



# Formosan Entomologist

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

## Effect of Temperature on Development of *Idea leuconoe clara* (Butler) (Lepidoptera: Danaidae) 【Research report】

### 溫度對大白斑蝶 (*Idea leuconoe clara* (Butler)) (鱗翅目：斑蝶科) 發育之影響【研究報告】

Su-Chiung Chen\* Sheng-Chih Ou-Yang Shiau-Yuan Wang, Shiao-Yi Huang, Sheng-Ru Ho, Shin-Jie Huang, Chja-You Shih, Wen-Jie Chen  
陳素瓊\* 歐陽盛芝 王筱瑗、黃校翊、何昇儒、黃信傑、施佳佑、陳文杰

\*通訊作者E-mail: [scchen@mail.niu.edu.tw](mailto:scchen@mail.niu.edu.tw)

Received: 2003/06/18 Accepted: 2003/12/20 Available online: 2003/12/01

#### Abstract

In the present study, fresh eggs of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara* (Butler), were collected from the host in a net room. Fresh eggs were placed in a growth chamber under conditions of 15, 20, 25, 30, and 35°C, 80±5% RH, and with a photoperiod of 14 h of light and 10 h of darkness. Hatching larvae were individually reared with leaves of *Parsonia laevigata* for a series of observations on the development of the butterfly under different temperatures. The results are summarized as follows. No eggs hatched at 35°C. The hatching rate was 63% at 15°C. The highest hatching rates were 86% at 20°C, and 85% at 30°C. The highest survival rate from egg to adult was 67% at 20°C, and this decreased to 18% at 30°C. Duration in days of life stages decreased as the temperature was raised from 15 to 30°C. In addition to the egg stage, the development rates of the various life stages and rearing temperatures were correlated by linear regression. Accordingly, as the rearing temperature increased, the development rate increased at the same time. The lower developmental threshold temperatures for the development of eggs, 1st to 5th instar larvae, pupae, and the egg-to-adult stages were estimated to be 6.92, 10.17, 10.12, 8.43, 7.07, 6.77, 9.66, and 8.46°C, respectively. The accumulative effective temperatures of eggs, 1st to 5th instar larvae, and pupae were 108.24, 46.49, 42.57, 54.92, 70.86, 135.74, and 236.45 degree-days, respectively. It required 688.18 degree-days for the development from egg to adult. The threshold value of the average head capsule width for development into the last instar larvae was 2.95 mm. The common logarithms of head capsule width of the larval stage and instars of larvae were correlated using linear regression. Accordingly, as the larval instar increased, the logarithms of the head capsule width increased at the same time from 1.45 to 1.54 units. This species followed Dyar's law. The body length of larval stages increased as the larval instar grew. The rearing temperature influenced the life stage size of the giant danaine butterfly. The largest values of body length of the larva, pupal weight, pupal body length and width, and wing length and width of adults reared at from 15 to 30°C occurred at 20°C. The greatest leaf consumption occurred with fifth instar larvae under 15, 20, 25, and 30°C rearing conditions. More than 80% leaf consumption was recorded for fifth instar larvae. Leaf consumption increased as the larval instar grew. The total leaf areas consumed at 15, 20, 25, and 30°C were 375.30, 457.21, 429.56, and 398.98 cm<sup>2</sup>, respectively. According to the results, 20°C was the best rearing temperature for the giant danaine butterfly. The results provide information for educational materials and the mass production of this butterfly.

#### 摘要

將大白斑蝶卵分別置於15、20、25、30及35°C、80±5% RH、14L:10D之生長箱飼養，以爬森藤(*Parsonia laevigata*)的葉片單隻飼育至羽化為成蝶，調查在不同溫度下各蟲期發育的變化。結果在35°C卵不孵化，15°C時孵化率只63%，以20°C和30°C時孵化率達86%及85%。自卵至成蝶之存活率以20°C時的67%為最高，30°C之存活率降低至18%。各蟲期之發育日數皆隨溫度升高而縮短；除卵期外，各蟲期的發育速率與飼育溫度之間有直線迴歸關係。大白斑蝶之發育臨界低溫，卵為6.92°C，第一齡至第五齡幼蟲分別為10.17、10.12、8.43、7.07、6.77°C，蛹期為9.66°C，卵至成蝶為8.46°C。各蟲期的有效積溫，卵為108.24日度；第一齡至第五齡幼蟲分別為46.49、42.57、54.92、70.86、135.74日度，蛹為236.45日度；自卵至成蝶需要688.18日度。幼蟲的平均頭殼寬度超過2.95 mm的閾值即成為末齡幼蟲；幼蟲頭殼寬度隨齡期以1.45~1.54倍等比增加，幼蟲齡期與頭殼寬度的常用對數之間有直線迴歸關係，符合戴爾法則。各齡幼蟲體長隨齡期增長而增加，飼育溫度影響各蟲期的體型，以20°C時所得的體型最大。於15、20、25、30°C飼養時，食葉量均隨齡期增長而增加，均以第五齡幼蟲的食葉量最大，為所有幼蟲期食葉量的80%以上；各飼養溫度下之總食葉量分別為375.30、457.21、429.56、398.98 cm<sup>2</sup>。由此得知，20°C為大白斑蝶較適合的飼育溫度，上述結果可提供教材使用並做為大量飼養的基本資料。

**Key words:** giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, temperature, development, head capsule width, leaf consumption.

**關鍵詞:** 大白斑蝶、溫度、發育、頭殼寬度、食葉量

Full Text:  [PDF \(0.87 MB\)](#)

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

# 溫度對大白斑蝶 (*Idea leuconoe clara* (Butler)) (鱗翅目: 斑蝶科) 發育之影響

陳素瓊\* 國立宜蘭大學園藝學系 宜蘭市神農路一段1號

歐陽盛芝 國立臺灣博物館動物學組 臺北市徐州路48號

王筱瑗 黃校翊 何昇儒 黃信傑 施佳佑 陳文杰 國立宜蘭大學園藝學系 宜蘭市神農路一段1號

## 摘要

將大白斑蝶卵分別置於 15、20、25、30 及 35°C、80±5% RH、14L:10D 之生長箱飼養，以爬森藤(*Parsonia laevigata*)的葉片單隻飼育至羽化為成蝶，調查在不同溫度下各蟲期發育的變化。結果在 35°C 卵不孵化，15°C 時孵化率只 63%，以 20°C 和 30°C 時孵化率達 86% 及 85%。自卵至成蝶之存活率以 20°C 時的 67% 為最高，30°C 之存活率降低至 18%。各蟲期之發育日數皆隨溫度升高而縮短；除卵期外，各蟲期的發育速率與飼育溫度之間有直線迴歸關係。大白斑蝶之發育臨界低溫，卵為 6.92°C，第一齡至第五齡幼蟲分別為 10.17、10.12、8.43、7.07、6.77°C，蛹期為 9.66°C、卵至成蝶為 8.46°C。各蟲期的有效積溫，卵為 108.24 日度；第一齡至第五齡幼蟲分別為 46.49、42.57、54.92、70.86、135.74 日度，蛹為 236.45 日度；自卵至成蝶需要 688.18 日度。幼蟲的平均頭殼寬度超過 2.95 mm 的閾值即成為末齡幼蟲；幼蟲頭殼寬度隨齡期以 1.45~1.54 倍等比增加，幼蟲齡期與頭殼寬度的常用對數之間有直線迴歸關係，符合戴爾法則。各齡幼蟲體長隨齡期增長而增加，飼育溫度影響各蟲期的體型，以 20°C 時所得的體型最大。於 15、20、25、30°C 飼養時，食葉量均隨齡期增長而增加，均以第五齡幼蟲的食葉量最大，為所有幼蟲期食葉量的 80% 以上；各飼養溫度下之總食葉量分別為 375.30、457.21、429.56、398.98 cm<sup>2</sup>。由此得知，20°C 為大白斑蝶較適合的飼育溫度，上述結果可提供教材使用並做為大量飼養的基本資料。

**關鍵詞：**大白斑蝶、溫度、發育、頭殼寬度、食葉量

## 前言

大白斑蝶 (*Idea leuconoe clara* Butler) 屬於鱗翅目 (Lepidoptera)，斑蝶科

(Danidae)。別名為黑點大白斑蝶、大胡麻斑蝶，大笨蝶、傻瓜蝶、和平蝶，為臺灣產斑蝶科中體型最大的一種 (Hamano, 1986)，堪稱斑蝶科中的巨無霸 (Chang and Tsai,

\*論文聯繫人  
e-mail: scchen@mail.niu.edu.tw

1984)，其分布範圍從馬來半島到爪哇的沿海地區、菲律賓、臺灣和日本的琉球群島(Ackery and Vane-Wright, 1984)。在臺灣的分布範圍，Ho and Chang (1998)認為主要在臺灣東北角及南部恆春半島；Tsai (1992)報導產於北部東北角濱海地區，南部則盛產於恆春半島及蘭嶼等地；Lee and Chang (1988)則說是棲息於臺灣南部、東南部及北部沿海；Hamano (1986)指出其多分布於臺北附近至恆春半島的海邊，但不棲息於內陸、山地及高地，其中多產於臺北縣、宜蘭縣、東海岸及恆春半島，此外，蘭嶼和綠島也有分布；Chang and Tsai (1984)則提出分布在金山、野柳、瑞芳、金瓜石、澳底、羅東、臺南、澎湖、恆春半島各地，臺東、花蓮、蘭嶼等地區靠海岸地帶；據 Wang and Lee (1998)調查發現在龜山島海岸周圍，甚至海面上及島上樹林外緣山徑或開曠地時有所見，臺灣本島則多見於鵝鑾鼻半島與整個東部海岸太平洋黑潮洋流所經之處及各個離島。

大白斑蝶成蟲出現季節，Chang and Tsai (1984)報導 3~5 月，7~8 月，10 月各有出現高峰，Lee and Chang (1988)則指出臺灣北部成蝶主要發生期為 4~10 月，南部全年甚為常見。由於大白斑蝶數量較多，且全年可見期長，體型較大，斑紋鮮明，飛行緩慢，利於觀察，為墾丁國家公園最重要的觀賞蝶種之一(Tsai, 1992)，可謂極具觀賞價值。

關於幼蟲的寄主植物，雖然蘿藦科(Asclepiadaceae)的蓬萊載瘦藤(*Tylophora hispida*)在琉球被記錄為本種幼蟲食草(Liao, 1977)，但根據 Nishida *et al.*(1996)所記載其在琉球僅取食爬森藤(*Parsonia laevigata*)，而 Ackery and Vane-Wright (1984)認為除了爬森藤外，還有兩種蘿藦科植物如蓬萊載瘦藤和牛皮消(*Cynanchum formosanum*)也是幼

蟲食草。但在臺灣僅觀察到幼蟲取食爬森藤，並未觀察到取食其他種的寄主植物，因此本種幼蟲為單食性昆蟲。

雖然目前已有 Chang and Tsai (1984), Hamano (1986), Lee and Chang (1988), Tsai (1992), Wang and Lee (1998), Ho and Chang (1998), Hsu (1999)等多位學者專家對大白斑蝶的形態及習性提出一些觀察與描述結果，但多偏重於成蝶而較忽略幼蟲期，僅有筆者曾報導大白斑蝶的各期形態和生活史(Ou-Yang and Chen, 1999)。由於本種極具觀賞價值且易於觀察，可當野外教學教材使用，故本篇延續 Ou-Yang and Chen (1999)報告，仍就其生物學特性加以研究，以人工飼育的方式，針對大白斑蝶在各種定溫下生長發育的情形，估計各蟲期的發育臨界低溫 and 有效積算溫度，並了解其生存的適合溫度，及探討不同溫度下的幼蟲食葉量，做為日後飼育及大量繁殖本種的基礎。

