚊一齡幼蟲各 10 隻，移入杯中飼育，共作五重覆。飼育及觀察方式同上述集體飼育者，而埃及斑蚊 20 隻幼蟲單種集體飼育及其與白線斑蚊幼蟲混合飼育(10 : 10)之試驗方法與白線斑蚊者相同。

五、田間網室試驗

1. 單種幼蟲飼育

自 1991 年一月至三月間，於田間網室內進行本研究。以前述之透明塑膠杯盛水 110 ml，分別放入 20 隻孵化 12 小時以內之白線斑蚊或埃及斑蚊一齡幼蟲，幼蟲之餵食方式同集體飼育，共作五重覆。每日觀察二次，記錄並比較兩種幼蟲之發育情形，並以台中氣象站之氣象資料進行田間溫度及相對濕度之分析。

2. 不同密度下兩種幼蟲之混合飼育

分別於盛水 110 ml 之透明塑膠杯內，同時移入白線斑蚊與埃及斑蚊一齡幼蟲各 5、10、20 及 40 隻，幼蟲之餵食方式同前。每一密度處理作四重覆。其餘操作過程及觀察項目同單種飼育者。

六、分析方法

累積發育期(cumulative duration)之計算方法，乃以完成至某一齡蟲(或蟲期)發育之個體的累積發育期平均計算之。利用不同溫度下之發育期資料，以多項式迴歸分析(Zar, 1968)來描述發育速率與溫度之關係。用套裝軟體 SAS(statistical analysis system) (SAS Institute, 1982)進行相關之統計分析。

結果與討論

一、溫度對卵孵化之影響

於 15、20、24、28、32 及 36°C 之六個溫度條件下，白線斑蚊卵經保濕 2 日後浸水之孵化率分別為 63.0%、69.8%、92.0%、89.1%、90.3% 及 83.5%。以卵產出後 54 日內之累積孵化率而言， 15°C 下之卵孵化率(50.1%)顯著低於其他各溫度處理者($F=11.07$, $p<0.001$)，而 24、28、32 及 36°C 四個溫度下，卵之孵化率間則差異不顯著。在 15°C ~ 36°C 之六個溫度下，卵孵化達 50% 所需之時間分別為 61.3、15.2、6.8、5.0、4.2 及 4.0 日。由表一亦可明顯看出，隨溫度上升，卵孵化之時間逐漸提早。32 及 36°C 下之卵，於產出後 6 日內之累積孵化率均已超過 70%， 28°C 者亦達 50% 以上。於 24°C 下，卵孵化之時間較 28°C 約延後 2 日，而大多數之卵孵化(90%)都集中在產卵後 7~11 日內。 15°C 及 20°C 下，卵之孵化較為分散，尤以 15°C 為甚。而於 28、32 及 36°C 下，卵僅保濕而不浸

表一 溫度對白線斑蚊卵孵化之影響

Table 1. Effect of temperatures on the egg hatching of *Aedes albopictus*

Age of egg (days)	Percentage of egg hatching (Mean±SD)					
	15°C	20°C	24°C	28°C	32°C	36°C
4	0	0	0	0	0.7± 0.7	19.8±14.0
5	0	0	0	20.0± 3.9	58.9±36.9	29.3±10.2
6	0	0	0	34.7±13.7	14.7± 9.5	21.4±16.1
7	0	0	0.9± 1.1	19.0± 6.2	13.1±18.3	4.1± 5.5
8	0	0	68.0±12.2	0.8± 0.9	1.0± 0.8	4.4± 3.9
9-11	0.4±0.5	27.1±36.4	22.0±11.5	4.0± 6.8	0.7± 0.8	0.7± 1.2
12-15	13.6±6.2	22.6±14.5	0.6± 0.6	10.5± 9.6	1.3± 1.8	1.7± 1.8
>15	49.1±8.0	20.2± 8.9	0.5± 0.8	0	0	1.8± 3.2

水之孵化率分別為 71.4%、78.2% 及 55.6%，均較各溫度下保濕後浸水之孵化率為低，此可能與浸水後卵接觸之水溫及含氧濃度稍降而給予卵某種程度的孵化刺激有關。

Gillett (1955)認為：斑蚊卵一直保持浸水狀態時，卵之間歇性孵化會拖很長一段時間，此種現象由白線斑蚊卵在 15°C 下之孵化情形可更清楚地顯現。於 10°C 下，縱使有卵 (2%) 孵化，亦不能存活。低溫不但減緩卵之發育速率，而且導致卵之死亡率提高。由此可見斑蚊 (白線斑蚊與埃及斑蚊) 卵之孵化行為不僅受親代遺傳 (Gillett, 1955) 與蚊種品系 (strain) (Mogi, 1982) 之影響，而其他環境因子如溫度、光週期、水質 (McHaffey and Harwood, 1970; Imai and Maeda, 1976; Gjullin *et al.*, 1939) 及濕度 (浸水、保濕及乾燥) 等在其中亦扮演重要之角色。而卵之間歇性孵化，對族群在變化之環境中延續生存頗有助益，此亦是斑蚊適應環境之一種方式。

二、溫度對卵、幼蟲及蛹發育之影響

於溫度 15、20、24、28、32 及 36°C，平均相對濕度 55~67% RH，光週期 12L:12D 之生長箱中進行本研究。

1. 不同溫度下卵、幼蟲及蛹之發育

各溫度下白線斑蚊卵、幼蟲及蛹之發育期詳列於表二。於 15°C 低溫下，以卵之發育

所需時間最長 (41.6 日)，第四齡幼蟲期 (10.8 日) 次之。卵之孵化率為 73.3%，由卵發育至成蟲平均需時 59.6 日。各發育期族群之死亡率中，第三、第四齡幼蟲及蛹之死亡率均超過 30%，而以第三齡幼蟲之 39.1% 為最高。由卵發育至成蟲，僅有 1.6% 之存活率。Huang (1987) 之報告，於 16~20°C 下幼蟲之存活率僅有 2.2%。在 15°C 環境下，卵之間歇性孵化造成卵期長短之極大差距，導致由卵發育至各齡蟲所需時間，於個體間亦有相當大之差異，其變異係數 (coefficient of variation) 均超過 50%。於 20°C 下，白線斑蚊各發育期均顯著短於 15°C 者 (表二、表三)，卵期約為 15°C 時之四分之一，卵至成蟲之發育期亦縮短為 25.1 日，未達 15°C 時之一半時間，但卵之死亡率仍高達 20.5%。於 24°C 中，卵、幼蟲及蛹發育所需時間分別為 6.8、7.7 及 2.8 日。卵孵化率為 88.2%，由卵發育至成蟲平均需時 17.3 日，而存活率則達 85.3%。28°C 下，卵之孵化率為 91.6%，第三、第四齡幼蟲及蛹之死亡率均為 0%，由卵發育至成蟲所需之時間縮短為 12.1 日，存活率達 87.8%。Del Rosario (1963) 報導：白線斑蚊於 24~29°C (平均 25.5°C) 之條件下，平均之卵期、幼蟲期、蛹期及整個發育期分別為 5、7、2.5 及 14.5 日。Liu *et al.* (1985) 於