## 材料與方法

### 一、供試蟲源及飼養方法

以 20 隻雌性及 30 隻雄性大白斑蝶為蟲源，於簡易網室(長 6.1 m、寬 4.7 m、高 2.6 m，網目 16 mesh)內釋放，網室內栽種幼蟲食草爬森藤(*Parsonia laevigata*)及成蟲蜜源植物馬纓丹(*Lantana camara*)、繁星花(*Pentas lanceolata*)、馬利筋(*Asclepias curassavica*)、非洲鳳仙花(*Impatiens wallerana*)、白玉蘭(*Michelia alba*)、長穗木(*Stachytarpheta jamaicensis*)、酸桔(*Citrus sunki*)等植物，提供成蟲吸蜜、求偶、交尾及遮陰避雨、雌蟲產卵、幼蟲取食等用途，在網室內累代飼養 3~4 代後，供為各項試驗之蟲源，進行試驗。

## 二、溫度對各蟲期生長、發育的影響

試驗前先在網室外栽種爬森藤盆栽，俟長到約 80 cm 高，含約 40 片濃綠厚葉片時，檢查植株葉片上確無蟲卵、幼蟲及蜘蛛，準備供雌性大白斑蝶產卵用。試驗當天將兩盆爬森藤盆栽搬入網室內供大白斑蝶產卵。雌蝶通常於白天將卵散產於爬森藤葉背上，供試二小時後將爬森藤盆栽移出檢查，將含卵葉片採下攜回實驗室，葉柄以棉花裹住，加水保持濕潤，然後將含卵葉片單片放入圓形透明塑膠盒(盒口直徑 9.2 cm，底部直徑 8 cm，高 5.8 cm，容量約 300 ml)中，盒蓋以針刺密集小孔以流通空氣，盒外貼上產卵日期及編號的小標籤，分別移入 15、20、25、30 及 35°C、80±5% RH、14L:10D (5:00 開燈，19:00 關燈)生長箱內。每一溫度生長箱分別放入 100 粒卵。每日觀察及記錄，如塑膠盒內濕氣太重時需用衛生紙擦拭。

待卵孵化時，即單隻飼養於上述圓形透明塑膠盒中，每日清理容器並在盒內放入足夠之爬森藤葉片供幼蟲取食，所有供試葉片採下後皆於葉柄包裹含水棉花保鮮，剛孵化幼蟲以小而厚之綠葉餵食。第二齡後再逐漸放入大而厚的葉片餵食，每日供應足夠之葉片量。第三齡後飼育盒換成較大不透明塑膠盒(杯口直徑 11 cm、底部直徑 9 cm、高 8 cm、容量約 500 ml)，盒蓋以針戳小孔，使空氣流動。每日觀察各個蟲期的生長、發育情形並記錄體長及幼蟲頭殼寬度。

幼蟲體長之測定是以數位式游標尺，測量剛孵化之第一齡幼蟲及剛蛻皮之各齡幼蟲在正常狀態下的體長；幼蟲頭殼寬度的測定是測量剛蛻皮時蛻下的頭殼所得，在第一齡幼蟲的頭殼寬度可用解剖顯微鏡目鏡中所附的微尺測量，亦可用數位式游標尺測量，其餘各齡幼

蟲皆以數位式游標尺測量；化蛹後的蛹體以電動天平單隻稱其蛹重，以數位式游標尺測量蛹體長度及寬度，並在塑膠盒內放置衛生紙以利羽化，待成蟲羽化後即以數位游標尺測其翅長、寬度，測量翅長是由前翅翅基至翅端，翅寬則測量前翅頂角至肛角之寬度。本資料分析後，有效積溫(K)及發育臨界低溫(C)是依下列公式：

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}、$$
$$C = \frac{\sum V^2 \cdot \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

將觀察溫度(T)及發育速率(V)等各值代入計算求得。

## 三、幼蟲期之食葉量

將剛產下的大斑蝶 500 粒卵分為五組，依前述方法處理，分別放入 15、20、25、30、35°C 且固定光週期及濕度的生長箱內，待卵孵化後，單隻飼育，每日觀察各個蟲期的生長、發育情形時並記錄幼蟲各齡期的食葉量。餵食前先將一片爬森藤葉片放在方格紙上，以鉛筆描繪外形且用剪刀修剪成與該葉片相同形狀並加以編號，將此葉片放入圓形透明塑膠盒中餵食，隔日再將取食後殘留的葉片放在原先相對應之方格紙片上，以鉛筆描繪後以剪刀修剪掉殘留葉片部分，即得到被食部分之葉片紙樣，再用葉面積測定儀(Delta-T Devices Area Measurement System)逐一測量其面積，即得到各供試幼蟲每日之食葉量；並記錄幼蟲蛻皮的時間，以累計幼蟲各齡期的食葉量。再根據 Su(1985)的方式，計算不同溫度下各齡期的食葉量分布。

## 結 果

表一 不同溫度下大白斑蝶各蟲期之存活率

Table 1. Rate of survival (%) of various development stages of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, under different temperatures

Temp. (°C)	Egg hatching	Larval stage					Pupa	Emergence	Egg to Adult
		1st	2nd	3rd	4th	5th			
15	63.0	60.3	97.4	100.0	100.0	100.0	78.4	96.6	28.0
20	86.0	86.1	98.7	98.6	100.0	98.6	98.6	95.7	67.0
25	80.0	92.5	98.7	98.6	91.7	90.9	85.0	100.0	51.0
30	85.0	95.3	98.8	95.0	98.7	65.3	36.7	100.0	18.0
35	0	—	—	—	—	—	—	—	—

## 一、溫度對大白斑蝶各蟲期生長、發育之影響

### (一)大白斑蝶之存活率

在不同定溫下的試驗結果，大白斑蝶各蟲期的存活率列於表一。卵在 35°C 時不孵化，而在 15、20、25、30°C 下飼養，卵孵化率分別為 63.0、86.0、80.0 及 85.0%。以 20 與 30°C 的孵化率最高，而 15°C 最低，二者相差 23.0%。幼蟲期之存活率除了在 15°C 的第一齡幼蟲為 60.3% 和 30°C 時第五齡幼蟲為 65.3% 外，其餘的存活率皆高於 86%，即幼蟲在 15~30°C 普遍可存活，但第一齡幼蟲對 15°C 的忍受力稍低，第五齡幼蟲對 30°C 的忍受力較差。蛹期的存活率，以 20°C 的 98.6% 最高，其次是 25°C 的 85.0%，再次為 15°C 的 78.4%，而 30°C 時 36.7% 最差，表示蛹最適應 20°C 的溫度，但 30°C 的溫度顯然太高，所以有近三分之二的蛹無法存活。但只要能渡過蛹期，羽化為成蟲的機率就很高，各溫度下的羽化率皆超過 95%，25 及 30°C 時所有化蛹個體皆羽化。由卵發育至成蝶之存活率與蛹期情形類似，以 20°C 時最高為 67.0%，其次為 25°C 時 51.0%，接著是 15°C 時 28.0%，在 30°C 時存活率降低至 18.0%，即本種從卵飼育至成蝶的存活率相當低，在 25°C 只有一半的卵能羽化為成蝶，20°C 時僅三分之二的卵能飼養為成蝶，在 15 及 30°C 明顯為不適宜做為大量飼育本種的溫度，並且 30°C 時的羽化成蝶之翅膀常皺縮未

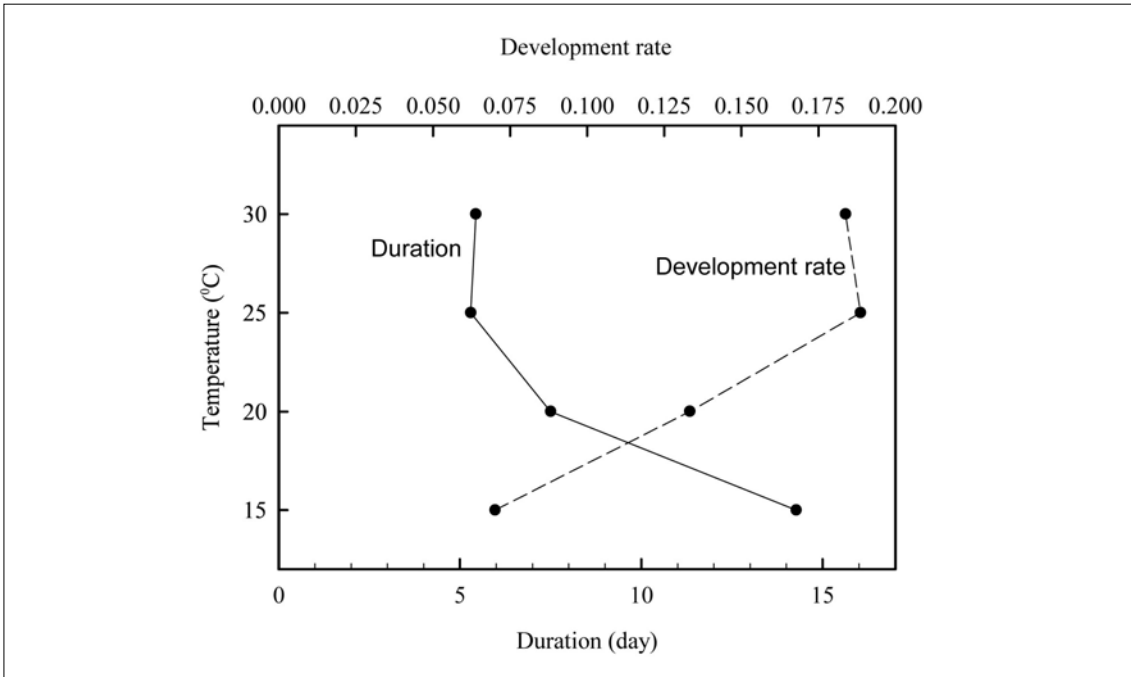
完全展開，此可能是因雖然濕度固定，但溫度較高，提高了代謝速率，使本種在供試的小空間展翅過程中，因翅膀在未充分展開之前太快乾燥所致。

### (二)大白斑蝶之發育

在不同定溫下，大白斑蝶各蟲期的平均發育所需日數及發育速率如圖一至圖四。在 35°C 時卵死亡不孵化。由圖一可知，卵在 15、20、25、30°C 時，其孵化所需日數隨溫度之上升而縮短；在 15°C 時卵期最長，平均發育日數為  $14.27 \pm 0.38$  日；25、30°C 時最短，平均為  $5.30 \pm 0.08$  和  $5.44 \pm 0.07$  日；20°C 時卵期為  $7.50 \pm 0.06$  日，約是 15°C 時的 1/2 倍；卵發育速率以 25 及 30°C 時為 0.1887 及 0.1838 為最快，其次為 20°C 的 0.1333，最慢為 15°C 的 0.0701。