表二 白線斑蚊幼體在不同溫度下之發育期及死亡率

Table 2. Developmental duration and mortality of each immature stage of *Aedes albopictus* at various temperatures

Temp. (°C)	Stage	N	Duration (days) (Mean±SD)	Cumulative duration (days) (Mean±SD)	Mortality (%)
15	Egg	110	41.6±29.6	41.6±29.6	26.7
	Larva I	103	4.5± 0.9	45.5±28.8	6.4
	Larva II	87	3.5± 1.1	50.0±29.5	15.5
	Larva III	53	4.4± 1.2	52.6±35.4	39.1
	Larva IV	35	10.8± 2.6	54.2±34.5	34.0
	Pupa	24	8.5± 0.8	59.6±34.0	31.4
20	Egg	120	10.2± 1.8	10.2± 1.8	20.5
	Larva I	120	3.0± 0.6	13.2± 0.6	0
	Larva II	117	1.6± 0.8	14.8± 1.2	2.5
	Larva III	115	2.1± 0.5	17.0± 1.5	1.7
	Larva IV	110	4.4± 0.9	21.2± 1.3	4.3
	Pupa	107	4.0± 0.3	25.1± 1.2	2.7
24	Egg	120	6.8± 0.9	6.8± 0.9	11.8
	Larva I	118	2.0± 0.1	8.8± 0.1	1.7
	Larva II	118	1.1± 0.2	9.9± 0.3	0
	Larva III	117	1.4± 0.3	11.2± 0.5	0.8
	Larva IV	116	3.3± 0.4	14.5± 0.6	0.9
	Pupa	116	2.8± 0.3	17.3± 0.6	0
28	Egg	120	4.4± 0.7	4.4± 0.7	8.4
	Larva I	117	1.5± 0	5.9± 0	2.5
	Larva II	115	0.7± 0.3	6.6± 0.2	1.7
	Larva III	115	1.1± 0.2	7.7± 0.2	0
	Larva IV	115	2.3± 0.3	10.1± 0.3	0
	Pupa	115	2.0± 0.2	12.1± 0.4	0
32	Egg	120	3.7± 0.7	3.7± 0.7	4.8
	Larva I	120	1.1± 0.1	4.8± 0.1	0
	Larva II	118	0.7± 0.1	5.5± 0.1	1.7
	Larva III	117	0.9± 0.2	6.4± 0.2	0.8
	Larva IV	112	2.3± 0.3	8.7± 0.4	4.3
	Pupa	108	1.7± 0.1	10.4± 0.4	3.6
36	Egg	120	3.3± 0.7	3.3± 0.7	13.7
	Larva I	120	1.2± 0.2	4.5± 0.2	0
	Larva II	113	0.8± 0.3	5.3± 0.3	5.8
	Larva III	105	1.2± 0.3	6.6± 0.5	7.1
	Larva IV	73	4.7± 1.4	11.1± 1.7	30.5
	Pupa	38	1.7± 0.1	11.8± 0.7	47.9

26±1°C 下之試驗結果，由卵發育至成蟲所需時間，雌蚊為 13.5 日，雄蚊為 12.8 日。本試驗於 24°C 及 28°C 下之結果與上述報告近似。32°C 下，卵期、幼蟲期及蛹期分別為 3.7、

5.0 及 1.7 日，其中卵期與 28°C 者差異不顯著，整個發育期僅 10.4 日，為各供試溫度中最短者，且卵之孵化率亦最高(95.2%)。而 36°C 下之幼蟲期與 32°C 相較，則顯著延長，

且第四齡幼蟲及蛹之死亡率急遽上升(表二)。白線斑蚊卵、幼蟲、蛹、幼蟲至成蟲及卵至成蟲之發育所需時間，於六個供試溫度下之差異顯著性列於表三。

就不同性別個體間之發育而言，於各不同溫度下，雌蚊完成發育之平均所需時間均較雄蚊為長；而在低溫 15°C 中，雌雄蚊之平均發育時間，個體間之差異均頗大(表四)，此主要受卵期差異之影響(表二)。由各期幼體發育至化蛹及羽化所需之時間列於表五，28°C 下，白線斑蚊由卵、幼蟲及蛹發育

達 50% 羽化所需時間(EE₅₀、EL₅₀ 及 EP₅₀)分別為 11.2、7.4 及 1.8 日，而由卵及幼蟲發育達 50% 化蛹所需時間(PE₅₀ 及 PL₅₀)分別為 9.8 及 5.4 日。於較低溫(20°C)下，各發育期族群達 50% 化蛹及羽化所需時間大約各為 28°C 時之 2 倍。其他各溫度下，各發育期族群達 90% 及 95% 化蛹及羽化所需之時間詳見表五。

2. 發育速率與溫度之關係

於不同溫度下，同一蟲期個體之平均發育期間有明顯之差異，表示溫度對發育速率

表三 白線斑蚊幼體在不同溫度下之發育期比較

Table 3. Comparison of developmental duration of immature stages of *Aedes albopictus* at various temperatures¹⁾

Stage	Duration (days)					
	15°C	20°C	24°C	28°C	32°C	36°C
Egg	41.6 a	10.2 b	6.8 c	4.4 d	3.7 d	3.3 d
Larva	23.4 a	11.0 b	7.7 c	5.7 d	5.0 e	7.8 c
Pupa	8.5 a	4.0 b	2.8 c	2.0 d	1.7 e	1.7 e
Larva to adult	31.8 a	14.9 b	10.5 c	7.7 e	6.7 f	8.5 d
Egg to adult	59.6 a	25.1 b	17.3 c	12.1 d	10.4 d	11.8 d

1) Means with the same letter in the same row are not significantly different at the significant level of 5% according to Duncan's new multiple range test.

表四 白線斑蚊幼期雌雄蟲在不同溫度下之累積發育期

Table 4. Cumulative developmental duration of immature stages of female and male of *Aedes albopictus* at various temperatures

Temp. (°C)	Sex	N	Cumulative duration of immature stages (days)	
			Range	Mean ± SD
15	Female	14	42.0–153.0	68.4 ± 39.2
	Male	10	39.0–107.0	47.4 ± 21.0
20	Female	55	24.2– 27.2	25.3 ± 0.7
	Male	52	23.7– 32.2	24.9 ± 1.6
24	Female	62	16.8– 20.8	17.6 ± 0.6
	Male	54	15.8– 18.8	16.9 ± 0.4
28	Female	60	11.9– 13.4	12.3 ± 0.4
	Male	55	11.4– 12.4	11.9 ± 0.2
32	Female	56	9.8– 11.5	10.4 ± 0.4
	Male	52	9.8– 11.8	10.3 ± 0.4
36	Female	20	10.8– 13.5	12.0 ± 0.8
	Male	18	10.5– 12.8	11.7 ± 0.7

具有顯著的影響。將發育速率與溫度呈線性關係之部分 (15~32°C) 利用最小平方法，進行迴歸分析，以 x 截距法 (Arnold, 1959) 求得各蟲期個體之發育臨界低溫與總積溫 (表六)。卵、第一至第四齡幼蟲及蛹之發育臨界低溫分別為 13.43、10.77、11.11、10.85、9.76 及 10.86°C，總積溫分別為 67.57、