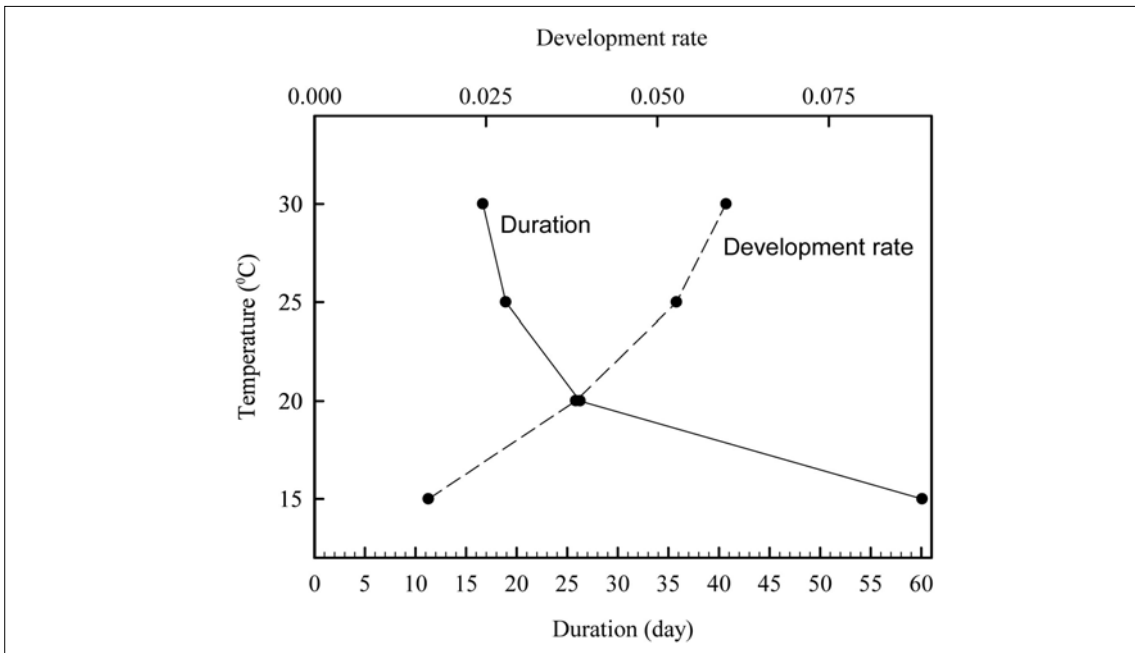
幼蟲期的發育日數及發育速率如圖二，在 15、20、25、30°C 時的平均發育日數分別為  $60.11 \pm 1.54$ 、 $26.27 \pm 0.26$ 、 $18.93 \pm 0.26$ 、 $16.67 \pm 0.32$  日，即 15°C 發育最慢，幼蟲期為 30°C 的 3.6 倍；發育速率仍以 30°C 之 0.0600 最快，其次為 25°C 之 0.0528，再次為 20°C 之 0.0381，最慢為 15°C 之 0.0166。

蛹期的發育日數及發育速率如圖三，蛹發育期亦以 30°C 最快只需  $11.50 \pm 0.12$  日，其次為 25°C 的  $15.88 \pm 0.09$  日，20°C 的  $22.57 \pm 0.22$



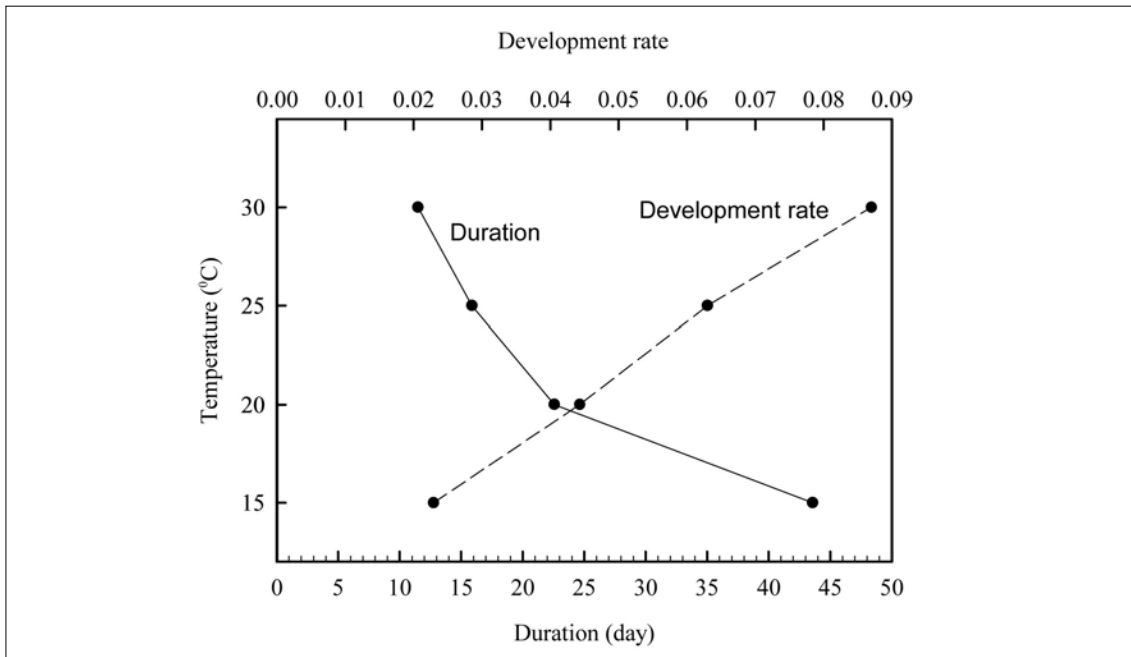
圖一 不同溫度下大白斑蝶卵期之發育日數及發育速率。

Fig. 1. Duration in days and development rate of the egg stage of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, under different temperatures.



圖二 不同溫度下大白斑蝶幼蟲期之發育日數及發育速率。

Fig. 2. Duration in days and development rate of the larval stage of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, under different temperatures.



圖三 不同溫度下大白斑蝶蛹期之發育日數及發育速率。

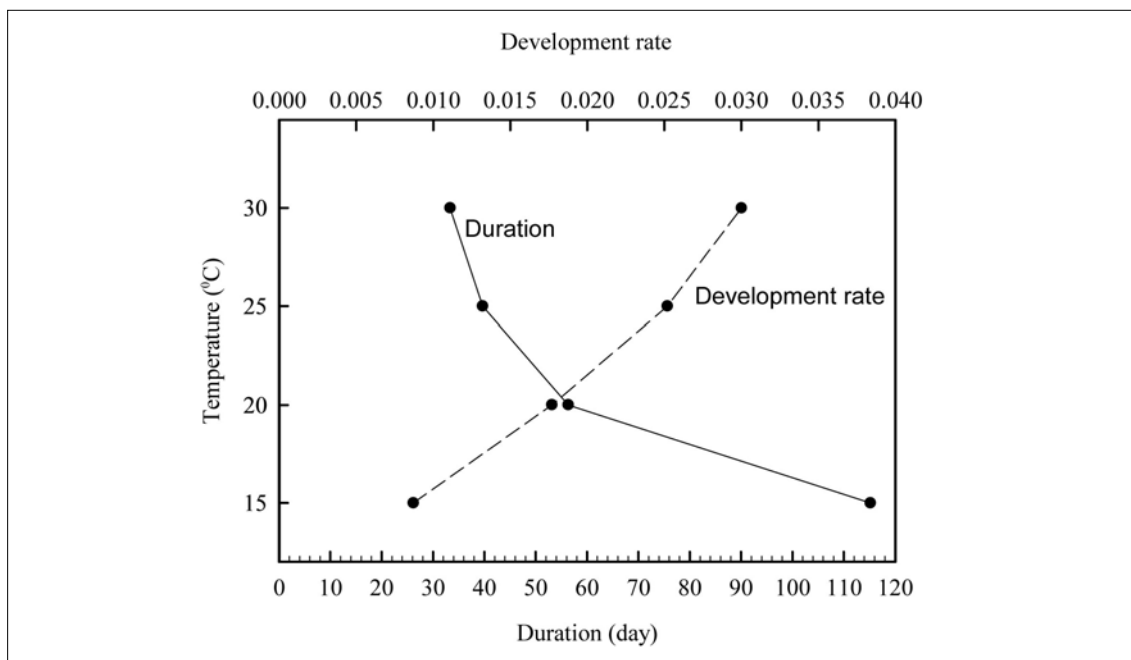
Fig. 3. Duration in days and development rate of the pupa stage of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, under different temperatures.

日，而 15°C 蛹期最長需要 43.59±0.84 日；發育速率亦以 30°C 之 0.0870 最快，25、20、15°C 依序為 0.0630、0.0443、0.0229，即 30°C 時之發育速率約為 15°C 時的 4 倍。

圖四表示由卵至成蝶羽化所需日數及發育速率，發育日數仍以 15°C 最長需平均 115.18±1.46 日，隨溫度增加而縮短，至 20、25°C 時各為 56.34±0.21 及 39.67±0.20 日，在 30°C 時只需 33.33±0.21 日；發育速率仍以 30°C 時 0.0300 最快，其次為 25°C 時 0.0252，再次為 20°C 時 0.0177，最慢為 15°C 時 0.0087。

由圖一至圖四之結果顯示，不同溫度下，大白斑蝶的各蟲期之發育日數皆隨溫度升高而縮減，但發育速率大致上均隨溫度升高而增加，且在 15°C 飼養之平均幼蟲期、蛹期及卵至成蝶發育期，皆比在 30°C 所飼養的時間長三倍以上。

各齡幼蟲期之平均發育期如圖五。第一齡幼蟲在 15、20、25、30°C 時的平均發育日數分別為 11.29±0.57、4.23±0.06、2.81±0.07、2.63±0.06 日，發育速率依序為 0.0886、0.2364、0.3559、0.3802；第二齡幼蟲在 15、20、25、30°C 時的平均發育日數分別為 10.97±0.32、3.60±0.10、2.74±0.11、2.33±0.05 日，發育速率依序為 0.09121、0.2778、0.3650、0.4292；第三齡幼蟲在 15、20、25、30°C 時的平均發育日數分別為 9.49±0.26、4.31±0.07、3.10±0.10、2.74±0.06 日，發育速率依序為 0.1054、0.2320、0.3226、0.3650；第四齡幼蟲在 15、20、25、30°C 時的平均發育日數分別為 10.14±0.29、4.68±0.08、4.00±0.13、3.24±0.07 日，發育速率依序為 0.0986、0.2137、0.2500、0.3086；第五齡幼蟲在 15、20、25、30°C 時的平均發育日數分



圖四 不同溫度下大白斑蝶卵至成蟲期之發育日數及發育速率。

Fig. 4. Duration in days and development rate of the egg to adult stages of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, under different temperatures.

別為  $17.86 \pm 0.54$ 、 $9.48 \pm 0.18$ 、 $6.72 \pm 0.17$ 、 $6.53 \pm 0.13$  日，發育速率依序為 0.0560、0.1055、0.1488、0.1531。由此可知，在 30°C 所飼養之平均發育期均較 25、20 及 15°C 短；各齡幼蟲期的發育速率皆以 15°C 時最低，30°C 時最高。各齡期幼蟲之發育日數皆隨溫度升高而縮短，發育速率則隨溫度升高而增快。

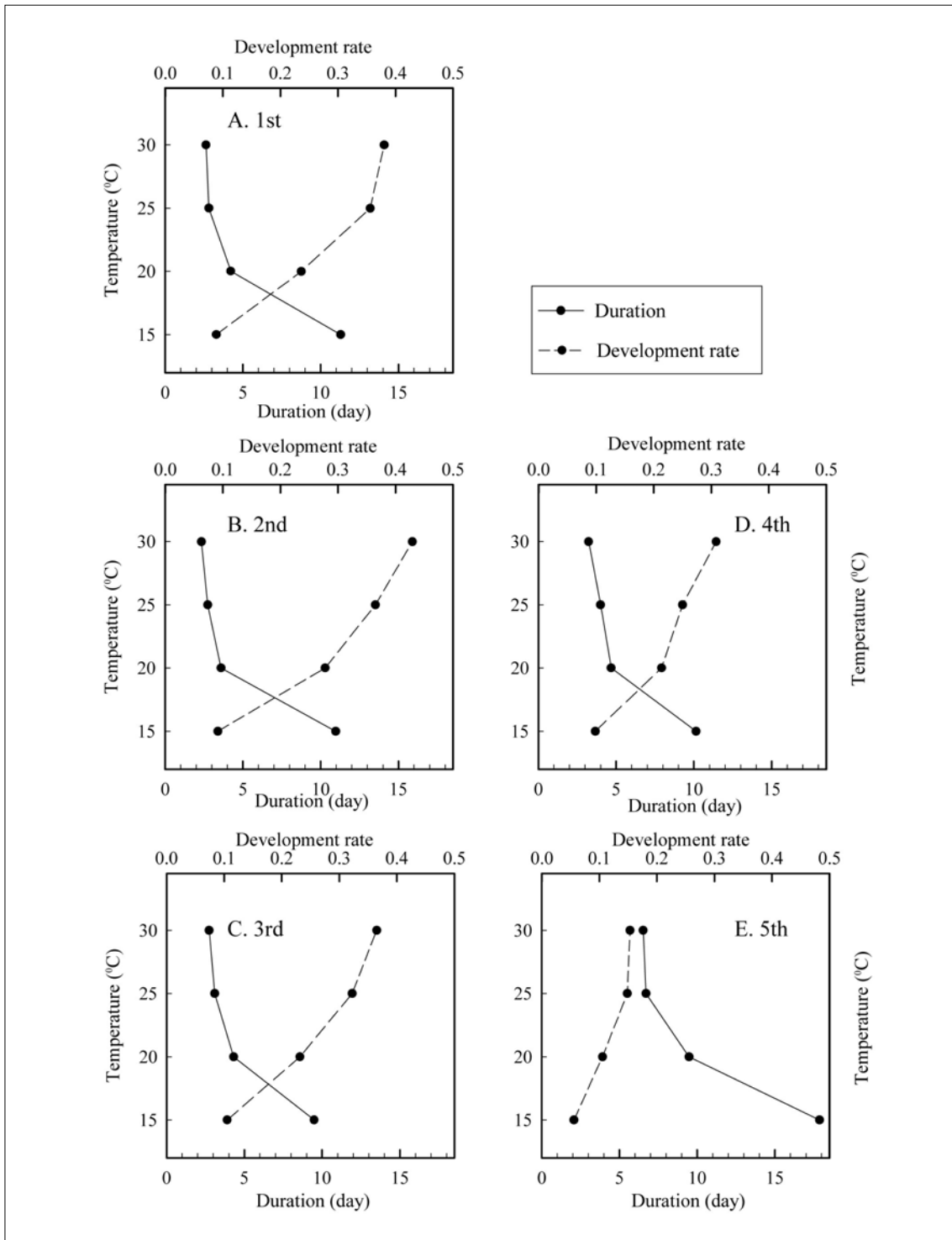
根據以上在不同溫度各蟲期之平均發育日數之資料，可依公式計算出大白斑蝶各蟲期之發育臨界低溫及有效積溫。由結果顯示卵、幼蟲期第一齡至第五齡、蛹期及卵至成蝶等各期之發育臨界低溫分別為 6.92、10.17、10.12、8.43、7.07、6.77、9.66 及 8.46°C；發育有效積溫各為 108.24、46.49、42.57、54.92、70.86、135.74、236.45 及 688.18 日度（表二）。由上述之結果，可發現第一齡至第五齡幼蟲隨著齡期增加對發育臨界低溫的

忍受性較高，且可藉卵至成蝶的有效積溫來推測大白斑蝶在室內飼養或野外發生一年中的代數。以宜蘭地區在 2002 年的月平均溫度為例，根據本種之發育臨界低溫及花蓮區農業改良場蘭陽分場所提供的全年溫度記錄計算出之有效積溫為 5331 日度（附錄一），故大白斑蝶在宜蘭地區一年可發生 7~8 代。

並且由表二可知，大白斑蝶各生長期之發育速率與其發育適溫範圍內之溫度呈直線迴歸，各迴歸方程式的相關係數 ( $r$ ) 在卵期時無顯著差異，即卵期之迴歸關係不成立，其餘蟲期皆有顯著性差異存在，且蛹期及卵至成蟲期更存在極顯著之相關關係，即大白斑蝶除卵期外的各發育期之發育速率在 15 至 30°C 的範圍皆隨溫度升高而增加。

### (三) 幼蟲期的頭殼寬度和體長





圖五 不同溫度下大白斑蝶各齡幼蟲期之發育日數及發育速率。

Fig. 5. Duration in days and development rate of each instar larvae of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, at various temperatures.

表二 大白斑蝶各蟲期在 15 至 30°C 間發育速率(Y)與溫度(X)之關係及其發育臨界低溫與有效積溫

Table 2. Relationship between developmental rate and temperature, lower developmental threshold temperature (°C), and the accumulative effective temperature (degree-days) for various development stages of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, under a temperature range of from 15 to 30°C

Life stage	Regression equation	Correlation coefficient ( $r$ ) <sup>1)</sup>	Lower developmental threshold temperature (°C)	Accumulative effective temperature (degree-days)
Egg	Y = -0.0345 + 0.0079X	0.9265	6.92	108.24
1st instar	Y = -0.1822 + 0.0199X	0.9615*	10.17	46.49
2nd instar	Y = -0.2047 + 0.0220X	0.9683*	10.12	42.57
3rd instar	Y = -0.1350 + 0.0174X	0.9773*	8.43	54.92
4th instar	Y = -0.0821 + 0.0133X	0.9718*	7.07	70.86
5th instar	Y = -0.0347 + 0.0067X	0.9531*	6.77	135.74
Pupae	Y = -0.0407 + 0.0042X	0.9989**	9.66	236.45
Egg to Adult	Y = -0.0117 + 0.0014X	0.9913**	8.46	688.18

1) \* and \*\* denote significant difference at 5% and 1% levels, respectively.

附錄一 2002 年宜蘭地區之月平均溫度及有效積溫

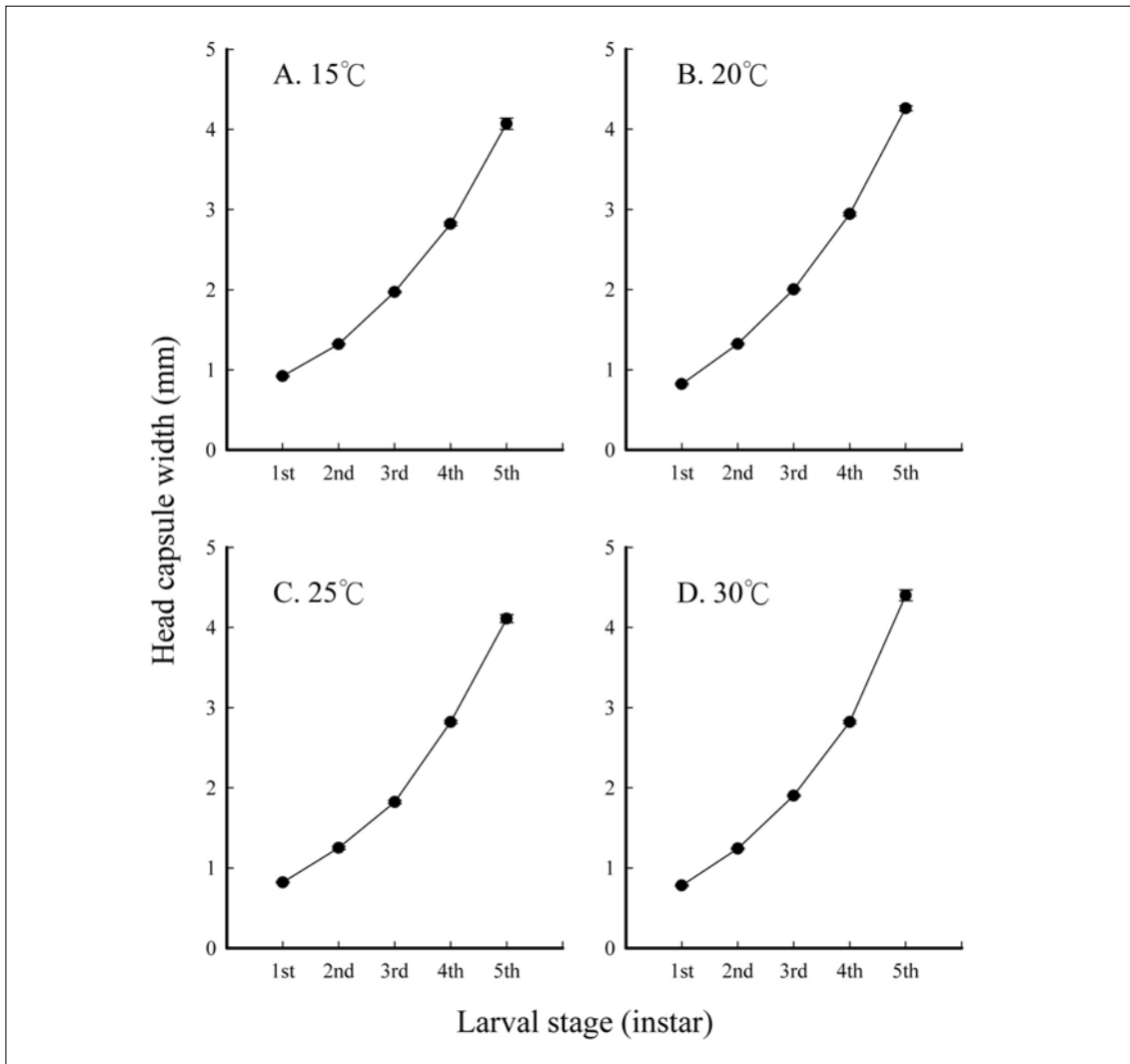
Appendix 1. Monthly average temperatures and accumulative effective temperatures in 2002 in Ilan

Month	Average temperature (°C)	Accumulative effective temperature (K, degree-days) <sup>1)</sup>
Jan.	16.30±0.60	243
Feb.	17.20±0.45	245
Mar.	27.00±0.40	397
Apr.	23.30±0.46	445
May	25.10±0.25	516
June	27.00±0.38	556
July	29.20±0.27	643
Aug	29.40±0.19	649
Sept.	25.80±0.32	538
Oct.	23.50±0.39	466
Nov.	19.60±0.41	334
Dec.	18.10±0.59	299
	Sum	5331

1) K = Days × (Average temperature – lower developmental threshold temperature).