24.81、13.61、18.66、46.95 及 35.71 日度 (degree-days)。就整個幼蟲期而言，幼蟲之發育臨界低溫為 10.37°C，總積溫為 105.26 日度。由卵發育至成蟲之發育臨界低溫為 11.56°C，而總積溫則為 208.33 日度。Chen and Huang (1988) 報導：白線斑蚊幼蟲發育臨界低溫為 11.4°C，總積溫為 165.5 日度；然

表五 不同溫度下白線斑蚊卵、幼蟲及蛹之50%、90%、95%化蛹及羽化所需時間

Table 5. Duration of 50%, 90%, 95% pupation and emergence of eggs, larvae and pupae of *Aedes albopictus* at various temperatures

	Duration (days)				
	20°C	24°C	28°C	32°C	36°C
EP ₅₀ ¹⁾	3.8	2.6	1.8	1.5	1.9
EP ₉₀	4.0	2.9	2.1	1.8	—
EP ₉₅	4.5	3.0	2.3	2.0	—
PL ₅₀ ²⁾	10.6	7.4	5.4	4.8	8.9
PL ₉₀	15.5	8.2	6.0	5.6	—
PL ₉₅	—	8.9	6.4	—	—
EL ₅₀ ¹⁾	14.6	10.1	7.4	6.8	—
EL ₉₀	—	11.0	8.1	8.1	—
EL ₉₅	—	11.8	8.8	—	—
PE ₅₀ ²⁾	20.8	14.2	9.8	8.5	12.2
PE ₉₀	25.7	15.0	10.4	9.3	—
PE ₉₅	—	15.7	10.8	—	—
EE ₅₀ ¹⁾	25.0	17.2	11.2	10.2	—

1) EP_{50(90 or 95)}, EL_{50(90 or 95)}, EE₅₀— Duration of 50% (90% or 95%) adult emergence of *Ae. albopictus* starting from pupae, larvae and eggs, respectively.

2) PL_{50(90 or 95)}, PE_{50(90 or 95)}— Duration of 50% (90% or 95%) pupation of *Ae. albopictus* starting from larvae and eggs, respectively.

表六 溫度與白線斑蚊發育速率之線性迴歸

Table 6. Linear regression analysis for temperatures and development rates of *Aedes albopictus*

Stage	Regression equation ¹⁾	Coefficient of determination (R ²)	Thermal summation (degree-days)	Low developmental threshold (°C)
Egg	$y = -0.1988 + 0.0148x$	0.994	67.57	13.43
Larva I	$y = -0.4339 + 0.0403x$	0.970	24.81	10.77
Larva II	$y = -0.8166 + 0.0735x$	0.974	13.61	11.11
Larva III	$y = -0.5814 + 0.0536x$	0.998	18.66	10.85
Larva IV	$y = -0.2079 + 0.0213x$	0.963	46.95	9.76
Pupa	$y = -0.3042 + 0.0280x$	0.994	35.71	10.86
Larva (total)	$y = -0.0985 + 0.0095x$	0.998	105.26	10.37
Total	$y = -0.0555 + 0.0048x$	0.995	208.33	11.56

1) x : Temperature (15 to 32°C); y : Development rate (1/day).

而本試驗中，除幼蟲之發育臨界低溫較低外，各相同供試溫度下，幼蟲之發育速率亦較快。本研究之供試最低溫為 15°C，而 Chen and Huang (1988)之試驗則為 20°C，供試最低溫、幼蟲飼料與斑蚊品系之不同，可能是造成上述差異之重要因素。

以線性迴歸分析來探討溫度與發育速率間之關係時，常用外推法導出發育臨界低溫及總積溫(Campbell and Mackauer, 1975; Engle and Barnes, 1983; Summer *et al.*, 1984; Whitfield, 1984; Whitman, 1986)。然而，在較低及較高之溫度下，發育速率與溫度間並非恆成直線關係，因此所得之結果會產生偏差。前述白線斑蚊之發育臨界低溫僅是估計值，而其實際值可能更低。為了能較充分表現在供試之溫度範圍內，發育速率與溫度間之相關變化趨勢，本試驗乃利用多項式迴歸分析法，建立白線斑蚊發育速率與溫度間之關係模式(圖一、圖二)。各模式均具有很強之解釋能力，其判定係數(coefficient of determination)皆高於 0.975。於 15~36°C 之溫度範圍內，卵及蛹之發育速率均隨溫度之上升而增高(圖一)，而幼蟲除第四齡外，發育速率與溫度間之變化趨勢均近似 S 型曲線(圖二)。由第一至第四齡幼蟲發育最適溫度分別為 32.9、31.2、31.6 及 30.7°C。於發育臨界低溫與發育最適溫度之間，隨溫度上升，發育速率之變化漸緩。但當溫度高過發育最適溫度時，由於生物體內酵素之結構改變及活性降低(Sharpe and DeMichele, 1977)，導致發育速率之改變幅度增大，並伴隨產生較高之死亡率。此種情況下，發育最適溫度較接近該物種之致死高溫。

三、不同批孵化幼蟲之發育

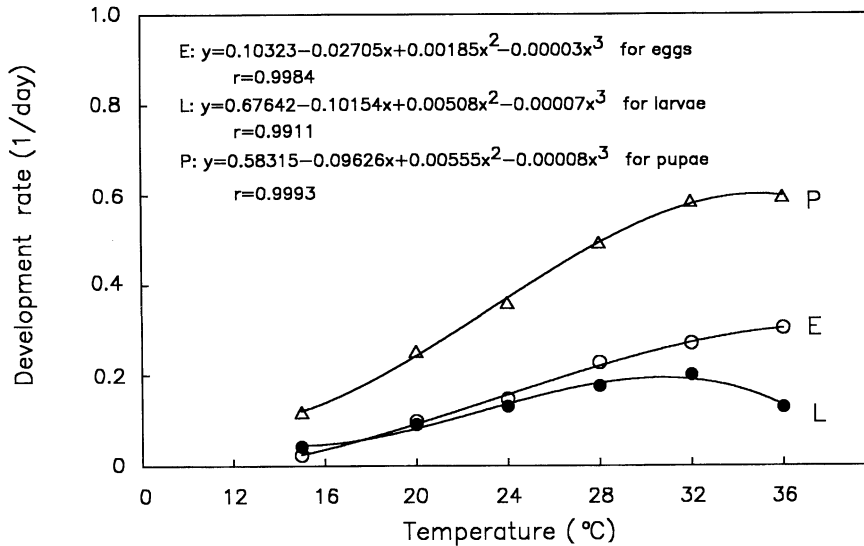
於 28.0±1.0°C 之生長箱中，卵每日觀察二次，孵出之第一批幼蟲即稱為第一批孵化幼蟲，經 24 小時後再孵出者是為第二批孵化