在不同定溫下，大白斑蝶幼蟲期各齡期的頭殼寬度列於圖六。得知各溫度下本種幼蟲的頭殼寬度皆隨齡期增加而增長，且增長曲線趨勢類似。第一齡幼蟲在 15、20、25、30°C 時的頭殼寬度分別為 0.92±0.01、0.82±0.01、0.82±0.01、0.78±0.01 mm，以 15°C 時頭殼寬度最大；第二齡幼蟲在 15 及 20°C 時的頭殼寬度皆為 1.32±0.01 mm，25 及 30°C 時為

1.25 及 1.24 mm，較 15 及 20°C 時相差 0.07~0.08 mm；第三齡幼蟲以 25°C 時的頭殼寬度 1.82±0.02 mm 最小，其次為 30°C 時的 1.90±0.01 mm，再次為 15°C 的 1.97±0.01 mm，最寬為 20°C 的 2.00±0.01 mm；第四齡幼蟲的頭殼寬度以 20°C 時的 2.94±0.02 mm 最寬，其餘三個溫度時皆為 2.82±0.02 mm；第五齡幼蟲時在 15、20、25、30°C 時的頭殼



圖六 不同溫度下大白斑蝶各齡幼蟲期之頭殼寬度。

Fig. 6. Width of the head capsule of each instar larva of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, at various temperatures.

寬度分別為  $4.07 \pm 0.07$ 、 $4.26 \pm 0.03$ 、 $4.11 \pm 0.05$ 、 $4.40 \pm 0.07$  mm，以  $30^\circ\text{C}$  時最寬，各處理溫度的頭殼寬度皆在 4 mm 以上，且第五齡與第四齡幼蟲的頭殼寬度分別相差 1.25、1.32、1.29 及 1.38 mm。由於本種在第四齡幼蟲時其頭殼寬度皆未超過 2.95 mm，但第五齡幼蟲在各種溫度的處理下，其頭殼寬度皆在

4 mm 以上，由此可知，大白斑蝶幼蟲的頭殼依齡期有一定的寬度。

將大白斑蝶各齡幼蟲期連續齡期的次一齡期與前一齡期之平均頭殼寬度相除所得的比值如表三。在  $15^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$ 、 $25^\circ\text{C}$  及  $30^\circ\text{C}$  分別為  $1.45 \pm 0.03$ 、 $1.51 \pm 0.07$ 、 $1.50 \pm 0.05$ 、 $1.54 \pm 0.04$ ，僅  $15^\circ\text{C}$  時比值低於 1.50，其餘皆大於

表三 大白斑蝶各蟲期在 15 至 30°C 間次一齡期與前一齡期之平均頭殼寬度比及各齡幼蟲期之頭殼寬度常用對數(Y)與齡期(X)之關係

Table 3. Average ratio of head capsule width of next instar divided by this instar and the relationship between the common logarithms of head capsule width of larval stage and each instar of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, under a temperature range of from 15 to 30°C

Temp. (°C)	Average ratio of head capsule width of next instar divided by this instar	Regression equation	Correlation coefficient (r) <sup>1)</sup>
15	1.45±0.03	Y = -0.1986 + 0.1621X	0.9999**
20	1.51±0.07	Y = -0.2471 + 0.1779X	0.9987**
25	1.50±0.05	Y = -0.2590 + 0.1753X	0.9997**
30	1.54±0.04	Y = -0.2863 + 0.1860X	0.9997**

1) \*\* denote significant difference at 1% levels, respectively.

等於 1.50，即幼蟲頭殼寬度隨齡期以 1.45~1.54 倍呈等比增加，以溫度升高至 30°C 時頭殼增長較快。表三中同時將頭殼寬度的常用對數與齡期之關係以直線迴歸分析，得知各溫度下皆存在迴歸直線關係，相關係數均高達 0.99 以上且皆存在極顯著關係，即在 15~30°C 溫度範圍內，大白斑蝶幼蟲齡期頭殼寬度的常用對數確隨齡期增加而呈直線關係增加。

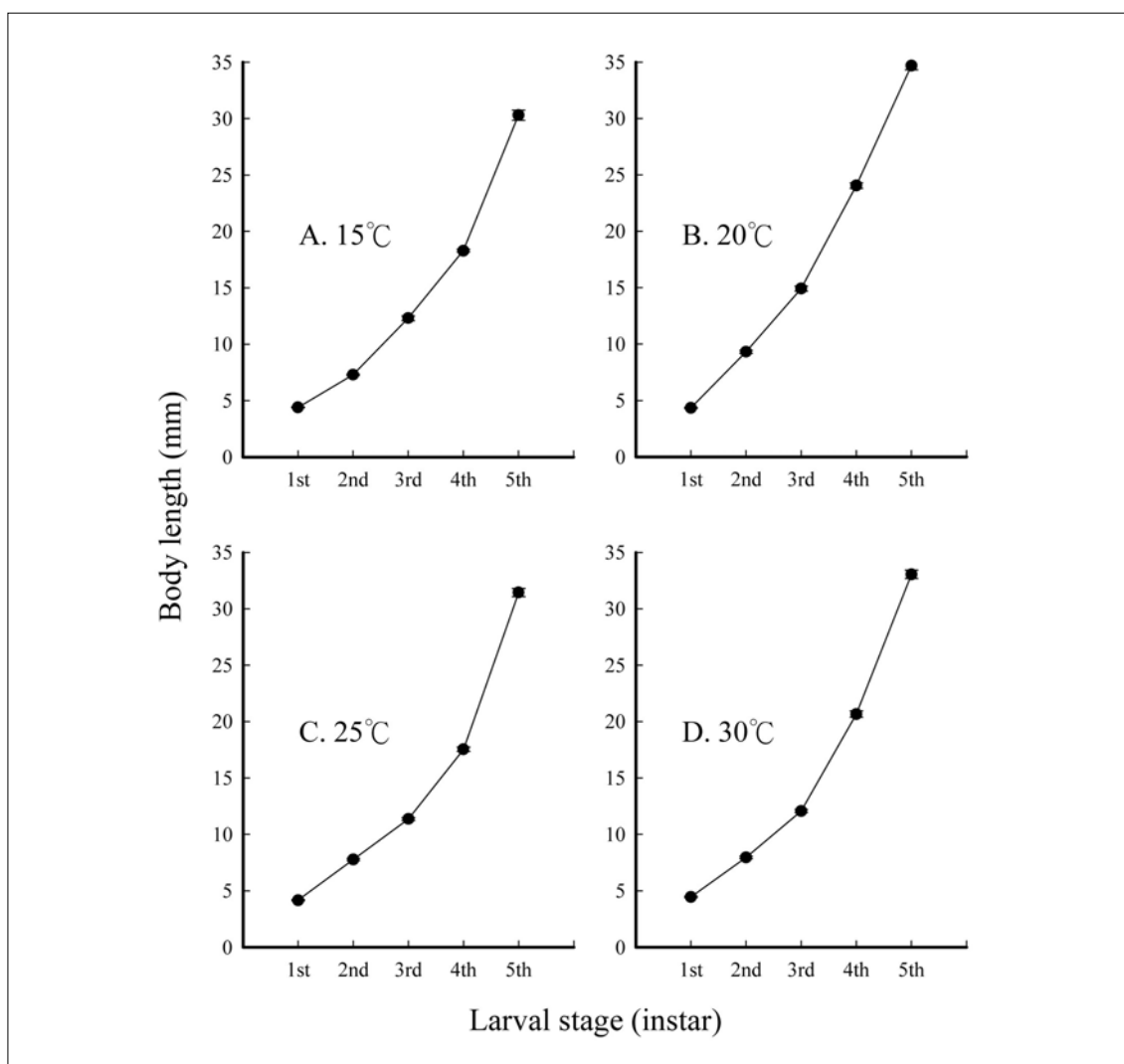
另一方面，在不同定溫下，大白斑蝶幼蟲期各齡期的體長變化結果於圖七。由圖可知各溫度下本種幼蟲的體長皆隨齡期增加而增長，且增長曲線類似。剛孵化第一齡幼蟲在 15、20、30°C 間的體長各為 4.40±0.03、4.34±0.05、4.46±0.06 mm，差異不大，但 25°C 時的 4.17±0.06 mm 體長明顯較短；第二齡幼蟲在 20°C 時的體長為 9.30 mm，明顯較 15、25、30°C 時的 7.28±0.06、7.79±0.11、7.96±0.11 mm 長；第三齡幼蟲以 20°C 時的體長 14.92±0.23 mm 最長，25°C 時為 11.36±0.12 mm 最短，15 及 30°C 時的 12.30±0.21 及 12.07±0.13 mm 次之；第四齡幼蟲在 15、20、25、30°C 四種溫度下的體長分別為 18.29±0.12、24.04±0.25、17.55±0.20、20.66±0.28 mm；第五齡幼蟲的體長明顯較第四齡增加，仍以 20°C 的 34.68±0.36 mm 最長，30°C 的 33.05±0.37

mm 次之，其次 30°C 的 31.44±0.37 mm，15°C 的 30.30±0.45 為最短。由此可知，第二齡至第五齡幼蟲皆以 20°C 體長最長，且在 15~30°C 間飼養大白斑蝶，對其幼蟲體長確有影響。

#### (四) 蛹重、蛹長、蛹寬及成蝶翅長、翅寬

不同溫度下，所飼養之大白斑蝶的蛹重、蛹長及蛹寬之結果於表四。蛹重在四種溫度處理時，以 20°C 蛹為 1.98±0.03 g 最重；30°C 蛹為 1.60±0.03 g 最輕；蛹長亦是 20°C 的 29.59±0.18 mm 最長，15、25、30°C 之蛹長分別為 28.66±0.25、27.47±0.51、28.35±0.31 mm；蛹寬也是 20°C 時的 12.58±0.08 mm 最寬，30°C 的 12.04±0.17 mm 次之，15 及 25°C 的 11.55±0.15 及 11.49±0.09 mm 最小。

不同溫度下飼養的大白斑蝶成蟲翅膀長度及寬度之結果列於表五。羽化後成蝶的翅長，以 20°C 時的 64.59±0.28 mm 最長，最短為 15°C 的 57.60±0.90 mm，兩者相差 7.01 mm；成蟲翅寬亦以 20°C 時的 44.53±0.19 mm 最寬，其次為 25°C 時的 41.89±0.48 mm，再次為 30°C 的 33.44±0.87 mm，最窄為 15°C 的 32.84±0.51 mm。由結果顯示，在 15~30°C 等不同溫度下飼養，大白斑蝶的蛹重、蛹長、



圖七 不同溫度下大白斑蝶各齡幼蟲期之體長。

Fig. 7. Body length of each instar larva of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, at various temperatures.

蛹寬均以 20°C 時最重、最長及最寬，且成蟲羽化後的翅長、翅寬均以 20°C 時最長及最寬。

## 二、幼蟲期之食葉量

在不同定溫下，大白斑蝶各齡期幼蟲取食爬藤葉片的葉面積如表六。在第一齡幼蟲時，以 20°C 食葉量最多為  $1.27 \pm 0.92 \text{ cm}^2$ ，15°C、25 及 30°C 時依序為  $0.45 \pm 0.04$ 、 $0.75 \pm 0.07$

及  $0.64 \pm 0.03 \text{ cm}^2$ ；第二齡幼蟲的食葉量在 15、20、25、30°C 分別為  $2.14 \pm 0.04$ 、 $3.07 \pm 0.35$ 、 $3.77 \pm 0.53$ 、 $2.76 \pm 0.08 \text{ cm}^2$ ；第三齡時幼蟲食葉量以 20 及 25°C 時的  $16.54 \pm 2.98$ 、 $16.50 \pm 1.16 \text{ cm}^2$  最多，15°C 時的  $10.67 \pm 0.57 \text{ cm}^2$  最少；第四齡時的幼蟲食葉量以 25°C 的  $62.50 \pm 2.72 \text{ cm}^2$  最多，15°C 時的  $40.04 \pm 1.67 \text{ cm}^2$  最少，相差  $22.46 \text{ cm}^2$ ；第五齡幼蟲以 20

表四 不同溫度下大白斑蝶蛹重、蛹長及蛹寬

Table 4. Weight, body length, and body width of pupae of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, at various temperatures

Temp. (°C)	n <sup>1)</sup>	Pupal weight (g)	Pupal body length (mm)	Pupal body width (mm)
15	29	1.84±0.03	28.66±0.25	11.55±0.15
20	70	1.98±0.03	29.59±0.18	12.58±0.08
25	51	1.75±0.05	27.47±0.51	11.49±0.09
30	18	1.60±0.03	28.35±0.31	12.04±0.17

1) n is the number of observed.