幼蟲。本試驗由同一供試卵片共得到六批孵化幼蟲，由第一至第五批，每兩批孵化幼蟲之孵化時間間隔均為 24 小時，而第六批孵化幼蟲則為相隔 36 小時始孵出者。第一至第六批孵化各齡幼蟲及蛹之發育所需時間及死亡率列於表七。第一批孵化幼蟲發育至成蟲之存活率為 100%，自第二批孵化幼蟲開始，於發育期間即有個體死亡之現象，且隨孵化時間之延後，死亡率逐漸升高，尤以第六批孵化幼蟲為甚，其幼蟲及蛹之總死亡率高達 40%。第二、三、四批孵化幼蟲之發育顯著快於第一及第六批孵化幼蟲，且第二、三、四、五批孵化幼蟲發育至成蟲所需時間亦顯著短於第一及第六批孵化者；就性別上言，雄性個體之發育均較雌性個體略快(表八)。不同批孵化之雌蟲由幼蟲發育至成蟲所需時間有明顯之差異($F=5.92$, $p=0.0001$)，其中以第六批孵化之時間最長(8.3 日)；雄蟲則以第一及第六批孵化之時間顯著長於其他批孵化者($F=7.03$, $p=0.0001$)(表八)。

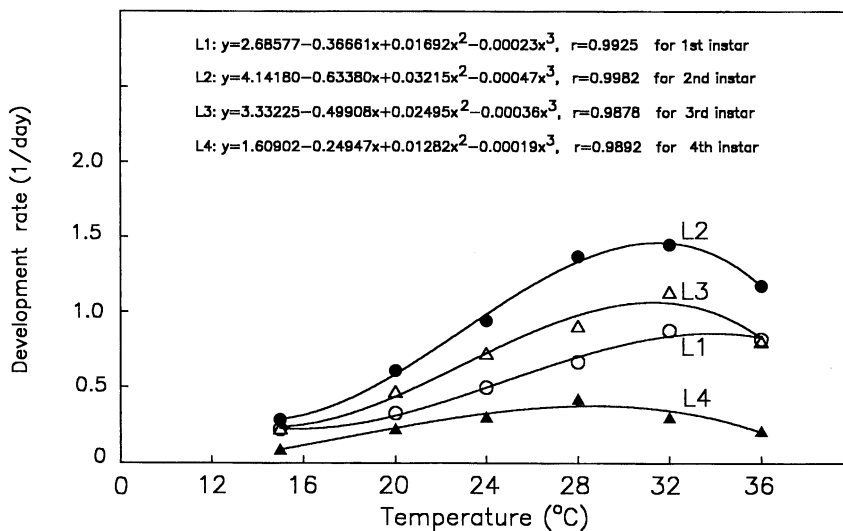
第一及第六批孵化幼蟲，在發育時間上較其他各批為長，其間之差異可能為：此二批幼蟲乃最初及最後一批孵化者，其卵之孵化較為分散，而此孵化時間，個體間之差異亦較大，且較早孵出之幼蟲並未提早餵食，因而延長其發育期。Hotchkiss (1985)曾以埃及斑蚊卵試驗，於水中加入飼料，以刺激卵的孵化，結果顯示在不同類食物供應下，第一批孵化幼蟲之發育均較第二批者為慢。本試驗白線斑蚊之結果與其頗為類似。

四、幼蟲密度對幼蟲及蛹發育之影響

於含 110 ml 水之透明塑膠杯中，分別移入 8、20、40、80、160 及 240 隻一齡幼蟲。由表九顯示，密度為 8、20 及 40 隻時，幼蟲之發育最快，20、40 及 80 隻幼蟲間，差異不顯著，但與 160 及 240 隻間則有顯著差異；Wu and Chang (1992)之報導，有類似之結



圖一 白線斑蚊卵、幼蟲及蛹之發育速率對溫度之多項式迴歸。
 Fig. 1. Polynomial regression of development rate versus constant temperature for immature stages of *Aedes albopictus*.



圖二 白線斑蚊幼蟲之發育速率對溫度之多項式迴歸。
 Fig. 2. Polynomial regression of development rate versus constant temperature for *Aedes albopictus* larvae.

果。本試驗於低密度 8 隻時，幼蟲完成發育僅需時 6.4 日，而高密度 (240 隻) 下，幼蟲則需經 21.6 日始能發育完成而化蛹，由此可見

幼蟲期隨幼蟲密度之升高而延長。密度為 8 及 20 隻時，幼蟲之死亡率為 0%，其餘各密度下則均有死亡，且死亡率亦隨幼蟲密度之

表七 白線斑蚊不同批孵化幼蟲之發育期及死亡率

Table 7. Developmental duration and mortality of immature stages of *Aedes albopictus* from different larval hatching groups¹⁾

Larval group	Stage	N	Duration (days)	Cumulative duration (days)	Mortality (%)
			Mean ± SD	Mean ± SD	
First hatch	Larva I	40	1.5 ± 0.3	1.5 ± 0.3	0
	Larva II	40	0.7 ± 0.3	2.2 ± 0.2	0
	Larva III	40	1.0 ± 0.3	3.2 ± 0.3	0
	Larva IV	40	2.4 ± 0.4	5.7 ± 0.5	0
	Pupa	40	2.2 ± 0.2	7.9 ± 0.6	0
Second hatch	Larva I	38	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.2	5.0
	Larva II	37	0.6 ± 0.2	2.1 ± 0.2	2.6
	Larva III	37	1.0 ± 0.2	3.0 ± 0.2	0
	Larva IV	36	2.2 ± 0.3	5.2 ± 0.4	2.7
	Pupa	36	2.1 ± 0.3	7.3 ± 0.4	0
Third hatch	Larva I	40	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.2	0
	Larva II	39	0.7 ± 0.3	2.1 ± 0.2	2.5
	Larva III	39	1.0 ± 0.2	3.1 ± 0.3	0
	Larva IV	39	2.1 ± 0.7	5.2 ± 0.9	0
	Pupa	38	2.2 ± 0.3	7.3 ± 0.3	2.6
Fourth hatch	Larva I	39	1.5 ± 0.2	1.5 ± 0.2	2.5
	Larva II	38	0.6 ± 0.2	2.1 ± 0.2	2.6
	Larva III	37	1.0 ± 0.2	3.0 ± 0.3	2.6
	Larva IV	36	2.2 ± 0.2	5.2 ± 0.3	2.7
	Pupa	35	2.1 ± 0.2	7.3 ± 0.3	2.8
Fifth hatch	Larva I	39	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.4	2.5
	Larva II	36	1.0 ± 0.3	2.3 ± 0.5	7.7
	Larva III	33	1.0 ± 0.4	3.2 ± 0.6	8.3
	Larva IV	30	2.3 ± 0.4	5.4 ± 0.8	9.1
	Pupa	30	2.2 ± 0.2	7.5 ± 0.8	0
Sixth hatch	Larva I	33	1.8 ± 0.5	1.8 ± 0.5	17.5
	Larva II	30	1.0 ± 0.4	2.7 ± 0.6	9.1
	Larva III	27	1.1 ± 0.4	3.7 ± 0.8	10.0
	Larva IV	24	2.3 ± 0.4	5.9 ± 1.0	11.1
	Pupa	24	2.1 ± 0.2	8.1 ± 0.9	0

1) The interval of hatch time between two hatches was 24 hours.