表五 不同溫度下大白斑蝶成蟲翅長及翅寬

Table 5. Adult wing length and wing width of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, at various temperatures

Temp. (°C)	n <sup>1)</sup>	Wing length (mm)	Wing width (mm)
15	28	57.60±0.90	32.84±0.51
20	67	64.59±0.28	44.53±0.19
25	51	61.76±0.54	41.89±0.48
30	18	58.75±0.70	33.44±0.87

1) n is the number of observed.

表六 不同溫度下大白斑蝶各齡幼蟲期之食葉量

Table 6. Leaf consumption of each instar larvae of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, at various temperatures

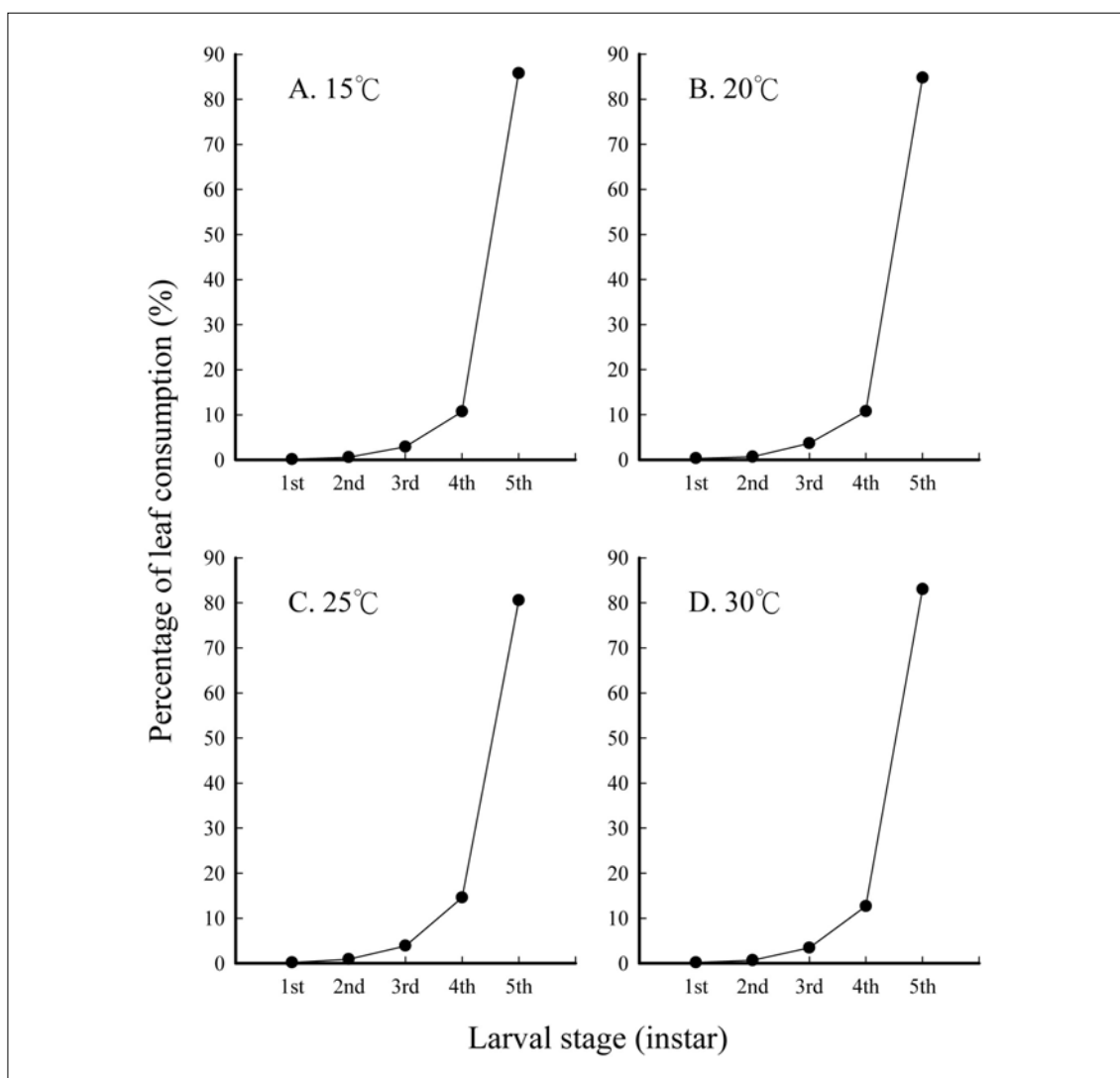
Temp. (°C)	Leaf consumption area (cm <sup>2</sup> ) of each larval stage					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	Total
15	0.45±0.04	2.14±0.04	10.67±0.57	40.04±1.67	322.02±7.55	375.30±8.66
20	1.27±0.92	3.07±0.35	16.54±2.98	48.95±2.76	387.38±18.77	457.21±18.99
25	0.75±0.07	3.77±0.53	16.50±1.16	62.50±2.72	346.07±6.44	429.56± 6.87
30	0.64±0.03	2.76±0.08	13.70±0.52	50.50±1.26	331.34±6.71	398.98±6.81

°C的食葉量最多，為 387.38±18.77 cm<sup>2</sup>，明顯高於 15、25 及 30°C 的 322.02±7.55、346.07±6.44、331.34±6.71 cm<sup>2</sup>。若以幼蟲期的總食葉量來看，15、20、25、30°C 分別為 375.30±8.66、457.21±18.99、429.56±6.87、398.98±6.81 cm<sup>2</sup>，最多的為 20°C，最少的為 15°C，兩者相差 81.91 cm<sup>2</sup>。故本種幼蟲大致上隨溫度升高而食葉量增加，以 20°C 的食葉量最大，但至 30°C 時食葉量明顯減少，但仍高於 15°C 的食葉量。由此結果得知，四種溫

度處理皆隨著齡期增加其食葉量亦增多，尤其是末齡幼蟲的食葉量增加最多。

另取 40 片爬藤葉片測量其平均葉面積為 38.13±0.96 cm<sup>2</sup>，如以總食葉量換算得知，飼養此蝶時至少需提供 10 至 12 片葉片才夠一隻幼蟲完成其幼蟲期生長發育，但本種幼蟲取食時會棄食部分葉片，未必完全吃光同一片葉片，故所需之葉片量更多，因此可據以估算大量飼育時必須準備的爬藤葉片數量。

圖八為在不同定溫下，本種各齡幼蟲期的



圖八 不同溫度下大白斑蝶各齡幼蟲期之食葉量分布。

Fig. 8. Distribution of leaf consumption of each instar larvae of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, at various temperatures.

食葉量分布。由圖可知，食葉量分布由高而低依序均為第五齡、第四齡、第三齡、第二齡、第一齡，其中第一齡幼蟲的食葉量比例相當低，15、20、25、30°C分別只占0.12、0.28、0.17、0.16%；第二齡幼蟲時食葉量分布依序為0.57、0.67、0.88、0.69%；至第三齡幼蟲時增為2.84、3.62、3.84、3.44%；第四齡時食葉量分布更增為10.67、10.70、14.55、

12.66%；發育成第五齡時，15、20、25及30°C的幼蟲食葉量分別占整個幼蟲食葉量的85.80、84.73、80.56及83.05%，即在各定溫下，第五齡幼蟲於發育過程中為相當重要的取食階段。

## 討 論

## 一、溫度對大白斑蝶各蟲期生長、發育之影響

昆蟲是屬於變溫動物，外界環境溫度常直接影響昆蟲的體溫及其新陳代謝的速度，不同溫度範圍對昆蟲的生長、發育、生殖、壽命和活動有不同的影響，昆蟲的不同種類、蟲態、生理狀態對溫度的反應也都會有所差異。根據 Zhou (1990)所述，溫帶地區昆蟲的適宜溫區 (favorable temperature range) 一般在 8~40°C 之間，在此溫區內，昆蟲生命活動正常進行並處於積極狀態，故稱有效溫區。本試驗即在適宜溫區內選取 15、20、25、30、35°C 五個固定溫度下飼育，以瞭解大白斑蝶的生長發育情形，以下就所得結果分項討論。

### (一)大白斑蝶之存活率

本試驗在不同溫度時的飼育結果，得知以 35°C、80±5% RH、14L:10D (5:00 開燈，19:00 關燈)之條件下，大白斑蝶的供試卵皆不孵化，在卵期即死亡。雖然在臺灣夏季的白天溫度非常高，但大白斑蝶雌蝶產卵時會停於食草葉面彎曲腹部產卵於葉背面 (Chang and Tsai, 1984)，並不會直接曝曬在陽光下，由於夜間降溫，更不可能持續數日皆處在 35°C 的高溫下，因此將本種卵持續放在 35°C 的溫度條件時，結果皆無法存活，顯見大白斑蝶的最高有效溫度低於 35°C。

由表一可知大白斑蝶各蟲期的存活率，在 15、20、25、30°C 時的卵孵化率分別為 63.0、86.0、80.0 及 85.0%。若與同為取食乳草類 (milkweed) 之琉球青斑蝶比較，即在 20、25、30°C 飼養琉球青斑蝶之孵化率為 88.3、80.0、76.7% (Chen and Ou-Yang, 2002)，琉球青斑蝶的卵孵化率隨著溫度升高而降低，本種卻無此趨勢，但兩者在 20°C 的孵化率皆最高，25°C 時均為 80.0%；且本種在 30°C 的孵化率僅較 20°C 時少 1%，即卵在 30°C 的孵化率反而較

高，與琉球青斑蝶在 30°C 時降低之結果不同。但由此可知，本種在 15°C 的孵化率為 63% 較 20°C 時降低了 23%，顯然 15°C 下大白斑蝶的卵大多仍可存活，此溫度並非最低有效溫度。

### (二)大白斑蝶之發育

圖一至圖四為在不同定溫下，大白斑蝶各蟲期的平均發育所需日數及發育速率。由結果可知在 35°C 時卵死亡不孵化，在 25 及 30°C 的卵期分別為 5.30±0.08 及 5.44±0.07 日 (圖一)，與 Ou-Yang and Chen (1999) 在 28±1°C 下的 3~6 日，平均為 4.56±0.21 日，Lee and Chang (1988) 所述夏季卵期 4~5 日吻合。在 25 及 30°C 的幼蟲期為 18.93±0.26 及 16.67±0.32 日 (圖二)，較 Ou-Yang and Chen (1999) 在 28±1°C 下的 19.36±0.37 日與 Lee and Chang (1988) 的 18~25 日稍短。在 25 及 30°C 的蛹期為 15.88±0.09 及 11.50±0.12 日 (圖三)，與 Ou-Yang and Chen (1999) 在 28±1°C 下的 11.44±0.12 日類似，較 Lee and Chang (1988) 的 11~12 日稍長。至於由卵至成蝶羽化所需時間，本試驗在 25 及 30°C 為 39.67±0.20 及 33.33±0.21 日 (圖四)，與 Ou-Yang and Chen (1999) 在 28±1°C 下由 31~39 日不等，平均需 35 日，Lee and Chang (1988) 所報導的 33~42 日差不多。由此可知，大白斑蝶的發育日數確實受溫度影響，各蟲期皆有發育日數隨溫度升高而縮短，發育速率隨溫度升高而增加之趨勢；換言之，在 15~30°C 的溫度範圍內，溫度愈高，發育愈快，發育期愈短。