升高而增加，密度為 240 隻時，幼蟲之死亡率高達 57.6%。於各種不同幼蟲密度下，蛹發育所需時間之差異很小，介於 2.0~2.2 日間。低密度 8 及 20 隻時，蛹之羽化率均為 100%，其餘各密度下蛹之羽化率亦均高於 95%。於 8、20 及 40 隻密度下，由第一齡幼蟲發育至成蟲所需時間之差異不顯著，而與其他較高密度 (160 及 240 隻) 間相較，則具

顯著差異。密度為 240 隻時，由幼蟲發育至成蟲需時 23.6 日，顯著長於其他較低密度者。

Wada (1965) 報導，埃及斑蚊幼蟲之密度會影響其幼蟲之發育及成蟲體型大小。Nakamura (1979) 提出，幼蟲密度升高時，對三種家蚊幼蟲之活動性有不同的影響。Ikeshoji and Mulla (1970a, 1970b) 認為熱帶家蚊 (*Culex quinquefasciatus* Say) 之第三齡幼

表八 白線斑蚊不同批孵化幼蟲之發育期比較

Table 8. Comparison for developmental duration of *Aedes albopictus* larvae from different hatching groups¹⁾

Larva group	Duration (days)			
	Larva to pupa	Larva to adult	Larva to female adult	Larva to male adult
First hatch	5.68±0.49 ab	7.86±0.60 a	7.90±0.42 bc	7.82±0.80 a
Second hatch	5.24±0.39 c	7.33±0.36 b	7.50±0.25 c	7.18±0.38 b
Third hatch	5.19±0.89 c	7.26±0.28 b	7.50±0 c	7.14±0.27 b
Fourth hatch	5.15±0.31 c	7.30±0.33 b	7.50±0.16 c	7.03±0.30 b
Fifth hatch	5.38±0.81 bc	7.53±0.80 b	8.00±0.67 ab	7.22±0.73 b
Sixth hatch	5.95±0.96 a	8.07±0.93 a	8.30±1.14 a	7.88±0.70 a

1) Means with the same letter in the same column are not significantly different at the significant level of 5% according to Duncan's new multiple range test.

表九 幼蟲密度對白線斑蚊幼蟲及蛹發育期及死亡率之影響

Table 9. Effect of larval density on developmental duration and mortality of *Aedes albopictus* larvae and pupae

Density (larvae / cup)	Larva		Pupa		Cumulative duration ¹⁾ (days)
	Duration ¹⁾ (days)	Mortality (%)	Duration ¹⁾ (days)	Mortality (%)	
8	6.4±0.5 a ²⁾	0	2.1±0.2 a	0	8.5±0.5 a
20	7.4±0.6 ab	0	2.2±0.2 a	0	9.6±0.6 ab
40	7.4±0.7 ab	5.0	2.1±0 a	2.5	9.5±0.7 ab
80	9.3±0.6 b	7.9	2.1±0.1 a	0.9	11.3±0.6 b
160	16.7±0.5 c	28.3	2.0±0.1 a	4.5	18.7±0.5 c
240	21.6±3.4 d	57.6	2.0±0.1 a	1.6	23.6±3.4 d

1) Mean±SE.

2) Means with the same letter in the same column are not significantly different at the significant level of 5% according to Duncan's new multiple range test.

蟲在過度擁擠之情況下(5~7 larvae / ml)會產生一種過度擁擠因子(over-crowding factor)作用,造成幼蟲發育生長遲緩,形態異常,而且該因子亦有抑制細菌生長之作用。Bar-Zeev (1957)則認為食物之充足與否,是決定埃及斑蚊生長之重要因子。因此,在固定之空間與食物條件下,幼蟲密度較高時,所呈現出之密度依變死亡率(density-dependent mortality)尤為明顯。造成此種現象之原因,可能為:(1)相同空間中個體數增加時,個體間接觸或碰撞機會提高,而形成干擾,(2)由於總食物量固定,則每一個

體所分配到之食物量隨密度之升高而減少,造成食物不足現象,(3)幼蟲排出之廢物隨密度之升高而增多,水質惡化之程度亦相對提高(Ikeshoji and Mulla, 1970a, 1970b; Barbosa *et al.*, 1972; Moore and Whitacre, 1972)。所以當密度超過某一限界時,幼蟲死亡率隨之提高,所存活之個體體型亦會變較小,間接影響成蟲之繁殖力,此即密度效應(density effect)。然而,從另一角度觀之,在自然環境中,當族群密度過高時,密度效應即為調節族群大小與族群穩定之重要因子。在本試驗之環境條件下,白線斑蚊於

六個供試之幼蟲密度中，當密度達 160 隻幼蟲 / 110 ml 水時，幼蟲之死亡率即大為提高，發育速率明顯減緩，蛹及成蟲之體型變小。可見該環境條件已對幼蟲之發育造成不利影響，此乃密度效應所致。

在溫度 $28.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ，光週期 12L:12D 之生長箱中，於單隻飼育下，白線斑蚊之幼蟲期及蛹期分別為 5.7 日及 2.0 日；由第一齡幼蟲發育至成蟲所需之時間，雄蟲為 7.5 日，雌蟲為 7.9 日，雌雄蟲平均為 7.7 日(表十)。幼蟲死亡率為 4.2%，蛹之死亡率為 0%。於 20 隻幼蟲小量集體飼育下，平均之幼蟲期為 7.1 日，蛹期為 2.4 日；由第一齡幼蟲發育至成蟲所需之時間，雄蟲為 9 日，雌蟲為 10 日，雌雄蟲平均為 9.4 日。幼蟲死亡率為 14%，蛹之死亡率為 0%。於 190 隻~200 隻幼蟲大量集體飼育下，平均之幼蟲期為 8.5 日，蛹期為 2.5 日；由第一齡幼蟲發育至成蟲所需時間，雄蟲為 10.3 日，雌蟲為 11.3 日，雌雄蟲平均為 10.9 日。幼蟲死亡率為 2.5%，蛹死亡率為 0.9%。由大量集體飼育之結果發現，白線斑蚊幼蟲於黑暗期(scotophase)之化蛹數顯著多於光照期($t = -2.972$, $p=0.041$)，而蛹於晝夜間之羽化情況恰與幼蟲之化蛹相反($t=6.050$, $p=0.004$)。於三種

不同飼育方式中均顯示，雄蟲之發育皆較雌蟲為快。幼蟲、蛹及由幼蟲至成蟲之發育所需時間，在三種飼育方式之間除 20 隻與 200 隻幼蟲飼育之蛹期間差異不顯著外，其餘均具顯著之差異性(表十)；其中，集體飼育之方式，幼蟲及蛹之發育期均顯著長於單隻飼育者，而在大量集體飼育下，幼蟲之發育期最長。此三種飼育方式中，雖幼蟲密度均相似，但幼蟲之發育速率均隨飼育容器大小之增加而減緩。於光照下之觀察，集體飼育之個體並非均勻分布於水域中，幼蟲常接近容器之邊緣活動，且有聚集於一側之現象，這可能增加個體間相互碰撞或干擾之機會；此外，廢物之累積對水質之惡化可能產生某種程度之加成作用以及水中溶氧濃度之差異等因素，推測可能對集體飼育之幼蟲發育造成不利之影響。然而，上述諸因子在此方面之真正角色則有待更進一步之探討。

五、白線斑蚊與埃及斑蚊混合飼育下幼蟲之發育

於本省南部，埃及斑蚊與白線斑蚊有出現於同一棲所之現象，故在作白線斑蚊不同飼育方式對幼蟲發育之影響時，亦同時進行埃及斑蚊之相同試驗，以比較兩種斑蚊在單種集體飼育及兩種混合飼育下幼蟲發育之差

表十 白線斑蚊單隻飼育與集體飼育下幼蟲及蛹之發育期

Table 10. Developmental duration of *Aedes albopictus* larvae and pupae reared singly and collectively

No. of larvae per container ¹⁾	Duration (days) ²⁾				
	Larva	Pupa	Larva to adult		
			Female	Male	Both
1	5.7±0.3 a	2.0±0.2 a	7.9±0.4 a	7.5±0.2 a	7.7±0.4 a
20	7.1±0.3 b	2.4±0.1 b	10.0±0.5 b	9.0±0.2 b	9.4±0.2 b
200	8.5±0.1 c	2.5±0.1 b	11.3±0.1 c	10.3±0.1 c	10.9±0.1 c

1) There were 120, 5, and 3 replicates for treatment 1, 20, and 200 larvae per container, respectively.

2) Means with the same letter in the same column are not significantly different at the significant level of 5% according to Duncan's new multiple range test.

異性。

於 $28.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 之生長箱中，兩種斑蚊幼蟲混合飼育下，雌雄性白線斑蚊各別之幼蟲期、蛹期及由幼蟲發育至成蟲所需之時間列於表十一；平均之幼蟲期及蛹期分別為 7.9 日及 2.4 日。混合飼育下之白線斑蚊幼蟲期顯著長於單種飼育者 (7.1 日)，其中，雄幼蟲期顯著延長，雌幼蟲期則無明顯差異。而單種及混合兩種飼育方式下之平均蛹期則極為相近。由幼蟲發育至成蟲所需時間，亦以混合飼育者 (10.3 日) 較長 (表十一)。由此可見，於本供試條件下，埃及斑蚊之存在會明顯減緩白線斑蚊幼蟲之發育。

在與白線斑蚊相同之環境條件下，埃及斑蚊單種集體飼育及與白線斑蚊混合飼育之幼蟲期、蛹期及由幼蟲至成蟲之發育期列於表十二。埃及斑蚊於單種集體飼育下，平均之幼蟲期及蛹期分別為 6.5 日及 2.1 日，而混合飼育下之幼蟲期 (6.2 日) 顯著短於單種飼育者，此現象於雌雄兩性間均相同。蛹之發育

期，在兩種飼育方式之間並無明顯差異。由幼蟲發育至成蟲所需之時間，亦以混合飼育者 (8.3 日) 較短，且與單種飼育之間具有顯著差異。此亦顯示，兩種斑蚊混合飼育之環境要較單種飼育更能促進埃及斑蚊幼蟲之發育。

Sucharit *et al.* (1978) 報導，於食物充足之混合飼育情況中，白線斑蚊之發育期較埃及斑蚊為快。但 Moore and Fisher (1969) 之試驗則顯示，白線斑蚊之發育期較埃及斑蚊為長，且隨後者混養比例之增加而增長。Black *et al.* (1989) 亦報導，於食物充足情況下，白線斑蚊在單種集體飼育及與埃及斑蚊混合飼育之平均發育期，雖以混合飼育者較長 (Houston strain)，但其間之差異並不顯著；然而於食物不足時，混合飼育中幼蟲之發育期則顯著延長。本試驗結果顯示，於 28°C 生長箱中，白線斑蚊與埃及斑蚊之單種集體飼育，前者雌雄個體之平均發育期均較後者顯著為長 (表十三)，且因埃及斑

表十一 白線斑蚊單種飼育及與埃及斑蚊混合飼育下幼蟲及蛹之發育期

Table 11. Developmental duration of *Aedes albopictus* larvae and pupae reared alone and simultaneously with *Aedes aegypti*

Stage	Duration ¹⁾ (Mean ± SE) (days)		t value ²⁾	p value
	Single species rearing	Mixed species rearing		
Larva				
Female	7.53 ± 0.60	8.39 ± 0.79	-1.935	0.089
Male	6.74 ± 0.12	7.36 ± 0.34	-3.872	0.005
Both	7.09 ± 0.28	7.86 ± 0.51	-2.914	0.020
Pupa				
Female	2.50 ± 0.08	2.57 ± 0.13	-1.053	0.323
Male	2.26 ± 0.13	2.20 ± 0.15	0.941	0.375
Both	2.35 ± 0.08	2.41 ± 0.13	-0.801	0.446
Larva to adult				
Female	10.03 ± 0.54	10.77 ± 0.80	-1.710	0.126
Male	9.00 ± 0.24	9.54 ± 0.43	-2.464	0.039
Both	9.36 ± 0.21	10.30 ± 0.62	-3.195	0.013

1) 5 replicates.

2) t value for the comparison between two means according to t test.

表十二 埃及斑蚊單種飼育及與白線斑蚊混合飼育下幼蟲及蛹之發育期

Table 12. Developmental duration of *Aedes aegypti* larvae and pupae reared alone and simultaneously with *Aedes albopictus*

Stage	Duration ¹⁾ (Mean±SE) (days)		t vaule ²⁾	p value
	Single species rearing	Mixed species rearing		
Larva				
Female	6.67±0.18	6.32±0.24	2.659	0.029
Male	6.34±0.15	6.03±0.13	3.470	0.008
Both	6.53±0.14	6.16±0.16	3.912	0.005
Pupa				
Female	2.19±0.12	2.32±0.19	-1.223	0.256
Male	2.00±0.04	2.11±0.11	-2.141	0.065
Both	2.10±0.08	2.16±0.08	-1.338	0.218
Larva to adult				
Female	8.87±0.21	8.63±0.22	-1.732	0.122
Male	8.34±0.14	8.14±0.09	2.632	0.030
Both	8.62±0.14	8.32±0.09	4.029	0.004

1)5 replicates.

2)t value for the comparison between two means according to t test.

表十三 於28°C下白線斑蚊與埃及斑蚊單種集體飼育下幼蟲及蛹之發育期比較

Table 13. Comparison of developmental duration of larvae and pupae of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* reared separately at 28°C

Stage	Duration ¹⁾ (Mean±SE) (days)		t vaule ²⁾	p value
	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Aedes aegypti</i>		
Larva				
Female	7.5±0.6	6.7±0.2	3.058	0.031
Male	6.7±0.1	6.3±0.2	4.680	0.002
Both	7.1±0.3	6.5±0.1	4.022	0.004
Pupa				
Female	2.5±0.1	2.2±0.1	4.593	0.002
Male	2.3±0.1	2.0±0	4.399	0.009
Both	2.4±0.1	2.1±0.1	5.021	0.001
Larva to adult				
Female	10.0±0.5	8.9±0.2	4.485	0.002
Male	9.0±0.2	8.3±0.1	5.329	0.001
Both	9.4±0.2	8.6±0.1	6.498	<0.001

1)5 replicates.