由圖五的各齡幼蟲期發育日數及發育速率得知，在 30°C 時由第一齡至第五齡幼蟲的發育日數分別為 2.63±0.06、2.33±0.05、2.74±0.06、3.24±0.07、6.53±0.13 日，較 Ou-Yang and Chen (1999) 在 28±1°C 的



3.00±0.14、2.60±0.21、3.08±0.22、4.36±0.42、7.85±0.21 日略短，可能是本試驗溫度較高所致。各齡幼蟲期的發育日數皆隨溫度升高而縮短，發育速率皆隨溫度升高而增加；即在 15~30°C 的溫度範圍內，溫度愈高，幼蟲期的發育愈快，發育期愈短。並且 15°C 時的各齡發育所需日數遠高於 20°C，幾達二倍以上，又較 30°C 者，長達三倍以上。且 15°C 時的發育速率明顯地較其他溫度延緩，故在 15°C 飼育大白斑蝶時，不僅存活率較低、發育日數較長，且發育速率較遲緩；在 30°C 時本種的存活率雖低，但發育日數較短且發育速率變快。由此可知，以 20 及 25°C 的存活率、發育日數及發育速率較佳。

根據表二的結果，在 15~30°C 的溫度範圍時，本種卵期的發育速率與溫度間並無迴歸直線關係，其餘各蟲期皆存在顯著的迴歸直線關係，即除卵期外，大白斑蝶各蟲期的發育速率皆隨溫度升高而呈固定比例增加。由各蟲期的發育臨界低溫可知，第五齡幼蟲對低溫的忍受性最高(6.77°C)，其次為卵(6.92°C)，幼蟲期時的第一齡至第五齡幼蟲隨著齡期增加其發育臨界低溫逐漸降低，即發育至較高齡的幼蟲較能忍受低溫，蛹期在低於 9.66°C 即停止發育；以整個發育期而言，要順利由卵發育至成蝶的溫度至少必須高於 8.46°C。就發育有效積溫來看，由卵發育至成蝶需 688.18 日度，根據附錄一宜蘭地區去年的月平均溫度為 16.30±0.6~29.40±0.19°C，即本試驗 15~30°C 的溫度範圍與 2002 年宜蘭地區野外溫度範圍吻合，以宜蘭地區去年全年有效積算溫度 5331 日度計算得知，本種在宜蘭地區一年可自然發生 7~8 代。

### (三)幼蟲期的頭殼寬度和體長

昆蟲幼蟲藉由蛻皮來增大身體，根據蛻下

的頭殼寬度可推測其齡期。圖六為本試驗在不同定溫時大白斑蝶各齡幼蟲期的頭殼寬度，頭殼寬度皆隨齡期增加而增大，第一齡至第五齡時的頭殼寬度分別以 15°C、15 及 20°C、20°C、20°C、30°C 最大，且第四齡幼蟲在 15、25、30°C 時的頭殼寬度皆為 2.82 mm，由此可知，除第一齡幼蟲及第五齡外，其餘齡期皆以 20°C 時的頭殼最寬，第四齡幼蟲的頭殼寬度除 20°C 時較大，不受其他溫度變化影響。

大白斑蝶在各種定溫下，第四齡幼蟲的頭殼寬度皆在 2.95 mm 以下，但第五齡幼蟲的頭殼寬度皆超過 4 mm，形成明顯的區隔。與 Ou-Yang and Chen (1999) 在 28±1°C 下飼養的本種幼蟲，第四齡頭寬度為 2.6 mm，第五齡頭殼寬度為 3.0 mm，本試驗所得的幼蟲頭殼寬度皆較大。此與 Morita and Tojo (1985) 所述鱗翅目斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura*) 於不同齡期絕食結果，增加蛻皮次數，但頭殼寬度超過 1.65 mm 的個體，於下一齡必定成為末齡幼蟲，而低於此閾值下幼蟲會反覆蛻皮，以達到此閾值；Chen and Ou-Yang (2002) 提出琉球青斑蝶發育時需達到平均頭殼寬為 3.21 mm 方可使老熟幼蟲化蛹之情形類似。即大白斑蝶的平均頭殼寬度超過 2.95 mm，即成為末齡幼蟲，2.95 mm 應為本種進入末齡幼蟲之閾值。

戴爾(Dyar)曾測定許多種鱗翅目幼蟲，在兩連續齡期間，其幼蟲頭殼寬度增加，常呈一定的比率，亦即呈幾何級數而增長，簡稱為戴爾法則(Dyar's law)，假使以齡蟲齡期為橫座標和各齡期頭殼寬度的對數為縱座標，所示各點連接而呈直線(Kuan, 1987)。表三為本種各齡幼蟲期連續齡期的次一齡期與前一齡期之平均頭殼寬度相除所得的比值及頭殼寬度的常用對數(Y)與齡期(X)之迴歸直線方程式，可知幼蟲頭殼寬度隨齡期以 1.45~1.54 倍呈等

比增加，以溫度升高至 30°C 時頭殼增長較快，降至 15°C 時頭殼增長較慢。在 15~30°C 溫度範圍內，大白斑蝶幼蟲齡期頭殼寬度的常用對數確隨齡期增加而呈直線關係增加，即大白斑蝶確實符合戴爾法則，由上述迴歸直線方程式更可經由本種頭殼寬度反推得知幼蟲齡期。

圖七為在不同定溫下，大白斑蝶幼蟲期各齡期的體長變化結果。本試驗第五齡幼蟲的體長以 20°C 的 34.68 mm 最長，30°C 的 33.05 mm 次之，15 及 30°C 的 30.30 及 31.44 mm 為最短，均較 Ou-Yang and Chen (1999) 在 28±1°C 下的 36.90 mm 稍短。由圖七可知各齡幼蟲身體長度皆隨著齡期增長而增加，且第五齡幼蟲的體長幾為第一齡者的 7~8 倍，第一齡幼蟲的體長以 30°C 為最長，第二齡至第五齡時的體長皆以 20°C 最長，即在 15~30°C 間飼養大白斑蝶時，溫度會影響幼蟲體長，除第一齡幼蟲外，在 20°C 飼育時的幼蟲體型最長。

#### (四) 蛹重、蛹長、蛹寬及成蝶翅長、翅寬

表四為不同定溫下大白斑蝶的蛹重、蛹長及蛹寬。四種溫度處理的蛹重以 20°C 為 1.98 g 最重，30°C 為 1.60 g 最輕，兩者相差 0.38 g。本種的蛹長亦是 20°C 的 29.59 mm 最長，但 25°C 的 27.47 mm 最短，兩者相差 2.12 mm，較 Ou-Yang and Chen (1999) 在 28±1°C 下的 23~29 mm，平均 26.0 mm 稍長，卻比 Hamano (1986) 的 36~38 公厘、Lee and Chang (1988) 的 30~35 mm 短。蛹寬亦以 20°C 時的 12.58 mm 最寬，25°C 的 11.49 mm 最窄。由此可知，大白斑蝶的蛹重、蛹長、蛹寬受到飼育溫度影響，皆以 20°C 為最高，即 20°C 飼養時所得的蛹最大且最重。

當蛹羽化為成蟲時，本種成蝶翅膀長度及寬度列於表五。可知成蝶的翅長以 20°C 時的

64.59 mm 最長，最短為 15°C 的 57.60 mm，相差 7.01 mm，較 Hsu (1999) 的 72 mm 短約 7.4~14.4 mm。成蟲翅寬也是 20°C 時的 44.53 mm 最寬，15°C 的 32.84 mm 最窄，兩者相差 11.69 mm。因此在 15~30°C 不同定溫下飼養所得大白斑蝶成蝶的翅長、翅寬均受溫度影響，皆以 20°C 時最長及最寬，即 20°C 飼養時所得的成蝶體型最大。

#### 二、幼蟲期之食葉量

大白斑蝶的幼蟲食草為含毒的夾竹桃科爬藤藤，由於幼蟲寄主植物含有一系列的 Pyrrolizidine alkaloids (Pas) (Abe and Yamauchi, 1987)，成蟲身體組織內貯存大量的 sequestered alkaloid components (3 mg/ insect, as N-oxide forms) (Nishida *et al.*, 1991; Kim *et al.*, 1994)，因此幼蟲體內堆積了許多含毒生物鹼，這些毒素能累積轉移至蛹和成蝶體內，故 Nishida *et al.* (1996) 認為大白斑蝶雄成蟲從未尋找 PAs，可能是因為牠們已經從幼蟲的寄主植物擁有豐富的量，sequestered PAs 的一部分似乎被雄蝶加工成 necine base and necic acid 片斷，以利用成為性費洛蒙。所以本種幼蟲期的取食行為非常重要，不但影響其生存，也會影響成蟲期的生殖行為。

本試驗大白斑蝶在不同定溫下各齡期幼蟲取食葉面積列於表六。本種幼蟲大致上隨溫度升高而食葉量增加，以 20°C 時的食葉量最大，至 30°C 時食葉量明顯減少，15°C 的食葉量最少。各齡期皆以 15°C 的食葉量最低。並且在四種溫度處理時，幼蟲食葉量皆隨著齡期增加而增多，尤其是末齡幼蟲的食葉量增加最多。

由結果得知，爬藤藤的平均葉面積為 38.13±0.96 cm<sup>2</sup>，本試驗所得之幼蟲總食葉量

為  $375.30 \pm 8.66 \sim 457.21 \pm 18.99 \text{ cm}^2$ ，飼育本種至化蛹階段至少需要 10~12 片葉片，但因本種幼蟲取食時往往會剩餘一些葉片不吃，轉而吃其他新鮮葉片，故大量飼養本種時，必須多估算約 4~5 倍的葉片量，即至少要準備 40~60 片/隻，換言之，每一隻大白斑蝶幼蟲至少需取食本試驗栽種的一盆(株)寄主植物才能完成其生長發育，若要飼育 1000 隻大白斑蝶，至少需準備 1000 株爬藤植物才夠，如加上飼養過程中未存活的幼蟲食葉消耗量，所需提供之寄主植物葉片量將更多。

根據圖八的各齡幼蟲期食葉量分布可知，在不同定溫下，皆是愈高齡幼蟲食葉量愈大，所占比例愈高；第一齡幼蟲的食葉量的比例雖低；第四齡至第五齡的食葉量分別占 96.47、95.43、95.11、95.71%，即此二齡幼蟲的食葉量占了整個幼蟲期的 95% 以上，其中第五齡幼蟲占 80% 以上，為不受飼養溫度影響的重要取食階段。故在大量飼育時，除了考慮每一隻幼蟲發育所需的食葉量，更需注意每一齡期所需的寄主植物葉片量，以便適時提供新鮮葉片。本種在第四齡之前由於食葉量分布比例偏低，比較沒有問題，必須特別留意發育至第四齡時，尤其是飼養至末齡幼蟲時，由於葉片消耗量極大，如寄主植物量不足，又無人工飼料的情況下，將無法生產足量的大白斑蝶成蝶，因此必須據此預估並準備好足量的爬藤植物。

綜上所述，本種卵無法在 35°C 的持續定溫條件下存活，幼蟲在 15~30°C 普遍可存活，但第一齡幼蟲對 15°C 的忍耐力稍低，第五齡幼蟲對 30°C 的忍耐力較差。從卵飼育至成蝶的存活率相當低，各蟲期的發育日數皆隨溫度升高而縮短，發育速率大多隨溫度升高而增加，以 20 及 25°C 的存活率、發育日數及發育速率較佳。除卵期外，大白斑蝶各蟲期的發育

速率隨溫度升高而呈固定比例增加。幼蟲期時的第一齡至第五齡幼蟲隨著齡期增加其發育臨界低溫逐漸降低，蛹期在低於 9.66°C 即停止發育，由卵發育至成蝶的溫度至少必須高於 8.46°C，由卵發育至成蝶的有效積溫為 688.18 日度，一年期間在宜蘭地區可自然發生 7~8 代。

據試驗結果，大白斑蝶幼蟲的平均頭殼寬度超過 2.95 mm 的閾值即成為末齡幼蟲，幼蟲頭殼寬度隨齡期以 1.45~1.54 倍呈等比增加。在 15°C~30°C 溫度範圍內，幼蟲齡期頭殼寬度的常用對數確隨齡期增加而呈直線關係增加，即大白斑蝶符合戴爾法則。各齡幼蟲身體長度皆隨著齡期增長而增加。飼育溫度會影響幼蟲體長、蛹重、蛹長、蛹寬、成蝶的翅長、翅寬，這些數據均顯示在 20°C 飼養時所得的各蟲期體型最大。

幼蟲食葉量受溫度影響，各齡期皆以 15°C 時最低，且食葉量皆隨著齡期增加而增多，尤其是末齡幼蟲的食葉量增加最多，幼蟲期間以第五齡幼蟲的食葉量占 80% 以上，第四齡至第五齡幼蟲則占了 95% 以上。總食葉量以 20°C 的  $457.21 \text{ cm}^2$  為最高，在此溫度下，由卵發育至成蝶的存活率 67.0% 最高，發育日數及發育速率雖低於 25 及 30°C 時，頭殼寬度僅次於 30°C 時，但發育至第五齡的體長、蛹重、蛹長、蛹寬、成蟲翅長、成蟲翅寬皆最大，換言之，本試驗在四種定溫下飼養，以 20°C 時之總食葉量最大，飼育所得的大白斑蝶體型最大，由此可知飼養本種時以 20°C 為較適合的溫度。但若考量 20°C 時的所需發育期 56.34 日太長，就以 30°C 飼育，總食葉量雖僅需  $398.98 \text{ cm}^2$ ，發育期卻較 20°C 時減少 23.01 日，惟存活率只有 18%，成蝶體型較小，即使以 100 個卵用 66.66 日飼養兩代，所得的成蝶量只有 36 隻，食葉量加倍，仍不及在 20°C 時

用 56.34 日飼養一代得到 67 隻成蝶產量佳。

由於大白斑蝶尚未發展出人工飼料，其幼蟲食草及成蟲蜜源植物皆屬天然，因此在飼養時最重要的就是維持足量的食物，由上述結果可知飼養本種時以 20°C 為較適合的溫度，並可估算飼育定量蟲數時所需的寄主植物葉片量。當然有關本種的室內飼養繁殖技術，以及其生物特性方面，仍有待更進一步的研究。

## 誌 謝

本試驗所用之大白斑蝶蟲源，係取自臺灣南部的國立屏東科技大學植物保護系；又本稿承蒙兩位審稿委員費心指正及提供寶貴的意見，謹此一併致謝。

## 引用文獻

- Abe, F., and T. Yamauchi.** 1987. Parsonine, a pyrrolizidine alkaloid from *Parsonsia laevigata*. Chem. Pharm. Bull. 35: 4661-4663.
- Ackery, P. R., and R. I. Vane-Wright.** 1984. Milkweed Butterflies: Their Cladistics and Biology. Cornell Univ. Press, New York, 425 pp.
- Chang, B. S., and P. C. Tsai.** 1984. The World of Taiwanese Butterflies. Vacation Publishing, Taipei, Taiwan, 183 pp. (in Chinese).
- Chen, S. C., and S. C. Ou-Yang.** 2002. Effect of temperature on the development of *Radena similis similis* L. (Lepidoptera: Danaidae). Formosan Entomol. 22(3): 237-248 (in Chinese).
- Hamano, E.** 1986. Ecological Encyclopedia of Taiwanese Butterflies. Newton Publishing, Taipei, Taiwan, 474 pp. (in Chinese).
- Ho, J. Z., and L. H. Chang.** 1998. The Butterflies of Tainan. Published by Taiwan Provincial Department of Agriculture and Forestry, Taiwan Endemic Species Research Institute, Nantou County, Taiwan, 312 pp. (in Chinese).
- Hsu, Y. F.** 1999. Butterflies of Taiwan. Volume 1. Published by the Fong-Huan-Ku Birds Park of Taiwan Provincial Government, Nantou, Taiwan, 344 pp. (in Chinese).
- Kim, C. S., R. Nishida, H. Fukami, F. Abe, and T. Yamauchi.** 1994. 14-Deoxyparsonsianidine *N*-oxide: a pyrrolizidine alkaloid sequestered by the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe*. Biosci. Biotech. Biochem. 58: 980-981.
- Kuan, C. C.** 1987. Insect Physiology. Edited by National Institute for Compilation and Translation, Nan Sang Tang Publishing, Taipei, Taiwan, 692 pp. (in Chinese).
- Lee, J. Y., and Y. C. Chang.** 1988. The Illustrations of Butterflies in Taiwan. Taiwan Museum, Taipei, Taiwan, 142 pp. (in Chinese).
- Liao, J. C.** 1977. The relations between plants and butterflies in Taiwan. Bulletin of the Experimental Forest of National Taiwan Univ, Taipei, Taiwan, no. 119, pp. 137-200 (in Chinese).

- Chinese).
- Morita, M., and S. Tojo.** 1985. Relationship between starvation and supernumerary ecdysis and recognition of the penultimate-larval instar in the common cutworm, *Spodoptera litura*. *Insect Physiol.* 31: 307-313.
- Nishida, R., C. S. Kim, H. Fukami, and R. Irie.** 1991. Ideamine *N*-oxides: pyrrolizidine alkaloids sequestered by a danaine butterfly, *Idea leuconoe*. *Agric. Biol. Chem.* 55: 1787-1797.
- Nishida, R., S. Schulz, C. S. Kim, H. Fukami, Y. Kuwahara, K. Honda, and N. Hayashi.** 1996. Male sex pheromone of a giant danaine butterfly, *Idea leuconoe*. *J. Chem. Ecol.* 22(5): 949-972.
- Ou-Yang, S. C., and S. C. Chen.** 1999. The life history of giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara* (Butler). *J. Taiwan Mus.* 52(1): 13-26.
- Su, C. Y.** 1985. Influence of temperature on life stages and leaf consumption of *Porthesia taiwana* and *Orgyia posticus* on soybean leaf. *Chinese J. Entomol.* 5(1): 53-61 (in Chinese).
- Tsai, P. C.** 1992. Introduction to the Ecology of Butterflies. Kenting National Park Education Series no. 3, 2nd ed., Kenting Publishing, Pingtung, Taiwan, 183 pp. (in Chinese).
- Wang, H. Y., and J. Y. Lee.** 1998. Lepidoptera of Guisandao Islet. Ilan County Museum of Natural History, Ilan, Taiwan, 166 pp. (in Chinese).
- Zhou, C. Q.** 1990. Insect temperature range. p. 214-215. *In*: S. L. Tsai, ed. *Agricultural Encyclopaedia of China*, Volume Insect. Agriculture Publishing. Beijing, China, 598 pp. (in Chinese).

收件日期：2003年6月18日

接受日期：2003年12月20日

# Effect of Temperature on Development of *Idea leuconoe clara* (Butler) (Lepidoptera: Danaidae)

Su-Chiung Chen\* Department of Horticulture, National Ilan University, 1, Sec. 1, Shen-Lung Road, Ilan 260, Taiwan

Sheng-Chih Ou-Yang Department of Zoology, National Taiwan Museum, 48, Hsuehchow Road, Taipei 100, Taiwan

Shiau-Yuan Wang, Shiao-Yi Huang, Sheng-Ru Ho, Shin-Jie Huang, Chja-You Shih, Wen-Jie Chen

Department of Horticulture, National Ilan University, 1, Sec. 1, Shen-Lung Road, Ilan 260, Taiwan

## ABSTRACT

In the present study, fresh eggs of the giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara* (Butler), were collected from the host in a net room. Fresh eggs were placed in a growth chamber under conditions of 15, 20, 25, 30, and 35°C, 80±5% RH, and with a photoperiod of 14 h of light and 10 h of darkness. Hatching larvae were individually reared with leaves of *Parsonia laevigata* for a series of observations on the development of the butterfly under different temperatures. The results are summarized as follows. No eggs hatched at 35°C. The hatching rate was 63% at 15°C. The highest hatching rates were 86% at 20°C, and 85% at 30°C. The highest survival rate from egg to adult was 67% at 20°C, and this decreased to 18% at 30°C. Duration in days of life stages decreased as the temperature was raised from 15 to 30°C. In addition to the egg stage, the development rates of the various life stages and rearing temperatures were correlated by linear regression. Accordingly, as the rearing temperature increased, the development rate increased at the same time. The lower developmental threshold temperatures for the development of eggs, 1st to 5th instar larvae, pupae, and the egg-to-adult stages were estimated to be 6.92, 10.17, 10.12, 8.43, 7.07, 6.77, 9.66, and 8.46°C, respectively. The accumulative effective temperatures of eggs, 1st to 5th instar larvae, and pupae were 108.24, 46.49, 42.57, 54.92, 70.86, 135.74, and 236.45 degree-days, respectively. It required 688.18 degree-days for the development from egg to adult. The threshold value of the average head capsule width for development into the last instar larvae was 2.95 mm. The common logarithms of head capsule width of the larval stage and instars of larvae were correlated using linear regression. Accordingly, as the larval instar increased, the logarithms of the head capsule width increased at the same time from 1.45 to 1.54 units. This species followed Dyar's law. The body length of larval stages increased as the larval instar grew. The rearing temperature influenced the life stage size of the giant danaine butterfly. The largest values of body length of the larva, pupal weight, pupal body length and width, and wing length and width of adults reared at from 15 to 30°C occurred at 20°C. The greatest leaf consumption occurred with fifth instar larvae under 15, 20, 25, and 30°C rearing conditions. More than 80% leaf consumption was recorded for fifth instar larvae. Leaf consumption increased as the larval instar grew. The total leaf areas consumed at 15, 20, 25, and 30°C were 375.30, 457.21, 429.56, and 398.98 cm<sup>2</sup>, respectively. According to the results, 20°C was the best rearing temperature for the giant danaine butterfly. The results provide information for educational materials and the mass production of this butterfly.

**Key words:** giant danaine butterfly, *Idea leuconoe clara*, temperature, development, head capsule width, leaf consumption