2)t value for the comparison between two means according to t test.

蚊之存在而明顯延緩白線斑蚊之發育。

六、田間網室中白線斑蚊與埃及斑蚊幼蟲之發育

單種飼育試驗期間，氣溫之變化介於 13.3

~21.7°C，平均為 18.0±2.0°C；平均相對濕度為 77±5% RH。白線斑蚊幼蟲平均經 14.5 日之發育而化蛹，蛹期為 7.0 日；埃及斑蚊幼蟲之發育平均需時 12.1 日，蛹為 6.1 日。白

線斑蚊幼蟲及蛹之發育期顯著較埃及斑蚊為長 ($t = 14.104$, $p < 0.001$ 及 $t = 3.807$, $p = 0.005$) (表十四)。混合飼育試驗期間之氣溫介於 $13.0 \sim 22.9^\circ\text{C}$ ，平均為 $18.2 \pm 2.7^\circ\text{C}$ ；平均相對濕度為 $76 \pm 5\%$ RH。兩種斑蚊幼蟲以 1:1 之混合比飼育，在四個不同之幼蟲密度 (10、20、40、80 隻 / 110 ml) 下，白線斑蚊幼蟲及蛹之發育所需時間，雖均以高密度 (80 隻 / 110 ml) 者較長 (表十五)，但各密度處理間之差異並不顯著 (幼蟲: $F = 0.74$, $p = 0.547$ ；蛹: $F = 0.45$, $p = 0.720$)。埃及斑

蚊之幼蟲期，於各密度處理下均極相近 ($F = 0.28$, $p = 0.838$)，蛹期亦同 ($F = 1.59$, $p = 0.244$)。然而，於田間變溫環境下，兩種斑蚊之混合飼育，在四個不同之幼蟲密度間，白線斑蚊幼蟲及蛹之發育均顯著較埃及斑蚊為慢 (表十五)。

網室試驗中，兩種斑蚊混合飼育之幼蟲期與單種飼育者相較，其間有相當之差異。在室內定溫條件下，埃及斑蚊之存在會延緩白線斑蚊幼蟲之發育，而在田間網室試驗結果發現，變溫對幼蟲發育之影響具有不同於定溫之效

表十四 白線斑蚊與埃及斑蚊於網室中以20隻幼蟲單種集體飼育下幼蟲及蛹之發育期
Table 14. Developmental duration of larvae and pupae of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* reared separately with 20 larvae / cup in the screen house

Stage	Duration (days)					Mean \pm SE
	Replication					
	1	2	3	4	5	
<i>Aedes albopictus</i>						
Larva	14.8 \pm 2.8	14.4 \pm 3.9	14.5 \pm 2.5	13.9 \pm 2.0	14.5 \pm 0.4	14.5 \pm 0.4
Pupa	6.5 \pm 0.9	7.9 \pm 2.0	7.0 \pm 0.7	6.8 \pm 0.7	6.8 \pm 1.1	7.0 \pm 0.5
<i>Aedes aegypti</i>						
Larva	12.1 \pm 1.0	12.0 \pm 1.3	12.1 \pm 1.9	12.3 \pm 1.7	11.8 \pm 1.4	12.1 \pm 0.2
Pupa	6.1 \pm 0.4	6.0 \pm 0.7	6.2 \pm 0.9	6.0 \pm 0.5	6.1 \pm 0.5	6.1 \pm 0.1

表十五 網室中白線斑蚊與埃及斑蚊於不同密度下以1:1之混合比飼育之幼蟲及蛹發育期比較
Table 15. Comparison of developmental duration of larvae and pupae of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* reared together by the ratio 1:1 at various densities in the screen house

Density (larvae / 110 ml)	Duration ¹⁾ (mean \pm SE) (days)		t value ²⁾	p value
	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Aedes aegypti</i>		
Larval stage				
10	11.6 \pm 1.5	8.9 \pm 0.5	3.427	0.014
20	11.2 \pm 0.3	8.9 \pm 0.2	12.465	<0.001
40	11.7 \pm 0.8	8.8 \pm 0.1	7.714	0.004
80	12.1 \pm 0.4	8.9 \pm 0.1	17.669	<0.001
Pupal stage				
10	7.4 \pm 0.6	5.5 \pm 0.4	5.276	0.002
20	7.1 \pm 0.6	5.1 \pm 0.3	5.900	0.001
40	7.1 \pm 0.7	5.1 \pm 0.2	5.914	0.001
80	7.5 \pm 0.4	5.4 \pm 0.2	8.093	<0.001

1) 4 replicates.

2) t value for the comparison between two means according to t test.

應。網室試驗中，雖然單種飼育與混合飼育期間，兩者之平均氣溫極相近（18.0℃與18.2℃），但在單種飼育時，幼蟲初期之發育均處於較低氣溫下（日平均溫介於16.6～19.5℃），而混合飼育時，幼蟲初期則處於較高氣溫環境中（日平均溫介於18.5～21.7℃），且其中連續6日之日平均溫均高過20.4℃，可能因此而導致後者之飼育方式下，兩種斑蚊幼蟲發育所需時間均呈明顯縮短之現象。Gordon (1984)曾提及：低溫對早期齡蟲發育之抑制作用甚於晚期者，本試驗之結果可為例證。

誌 謝

承蒙恩師 劉玉章教授之殷切指導，悉心斧正，使本文得以完成，謹致由衷謝忱。復蒙昆蟲研究所侯豐男教授修改英文摘要、前世界衛生組織顧問周欽賢博士提供寶貴文獻資料、東海大學生物系陳錦生主任與本校昆蟲系葉金彰副教授審閱本文並提供卓見，及行政院環境保護署補助部分經費（EPA-78-005-(05)-021），謹此一併致謝。

參考文獻

- Arnold, C. Y.** 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74: 430-445.
- Barbosa, P., T. M. Peters, and N. C. Greenough.** 1972. Overcrowding of mosquito populations: Responses to larval *Aedes aegypti* to stress. Environ. Entomol. 1: 89-93.
- Bar-Zeev, M.** 1957. The effect of extreme temperatures on different stages of *Aedes aegypti* (L.). Bull. Entomol. Res. 48: 593-599.
- Black IV, W. C., K. S. Rai, B. J. Turco, and D. C. Arroyo.** 1989. Laboratory study of competition between United States strains of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 26: 260-271.
- Campbell, A., and M. Mackauer.** 1975. Thermal constants for development of the pea aphid (Homoptera: Aphididae) and some of its parasites. Can. Entomol. 107: 419-423.
- Chen, C. S., and C. C. Huang.** 1988. Ecological studies on *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* I. Comparison of development threshold and life tables. Biological Society of Tunghai University, Yushania 5(3): 1-15. (In Chinese with English summary).
- Chen, J. Y.** 1983. [Distribution of *Aedes albopictus* subgroup in Liaoning]. pp.7-8 in Luh, P. L. ed. Studies on control of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*. Beijing, China. (In Chinese with English summary).
- Del Rosario, A.** 1961. Studies on the biology of Philippine mosquitoes. I. Some bionomic features of *Aedes aegypti*. Philippine J. Sci. 90: 361-370.
- Del Rosario, A.** 1963. Studies on the biology of Philippine mosquitoes. II. Observation on the life and behavior of *Aedes albopictus* (Skuse) in the laboratory. Philippine J. Sci. 92: 89-

- Engle, C. E., and M. M. Barnes.** 1983. Developmental threshold temperature and heat unit accumulation required for egg hatch of navel orangeworm (Lepidoptera: Pyralidae). *Environ. Entomol.* 12: 1215-1217.
- Gillett, J. D.** 1955. The inherited basis of variation in the hatching-response of *Aedes* eggs (Diptera: Culicidae). *Bull. Entomol. Res.* 46: 255-265.
- Gjullin, C. M., W. W. Yates, and H. H. Stage.** 1939. The effect of certain chemicals on the hatching of mosquito eggs. *Science* 89: 539-540.
- Gordon, H. T.** 1984. Growth and development of insects. pp. 53-77 In C. B. Huffaker, and R. L. Rabb eds. *Ecological entomology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Gould, D. J., T. M. Yuill, M. A. Moussa, P. Simasathien, and L. C. Rutledge.** 1968. An insular outbreak of dengue hemorrhagic fever. III. Identification of vectors and observations on vector ecology. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.* 17: 609-618.
- Hotchkin, P. G.** 1985. The duration of larval life of *Aedes aegypti* as affected by time of hatch. *J. Amer. Mosq. Contr. Ass.* 1: 489-492.
- Hsieh, W. C., M. F. Chen, K. T. Lin, S. T. Hsu, C. I. Ma, and S. S. Wu.** 1982. Study of outbreak of dengue fever on Liouchyou Shiang, Pingtung County in 1981. *J. Formosan Med. Ass.* 81: 1388-1395. (In Chinese with English summary).
- Huang, C. C.** 1987. The effects of temperature on the larval growth and studies of life table characteristics and oviposition behavior of *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* (Skuse) in laboratory. Master thesis. 65pp. Institute of Biology, Tunghai University. (In Chinese with English summary).
- Ikeshoji, T., and M. S. Mulla.** 1970a. Overcrowding factors of mosquito larvae. *J. Econ. Entomol.* 63: 90-96.
- Ikeshoji, T., and M. S. Mulla.** 1970b. Overcrowding factors of mosquito larvae. 2. Growth-retarding and bacteriostatic effects of the overcrowding factors of mosquito larvae. *J. Econ. Entomol.* 63: 1737-1743.
- Imai, C., and O. Maeda.** 1976. Several factors effecting on hatching of *Aedes albopictus* eggs. *Jap. J. Sanit. Zool.* 27: 367-372.
- Lien, J. C.** 1962. Non-anopheline mosquitoes of Taiwan: Annotated catalog and bibliography. *Pacific Insects* 4: 615-649.
- Lien, J. C.** 1978. [Ecology and control of mosquitoes in Taiwan]. pp.37-69 In Su, C. C., F. Y. Yen, and F. J. Lin, eds. *Proceedings of ecology and control on insects*. Institute of Zoology, Academia Sinica. (In Chinese with English summary).
- Lien, J. C., P. Y. Hsieh, and H. M. Lin.** 1966. On the *Aedes aegypti* and the

- Aedes albopictus* in Taiwan. 1p. U. S. Navy Medical Research Unit 2, Taipei, Taiwan. (Abstract).
- Lin, H. M., C. S. Chen, C. C. Hsu, and C. L. Chung.** 1986. Dengue vector density survey in Liuchiu, Pingtung, Taiwan. Chinese J. Microbiol. Immunol. 19: 218-223. (In Chinese with English summary).
- Liu, Z. W., Y. J. Zhang, and Y. Z. Yang.** 1985. Population dynamics of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Skuse) under laboratory conditions. Acta Entomol. Sinica 28: 274-280. (In Chinese).
- Macdonald, W. W.** 1956. *Aedes aegypti* in Malaya. I. Distribution and dispersal. Ann. Trop. Med. Parasitol. 50: 385-398.
- McHaffey, D. G., and R. F. Harwood.** 1970. Photoperiod and temperature influences on diapause in eggs of the floodwater mosquito, *Aedes dorsalis* (Meigen) (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 7: 631-644.
- Mogi, M.** 1982. Variation in oviposition, hatch rate and setal morphology in laboratory strains of *Aedes albopictus*. Mosq. News 42: 196-201.
- Moore, C. G., and B. R. Fisher.** 1969. Competition in mosquitoes. Density and species ratio effects on growth, mortality, fecundity and production of growth retardant. Ann. Entomol. Soc. Amer. 62: 1325-31.
- Moore, C. G., and D. M. Whitacre.** 1972. Competition in mosquitoes. 2. Production of *Aedes aegypti* larval growth retardant at various densities and nutrition levels. Ann. Entomol. Soc. Amer. 65: 915-918.
- Nakamura, H.** 1979. Experimental studies on the crowding effects in the larvae of *Culex tritaeniorhynchus summorosus*, *C. pipiens pallens* and *C. pipiens molestus*. Jap. J. Ecol. 29: 163-170.
- SAS Institute.** 1982. SAS user's guide: statistics. 7pp. SAS Institute, Cary, N. C.
- Service, M. W.** 1980. A guide to medical entomology. pp.53-70. The MacMillan Press LTD., London and Basingstoke.
- Sharpe, P. J. H., and D. W. DeMichele.** 1977. Reaction kinetics of poikilotherm development. J. Theor. Biol. 64: 649-670.
- Sucharit, S., W. Tumrasvin, S. Vutikes, and S. Viraboonchai.** 1978. Interactions between larvae of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in mixed experimental populations. Southeast Asian J. Trop. Med. Pub. Hlth 9: 93-97.
- Summer, C. G., R. L. Coviello, and A. P. Gutierrez.** 1984. Influence of constant temperatures on the development and reproduction of *Acyrtosiphon kondoi* (Homoptera: Aphididae). Environ. Entomol. 13: 236-242.
- Wada, Y.** 1965. Effect of larval density on the development of *Aedes aegypti* (L.) and the size of adults. Quaest. En-

tomol. 1: 223-249.

Whitfield, G. H. 1984. Temperature threshold and degree-day accumulation required for development of postdiapause sugarbeet root maggots (Diptera: Otitidae). *Environ. Entomol.* 13: 1431-1435.

Whitman, D. W. 1986. Developmental thermal requirements for the grasshopper *Taeniopoda eques* (Orthoptera: Acrididae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 79: 711-714.

Wu, H. H., and N. T. Chang. 1992. Influ-

ence of biotic factors on ingestion and development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* larvae (Diptera: Culicidae). *Chinese J. Entomol.* 12: 41-48. (In Chinese with English summary).

Zar, J. H. 1968. Calculation and miscalculation of the allometric equation as a model in biological data. *Bioscience* 18: 1118-1120.

收件日期：1993年9月27日

接受日期：1993年11月16日